

**Universidad Pública de Navarra**  
***Nafarroako Unibertsitate Publikoa***

**Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos**  
Departamento de Tecnología de Alimentos

Memoria de Tesis Doctoral  
**EMPLEO DE ACEITES ESENCIALES COMO AGENTES  
ANTIGERMINANTES EN PATATA Y SU INFLUENCIA SOBRE  
LA CALIDAD FINAL**

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN:  
**TECNOLOGIA Y CALIDAD EN LAS INDUSTRIAS  
AGROALIMENTARIAS**

Presentada por:  
M.Sc. David Gómez Castillo

Dirigida por:  
Dra. Cristina Arroqui Vidaurreta  
Dra. Paloma Vírseda Chamorro

Pamplona, Junio de 2012



## DEDICATORIA

*A Dios por tantas bendiciones, por darme la fortaleza necesaria en aquellos momentos difíciles.*

*A mis padres que han estado en todo momento, sin importar el día ni la hora. Les debo lo que soy*

*A mis hermanos y hermana, por recordame cada día que el querer es poder y que la distancia siempre fue solo física.*

*A mis sobrinos y sobrina, por esas sonrisas que se convierten en inyecciones de energía cuando más lo necesitaba.*

*A Sil, por su apoyo, comprensión y cariño, por alegrarme cada día y querer compartir esta experiencia desde la distancia, pero siempre a mi lado.*



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a todas las personas que de una u otra manera han estado presentes física o moralmente en esta experiencia profesional y de vida.

Debo agradecer a la Universidad de Costa Rica, al MICIT y CONICIT de Costa Rica, por la confianza y el apoyo económico brindado para poder cumplir con este sueño.

A las doctoras Cristina Arroqui y Paloma Virseda por su tiempo, dedicación, enseñanza y amistad durante mi estancia en la UPNA.

A los profesores del Dpto de Tecnología de Alimentos, al personal administrativo y técnicos de laboratorio. Muchas cosas no fueran posibles sin su conocimiento y gentil colaboración.

A mis compañeros y amigos del laboratorio, gracias por su colaboración y su apoyo tanto en lo personal como en lo profesional en todo este tiempo.

A mi hermano mexicano Gabo. Gracias por tu apoyo, amistad incondicional y todos los gratos momentos vividos durante estos años.

Agradezco a Idoya y Gloria, por su apoyo cariño y sus mimos durante todos estos años. A Esther por su valiosa ayuda en este último año. Muchas gracias, no se que hubiera hecho sin ustedes.

A mis amigos incondicionales Ginger y Kike, a pesar de la distancia siempre han estado a mi lado, han sido un gran apoyo personal muy importante.

A mi cuadrilla internacional y de Ticos, los que siguen hoy en día por estas tierras y los que continuaron con su vida, cuantas cosas vividas.



## INDICE GENERAL

<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b>I</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XV</b>
<b>SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1. GENERALIDADES DE LA PATATA.....	1
2. PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE LA PATATA .....	5
2.1. <i>Calidad comercial</i> .....	6
2.1.1. Apariencia general .....	7
2.2. <i>Calidad culinaria y tecnológica</i> .....	11
2.2.1. Color .....	11
2.2.2. Textura .....	13
2.2.3. Contenido de azúcares.....	14
2.2.4. Materia Seca.....	15
3. FACTORES QUE INCIDEN EN LOS CAMBIOS DE CALIDAD EN EL TUBÉRCULO.....	16
3.1. <i>Composición y estado fisiológico de la patata.</i> .....	16
3.2. <i>Manipulación previa del tubérculo.</i> .....	17
3.3. <i>Recolección.</i> .....	17
3.4. <i>Almacenamiento</i> .....	17
3.4.1. Germinación.....	18
3.4.2. Respiración. ....	20
3.4.3. Transpiración. ....	21
3.4.4. Cambios en el contenido de azúcares. ....	22
3.4.5. Problemas de fitopatógenos en almacenamiento. ....	23
4. MÉTODOS TRADICIONALES DE CONSERVACIÓN DE LA PATATA DURANTE EL ALMACENAMIENTO. ....	36

4.1. <i>Temperatura y Humedad Relativa</i> .....	36
4.2. <i>Empleo de productos químicos</i> .....	37
5. EMPLEO DE ACEITES ESENCIALES EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA... 41	
5.1. <i>Historia del uso de aceites esenciales</i> .....	42
5.2. <i>Definición y generalidades</i> .....	43
5.3. <i>Aspectos legales y seguridad del uso de aceites esenciales</i> .....	46
5.4. <i>Aceites esenciales como antigerminantes</i> .....	51
5.5. <i>Aceites esenciales como antibacterianos y antifúngicos</i> .....	59
<b>SECCIÓN 2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO</b> .....	<b>83</b>
1. OBJETIVOS .....	85
2. PLAN DE TRABAJO.....	87
<b>SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS</b> .....	<b>91</b>
1. MATERIAL .....	93
1.1. <i>Material vegetal</i> .....	93
1.2. <i>Aceites esenciales</i> .....	93
1.3. <i>Fitopatógenos</i> .....	94
1.4. <i>CIPC</i> .....	95
1.5. <i>Reactivos</i> .....	95
1.6. <i>Otros</i> .....	96
2. EQUIPOS .....	96
2.1. <i>Aplicación del tratamiento y almacenamiento</i> .....	96
2.2. <i>Determinaciones Analíticas</i> .....	97
2.2.1. <i>Medición de color</i> .....	97
2.2.2. <i>Determinación de textura</i> .....	97
2.2.3. <i>Determinación de pH</i> .....	98
2.2.4. <i>Determinación solidos solubles totales</i> .....	98
2.2.5. <i>Determinación de Materia Seca</i> .....	98



2.2.6. Determinación de azúcares reductores (Glucosa, Fructosa) .....	98
2.3. <i>Análisis sensorial</i> .....	99
2.4. <i>Equipo para determinación de residuos de aceites en patata</i> ...	99
2.5. <i>Equipo para el análisis antibacteriano y antifúngico de los AEs</i> .....	99
<b>3. MÉTODOS</b> .....	100
3.1. <i>Aplicación del tratamiento</i> .....	100
3.1.1. Selección de la materia prima .....	101
3.1.2. Limpieza.....	101
3.1.3. Tratamiento.....	101
3.2. <i>Almacenamiento</i> .....	103
3.3. <i>Métodos de análisis</i> .....	104
3.3.1. Calidad Comercial .....	104
3.3.2. Calidad culinaria y tecnológica de la patata.....	109
3.3.3. Estudio del efecto de los AEs frente a fitopatógenos en almacenamiento de patata.....	120
3.3.4. Determinación de valores residuales de aceite esencial o sus compuestos en la patata.....	125
<b>SECCIÓN 4. RESULTADOS</b> .....	129
<b>CAPÍTULO 0. ESTUDIOS PRELIMINARES.</b> .....	133
1. INTRODUCCIÓN .....	133
2. OBJETIVOS .....	133
3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	133
4. RESULTADOS.....	135
4.1. <i>Calidad comercial</i> .....	135
4.1.1. <i>Apreciaciones sensoriales</i> .....	135

4.1.2. Color del tubérculo.....	137
4.1.3. Textura.....	138
4.2. <i>Calidad culinaria y tecnológica</i> .....	139
4.2.1. Color.....	139
4.2.2. Textura.....	140
4.2.3. Otros parámetros.....	141
5. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO.....	142
<b>CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA.....</b>	<b>143</b>
1. CULTIVARES INDUSTRIALES.....	145
2. CULTIVARES DE MESA.....	147
<b>CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD COMERCIAL DE LA PATATA.....</b>	<b>149</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	151
2. OBJETIVO.....	152
3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	153
4. RESULTADOS.....	156
4.1. <i>Germinación</i> .....	156
4.1.1. Cultivares industriales.....	157
4.1.2. Cultivares de mesa.....	162
4.1.3. Susceptibilidad de la variedad y el tratamiento a la germinación.....	165
4.2. <i>Color</i> .....	167
4.2.1. Cultivares industriales.....	167
4.2.2. Cultivares de mesa.....	173
4.3. <i>Textura</i> .....	179
4.3.1. Cultivares industriales.....	179
4.3.2. Cultivares de mesa.....	182

---

5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	184
<b>CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN EN LA CALIDAD CULINARIA Y TECNOLÓGICA DE LA PATATA.....</b>	<b>187</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	189
2. OBJETIVOS.....	190
3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	190
4. RESULTADOS.....	193
4.1. <i>Color</i> .....	193
4.1.1. Cultivares industriales.....	193
4.2. <i>Textura</i> .....	198
4.2.1. Cultivares industriales.....	199
4.3. <i>Materia Seca</i> .....	205
4.3.1. Cultivares industriales.....	205
4.3.2. Cultivares de mesa.....	208
4.4. <i>Sólidos Solubles</i> .....	211
4.4.1. Cultivares industriales.....	211
4.4.2. Cultivares de mesa.....	213
4.5. <i>Azúcares Reductores</i> .....	216
4.5.1. Cultivares industriales.....	216
4.5.2. Cultivares de mesa.....	219
4.6. <i>Análisis Sensorial</i> .....	222
4.6.1. Cultivares industriales.....	223
4.6.2. Cultivares de mesa.....	224
4.7. <i>Estudio de correlación entre los parámetros de calidad estudiados</i> .....	225
5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	228

**CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA .... 231**

1. INTRODUCCIÓN .....	233
2. OBJETIVOS .....	234
3. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	234
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	236
4.1. <i>Actividad antibacteriana</i> .....	236
4.1.1. Efecto de la utilización de AE de menta piperita .....	236
4.1.2. Efecto de la utilización de AE de alcaravea.....	237
4.1.3. Efecto de la utilización de AE de eucalipto. ....	238
4.1.4. Efecto de la utilización de AE de cilantro.....	239
4.1.5. Efecto de la utilización de AE de clavo. ....	240
4.1.6. Susceptibilidad de la cepa bacteriana a los diferentes AEs. ....	242
4.2. <i>Actividad antifúngica</i> .....	244
4.2.1. Efecto de la utilización de AE de menta.....	244
4.2.2. Efecto de la utilización de AE de alcaravea .....	249
4.2.3. Efecto de la utilización de AE de eucalipto .....	253
4.2.4. Efecto de la utilización de AE de cilantro.....	256
4.2.5. Efecto de la utilización de AE de clavo. ....	258
5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	263

**CAPITULO 5. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS: CROMATOGRAFÍA  
(SPME-GC-MS) ..... 265**

1. INTRODUCCIÓN.....	267
2. OBJETIVOS.....	267
3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	267
4. RESULTADOS .....	269
4.1. <i>Cultivar Monalisa</i> .....	269

4.1.1 Tratamiento con AE de menta .....	269
4.1.2. Tratamiento con AE de alcaravea .....	272
4.1.3. Tratamiento con AE de cilantro .....	274
4.2. <i>Cultivar Agata</i> .....	276
4.2.1. Tratamiento con aceite esencial de menta.....	276
4.2.2. Tratamiento con aceite esencial de alcaravea. ....	279
4.2.3. Tratamiento con aceite esencial de cilantro.....	281
5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	284
<b>SECCION 5. CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>285</b>
5.1. <i>Capacidad antigerminante y su efecto sobre la calidad en cultivares industriales</i> .....	287
5.2. <i>Capacidad antigerminante y efecto sobre la calidad en cultivares de mesa</i> .....	288
5.3. <i>Efecto antitímico de los AEs sobre los principales fitopatógenos en almacenamiento de patata</i> .....	289
5.3. <i>Contenido residual de AE en la patata</i> .....	290
5.4. <i>Valoración final</i> .....	290
<b>SECCION 6. REFERENCIAS.....</b>	<b>291</b>



**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Producción de patata por región en toneladas. ....	2
Tabla 2. Producción de patata en el mundo en toneladas. ....	3
Tabla 3. Producción de tipos de patata en España (toneladas).....	4
Tabla 4. Composición química de la patata.....	16
Tabla 5. Temperaturas de conservación según el destino de la cosecha y la duración del almacenamiento.....	37
Tabla 6. Principales AEs utilizados en la industria agroalimentaria. ....	48
Tabla 7. Uso de compuestos volátiles como antigerminantes.....	55
Tabla 8. Uso de aceites esenciales como antigerminantes .....	58
Tabla 9. Uso de compuestos volátiles en fitopatógenos.....	71
Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos .....	71
Tabla 11. Principales características de los aceites esenciales utilizados .....	94
Tabla 12. Características de los fitopatógenos utilizados .....	95
Tabla 13. Codificación de las muestras a utilizar en el análisis sensorial según tratamiento y cultivar .....	118

---

Tabla 14. Número mínimo de respuestas necesarias para concluir que existen diferencias perceptibles, baso en una prueba triangular .....	120
Tabla 15. Caracterización externa de los cultivares industriales .....	145
Tabla 16. Caracterización culinaria de los cultivares industriales. ....	146
Tabla 17. Caracterización externa de la patata en los cultivares de mesa.....	147
Tabla 18. Caracterización culinaria de los cultivares de mesa.....	148
Tabla 19. Análisis estadístico del color externo de la patata en el cultivar <i>Agria</i> .....	169
Tabla 20. Análisis estadístico del color externo de la patata en el cultivar <i>Kennebec</i> . ....	172
Tabla 21. Análisis estadístico del color externo del tubérculo en el cultivar de mesa <i>Agata</i> . ....	175
Tabla 22. Análisis estadístico del color externo en el cultivar <i>Monalisa</i> .....	178
Tabla 23. Análisis estadístico de la textura del tubérculo de patata en el cultivar <i>Agria</i> . ....	180
Tabla 24. Análisis estadístico de la textura del tubérculo de patata en el cultivar <i>Kennebec</i> .....	181



---

Tabla 25. Análisis estadístico de la textura en el tubérculo de patata cultivar <i>Agata</i> .....	183
Tabla 26. Análisis estadístico de la textura en el tubérculo de patata cultivar <i>Monalisa</i> .....	183
Tabla 27. Análisis estadístico del color en lonchas de patata en el cultivar <i>Agria</i> .....	194
Tabla 28. Análisis estadístico del color en lonchas de patata en el cultivar <i>Kennebec</i> .....	198
Tabla 29. Análisis estadístico de la textura en lonchas de patata del cultivar <i>Agria</i> .....	201
Tabla 30. Análisis estadístico de la textura en lonchas de patata del cultivar <i>Kennebec</i> .....	204
Tabla 31. Análisis estadístico del % de materia seca en cultivar <i>Agria</i> .....	206
Tabla 32. Análisis estadístico del % de materia seca en cultivar <i>Kennebec</i> .....	207
Tabla 33. Análisis estadístico del % de materia seca en cultivar <i>Agata</i> .....	209
Tabla 34. Análisis estadístico del % de materia seca en cultivar <i>Monalisa</i> .....	210
Tabla 35. Análisis estadístico del % de SST en cultivar <i>Agria</i> .....	212

---

Tabla 36. Análisis estadístico del % de SST en cultivar <i>Kennebec</i> .....	213
Tabla 37. Análisis estadístico del % de SST en cultivar <i>Agata</i> .....	214
Tabla 38. Análisis estadístico del % de SST en cultivar <i>Monalisa</i> .....	215
Tabla 39. Análisis estadístico del contenido de azúcares reductores en cultivar <i>Agria</i> .....	217
Tabla 40. Análisis estadístico del contenido de azúcares reductores en cultivar <i>Kennebec</i> .....	218
Tabla 41. Análisis estadístico del contenido de azúcares reductores en cultivar <i>Agata</i> . ....	220
Tabla 42. Análisis estadístico del contenido de azúcares reductores en cultivar <i>Monalisa</i> .....	222
Tabla 43. Análisis estadístico del estudio sensorial realizado en los cultivares industriales. ....	224
Tabla 44. Análisis estadístico del estudio sensorial en los cultivares de mesa.....	225
Tabla 45. Sensibilidad de <i>Pectobacterium carotovorum subs carotovorum</i> a cada aceite esencial ensayado y a diferentes concentraciones .....	243
Tabla 46. Porcentaje de inhibición del crecimiento de <i>C. Coccodes</i> , <i>P. foveata</i> y <i>F.solani</i> debido al efecto producido por el AE de menta a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días. ....	248

---

Tabla 47. Porcentaje de inhibición del crecimiento de <i>C. Coccodes</i> , <i>P. foveata</i> y <i>F.solani</i> debido al efecto producido por el AE de alcaravea a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días.....	252
Tabla 48. Porcentaje de inhibición del crecimiento de <i>C. Coccodes</i> , <i>P. foveata</i> y <i>F.solani</i> debido al efecto producido por el AE de eucalipto a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días.....	255
Tabla 49. Porcentaje de inhibición del crecimiento de <i>C. Coccodes</i> , <i>P. foveata</i> y <i>F.solani</i> debido al efecto producido por el AE de cilantro a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días.....	258
Tabla 50. Porcentaje de inhibición del crecimiento de <i>C. Coccodes</i> , <i>P. foveata</i> y <i>F.solani</i> debido al efecto producido por el AE de clavo a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días.....	261
Tabla 51. Análisis estadístico de compuestos volátiles en el culivar <i>Monalisa</i> tras la aplicación del AE de menta. ....	271
Tabla 52. Análisis estadístico de compuestos volátiles en el culivar <i>Monalisa</i> tras la aplicación del AE de alcaravea .....	273
Tabla 53. Análisis estadístico de compuestos volátiles en el culivar <i>Monalisa</i> tras la aplicación del AE de cilantro .....	276
Tabla 54. Análisis estadístico de compuestos volátiles en el culivar <i>Agata</i> tras la aplicación del AE de menta .....	279
Tabla 55. Análisis estadístico de compuestos volátiles en el culivar <i>Agata</i> tras la aplicación del AE de alcaravea.....	281

Tabla 56. Análisis estadístico de compuestos volátiles en el cultivar *Agata* tras la aplicación del AE de cilantro .....283

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Tubérculo de patata sano..... 9

Figura 2. Brote en patata..... 9

Figura 3. Patata germinada..... 20

Figura 4. Patata con daños por golpes y microorganismos (bacteria) ..... 24

Figura 5. Diagrama de flujo de los estudios realizados ..... 100

Figura 6. Diseño experimental de la evaluación de los estudios de calidad comercial en los cultivares de mesa..... 105

Figura 7. Diseño experimental de los estudios de calidad comercial en cultivares industriales. .... 106

Figura 8. Gráfica de color del espacio CIELab ..... 107

Figura 9. Diseño experimental de los estudios de calidad culinaria y tecnológica en cultivares de mesa..... 110

Figura 10. Diseño experimental de los estudios de calidad culinaria y tecnológica en los cultivares industriales..... 111

Figura 11. Diseño experimental del estudio antimicrobiano de los AEs utilizados ..... 121

Figura 12. Diseño experimental de los análisis de cromatografía realizados..... 127

---

Figura 13. Diseño experimental de los estudios preliminares en cv. <i>Monalisa</i> .....	134
Figura 14. Porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de los tratamientos con AEs. ....	136
Figura 15. Evolución en el tiempo del parámetro a* en tuberculos de cv. <i>Monalisa</i> . ....	137
Figura 16. Evolución de la textura del tubérculo tratado con AE de menta. ....	138
Figura 17. Evolución del parámetro b* en láminas de patata, tras la aplicación del aceite esencial de menta en el cv. <i>Monalisa</i> . ....	139
Figura 18. Evolución del parámetro b* en láminas de patata, tras la aplicación del aceite esencial de menta en cv. <i>Monalisa</i> . ....	140
Figura 19. Evolución del parámetro fuerza (N) en láminas de patata, tras la aplicación del aceite esencial de clavo en cv. <i>Monalisa</i> .....	141
Figura 20. Evolución del parámetro pH en láminas de patata, tras la aplicación del aceite esencial de menta. ....	141
Figura 21. Diseño experimental para el estudio de la calidad comercial en cultivares de mesa. ....	154
Figura 22. Diseño experimental para el estudio de la calidad comercial en los cultivares industriales. ....	155

---

Figura 23. Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de los tratamientos con AEs en cultivares industriales. ....	158
Figura 24. Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de CIPC.....	159
Figura 25. Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de AEs en cultivares industriales. ....	161
Figura 26. Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de AEs en cultivares de mesa.....	163
Figura 27. Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de CIPC.....	164
Figura 28. Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) en tubérculos cultivar <i>Agria</i> , tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos. ....	168
Figura 29. Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) en tubérculos cultivar <i>Kennebec</i> , tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos.....	171
Figura 30. Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) en tubérculos cultivar <i>Agata</i> , tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos.....	174
Figura 31. Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) en tubérculos cultivar <i>Monalisa</i> , tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos.....	177

Figura 32. Diseño experimental de los estudios de calidad culinaria y tecnológica de la patata en los cultivares de mesa. ....	191
Figura 33. Diseño experimental de los estudios de calidad culinaria y tecnológica de la patata en los cultivares industriales. ....	192
Figura 34. Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) en tubérculos cultivar <i>Agria</i> , tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos. ....	195
Figura 35. Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) en tubérculos cultivar <i>Kennebec</i> , tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos. ....	196
Figura 36. Evolución de la textura de la patata (Fuerza y Distancia) en cv. <i>Agria</i> . ....	200
Figura 37. Evolución del parámetro textura (Fuerza y distancia) en cv. <i>Kennebec</i> . ....	203
Figura 38. Análisis de componentes principales de los parámetros de calidad culinaria y tecnológica estudiados. ....	226
Figura 39. Diseño experimental para el estudio de la capacidad antimicrobiana de los AEs utilizados. ....	235
Figura 40. Diámetro de inhibición en mm, debido al efecto producido por diferentes concentraciones de AE de menta frente a <i>Pectobacterium carotovorum subs carotovorum</i> . Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). ....	237



---

Figura 41. Diámetro de inhibición en mm debido al efecto producido por diferentes concentraciones de AE de alcaravea frente a <i>Pectobacterium carotovorum subs carotovorum</i> . Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).....	238
Figura 42. Diámetro de inhibición en mm debido al efecto producido por el AE de eucalipto a diferentes concentraciones frente a <i>Pectobacterium carotovorum subs carotovorum</i> . Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).....	239
Figura 43. Diámetro de inhibición en mm del efecto producido por diferentes concentraciones de AE de cilantro frente a <i>Pectobacterium carotovorum subs carotovorum</i> . Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).....	240
Figura 44. Halo de inhibición del AE de clavo frente a <i>P. carotovorum</i> (concentración 50%) .....	241
Figura 45. Diámetro de crecimiento en mm y el efecto producido por el AE de clavo frente a <i>Pectobacterium carotovorum subs carotovorum</i> a diferentes concentraciones. Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).....	241
Figura 46. Superficie de crecimiento en mm <sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de menta frente a <i>Colletotricum coccodes</i> , <i>Phoma foveata</i> y <i>Fusarium solani</i> , durante 14 días y a diferentes concentraciones.....	246
Figura 47. Crecimiento de <i>C. coccodes</i> (control al día 3 de crecimiento).....	247

---

Figura 48. Inhibición del AE de menta frente a <i>F. solani</i> a diferentes concentraciones (día 9).....	247
Figura 49. Superficie de crecimiento en mm <sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de Alcaravea frente a <i>Colletotricum coccodes</i> , <i>Phoma foveata</i> y <i>Fusarium solani</i> , durante 14 días y a diferentes concentraciones. ....	251
Figura 50. Superficie de crecimiento en mm <sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de eucalipto frente a <i>Colletotricum coccodes</i> , <i>Phoma foveata</i> y <i>Fusarium solani</i> , durante 14 días y a diferentes concentraciones. ....	254
Figura 51. Superficie de crecimiento en mm <sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de cilantro frente a <i>Colletotricum coccodes</i> , <i>Phoma foveata</i> y <i>Fusarium solani</i> , durante 14 días y a diferentes concentraciones. ....	257
Figura 52. Crecimiento de <i>P. foveata</i> .....	259
Figura 53. Superficie de crecimiento en mm <sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de clavo, frente a <i>Colletotricum coccodes</i> , <i>Phoma foveata</i> y <i>Fusarium solani</i> , durante 14 días y a diferentes concentraciones. ....	260
Figura 54. Crecimiento de <i>P. foveata</i> a concentración del 25% en todos los tratamientos con AEs.....	262
Figura 55. Diseño experimental para los estudios complementarios de cromatografía.....	268
Figura 56. Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar <i>Monalisa</i> tras la aplicación del tratamiento con AE de menta. ....	270

Figura 57. Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Monalisa* tras la aplicación del tratamiento con AE de alcaravea. .... 272

Figura 58. Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Monalisa* tras la aplicación del tratamiento con AE de cilantro. .... 274

Figura 59. Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Agata* tras la aplicación del tratamiento con AE de menta. .... 277

Figura 60. Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Agata* tras la aplicación del tratamiento con AE de alcaravea. .... 280

Figura 61. Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Agata* tras la aplicación del tratamiento con AE de cilantro. .... 282



## **RESUMEN**

La patata es uno de los principales alimentos en el mundo y ocupa el cuarto lugar en importancia después del arroz, el trigo y el maíz. Tiene un gran valor como alimento básico a nivel mundial y por ello la FAO, a petición de la ONU, declaró 2008 como Año Internacional de la Patata.

Uno de los factores críticos y de gran influencia en la calidad final del producto es el almacenamiento, en la que existe riesgo de brotación y pudrición por agentes patógenos como bacterias y hongos, por lo que resulta especialmente importante prestar atención a las condiciones en las que éste se efectúa.

En la actualidad un producto químico (CIPC: Clorprofam) es el más utilizado para prevenir la brotación durante el almacenamiento de patata, pero con la agravante de las posibles disminuciones de las dosis permitidas en su uso por la legislación aplicable.

La presión del mercado y del consumidor por buscar productos más saludables y a la vez más amigables con el ambiente, hacen que sea necesario buscar alternativas a los productos sintéticos utilizados para este efecto, y asegurando que las nuevas alternativas no alteran la calidad comercial, culinaria y tecnológica de la patata.

El objetivo principal de este trabajo es determinar un tratamiento alternativo a base de aceites esenciales, al empleo de pesticidas sintéticos como supresores efectivos del brote en almacenamiento y que conserve los atributos de calidad de la patata.

En este trabajo se estudia el efecto que pueda ocasionar la aplicación de aceites esenciales de menta, alcaravea, cilantro, eucalipto y clavo, así como el tratamiento químico CIPC, sobre la calidad global de la patata en cultivares de mesa (*Agata* y *Monalisa*) y cultivares industriales (*Agria* y *Kennebec*).

Se aplicaron los tratamientos con aceites esenciales por volatilización sin contacto directo con la patata a 25 °C durante 10 días, y luego se mantuvieron las patatas en almacenamiento durante 60 días más a 8 °C y 85% HR.

El tratamiento con CIPC se aplicó por espolvoreo siguiendo las recomendaciones comerciales y las patatas se mantuvieron durante 70 días a 8 °C y 85% HR.

Se estudiaron diferentes parámetros de calidad comercial (germinación, textura y color del tubérculo) y calidad culinaria y tecnológica (color y textura de las lonchas de patata, materia seca, sólidos solubles totales, azúcares reductores, análisis sensorial).

Las evaluaciones se realizaron en los días 10, 25, 40, 55 y 70 en la mayoría de los parámetros estudiados. También se evaluó el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales utilizados frente a algunos de los principales fitopatógenos del almacenamiento en patatas (*P. carotovorum*, *C. coccodes*, *P. foveata*, *F. Solani*, *H. Solani*, *P. Pustulans*).

Se encontró alta capacidad antigerminante en los tratamientos con aceite esencial de cilantro (cultivares industriales) y aceite esencial de menta (cultivares industriales y de mesa). Además estos aceites esenciales demostraron un gran potencial inhibitorio frente a los

principales problemas fitopatológicos estudiados. Todo ello hace que estos tratamientos sean una buena alternativa al uso del CIPC para el almacenamiento de patatas.

Por otro lado, el aceite esencial de eucalipto por su alta capacidad antigerminante en cultivares de mesa, podría ser otra alternativa que podría disminuir las pérdidas postcosecha por problemas fitopatológicos si el tratamiento lleva a su vez aceite esencial de clavo, buscando así un efecto sinérgico y mejores resultados.





## SUMMARY

Potato (*Solanum tuberosum*) is very important vegetable in our diet, it ranks fourth in world production after rice, wheat and maize (FAO, 2012). It has a great value as raw material at world-wide level and for that reason the FAO, at the request of the UN, declared the 2008 like Year International of the Potato.

One of the critic factors with great influence in the final quality of the product is the storage, in which risk of sprouting and rotting by pathogenic agents like bacteria and fungi exists. That is why is important to pay attention to the conditions in which the storage takes place.

Currently the Chlorpropham (CIPC) is the most widely used chemical to prevent sprouting during storage of the potato, but in the future there might be a decrease in the allowance of the application dose.

Market pressure and consumers seek for healthier and more environmentally friendly products, make it necessary to look for alternatives to synthetic products used to avoid problems during storage. Besides, the new alternatives should not alter the commercial, culinary and technological quality of the potato.

The main objective of this study is to determine an alternative treatment to the use of synthetic pesticides, based on essential oils, as effective suppressors of the sprout during storage and that does not alter the quality attributes of potatoes.

This work studies the effect of the application of essential oils of peppermint, caraway, coriander, eucalyptus and clove, and CIPC

chemical on the overall quality of table cultivars (*Agata* and *Monalisa*) and industrial cultivars (*Agria* and *Kennebec*).

The treatments were applied by volatilization of the essential oils a without direct contact with the potato at 25 °C for 10 days, and then held the potatoes in storage for 60 more days at 8 °C and 85 % RH.

CIPC treatment was applied by dusting over the potatoes as recommended and potatoes were kept for 70 days at 8 °C and 85 % RH.

Different parameters of commercial quality (sprouting, tuber texture and color) and culinary and technological quality (color and texture of the slices of potato, dry matter, total soluble solids, reducing sugars and sensory analysis) were studied. Evaluations were performed on days 10, 25, 40, 55 and 70 in most of the parameters studied.

The antimicrobial effects of essential oils against some of the main pathogens of potato storage (*P. carotovorum*, *C. coccodes*, *P. foveata*, *F. Solani*, *H. Solani*, *P. Pustulans*) were evaluated.

Treatments with essential oil of coriander on industrial cultivars and essential oil peppermint on industrial and table cultivars had a high inhibition effect on the sprouting. These essential oils also showed strong inhibitory activity against the main phytopathological problems studied. The use of these treatments is a feasible alternative to the use of CIPC.

On the other hand, the essential oil of eucalyptus could be another alternative to reduce postharvest losses due to its ability to inhibit sprouting in table cultivars, if it is combined with essential oil of clove looking for a synergetic effect.

## **SECCIÓN 1.**

### **Introducción**

---



## SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

### 1. Generalidades de la patata

La patata es uno de los principales alimentos en el mundo y ocupa el cuarto lugar en importancia después del arroz, el trigo y el maíz (FAO, 2012). Es un alimento muy nutritivo que aporta gran cantidad de energía debido a su contenido en almidón y desempeña funciones reguladoras del organismo por su contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. Además, tiene un contenido nada despreciable de proteínas, presentando éstas un valor biológico relativamente alto dentro de los alimentos de origen vegetal, por lo que posee un alto potencial para resolver problemas como hambrunas y malnutrición en muchos países (Costa E Silva *et al.*, 2007; Chowdhury *et al.*, 2002; Mehta *et al.*, 2006; Gurdip. Singh *et al.*, 1997)

La patata tiene una gran importancia como alimento básico a nivel mundial y por ello la FAO, a petición de la ONU, declaró 2008 como Año Internacional de la Patata, con el objetivo de asegurar su calidad y reducir la pobreza, impulsando al mismo tiempo la investigación y el desarrollo de sus sistemas de producción (FAO, 2008; FRUIT-LOGISTICA, 2008).

La región de mayor producción de patata en el mundo según datos del año 2010 fue Asia, gracias a la producción de China que aportó más del 50 % de la producción total de esta región, convirtiéndose así en el mayor productor a nivel mundial (Tabla 1).

**Tabla 1.** Producción de patata por región en toneladas.

<b>REGIONES</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Oceanía</b>	1.877	1.672	1.812
<b>África</b>	19.169	20.098	23.454
<b>América</b>	40.136	40.542	39.176
<b>Europa</b>	121.800	123.621	107.473
<b>Asia</b>	144.528	145.970	152.357
<b>Mundo</b>	327.510	331.903	324.272

Fuente: [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)

En España la patata representa uno de los cultivos más extendidos, ocupando la posición 26 en producción a nivel mundial en el año 2010 (Tabla 2).

Los principales tipos de producción de la patata son: patata de consumo (media estación, tardía, temprana y extratemprana, según ciclos), patata industrial (feculería), patata de siembra (o semiente) y patata forrajera (alimentación del ganado).

La clasificación oficial de los diferentes tipos de patatas producidas en España según la época de recolección, indica que la patata extratemprana es aquella cuya recolección se realiza entre el 15 de enero y el 15 de abril y las principales zonas de producción se encuentran en Andalucía; la patata temprana entre el 15 de abril y el 15 de junio y las zonas más importantes de producción se encuentran en Andalucía; la patata media estación recolectada entre el 15 de Junio y el 30 de septiembre donde la principal zona de producción en Galicia y por último la patata tardía donde la recolección se realiza entre el 30 de

septiembre y el 15 de enero y las zonas de mayor producción Castilla y León así como Álava (País Vasco) y la Rioja (Rousselle *et al.*, 1999).

**Tabla 2.** Producción de patata en el mundo en toneladas.

Países	2008	2009	2010
1. China	70.839,652	73.281.890	74.785.300
2. India	34.658.000	34.390.900	36.577.300
3. Federación de Rusia	28.846.400	31.134.000	21.140.500
4. Ucrania	19.545.400	19.666.100	18.705.000
5. Estados Unidos de América	18.826.600	19.564.300	18.016.200
7. Alemania	11.369.000	11.617.500	10.201.900
8. Polonia	10.462.100	9.702.800	8.765.960
9. Bangladesh	6.648.000	5.268.000	7.930.000
10. Biolorrusia	8.748.630	7.124.980	7.831.110
11. Países Bajos	6.922.700	7.181.000	6.843.530
12. Francia	6.871.970	7.174.560	6.582.190
13. Reino Unido	5.999.000	6.399.000	6.045.000
14. Malawi	2.993.820	3.427.760	4.706.400
15. Turquía	4.196.520	7.397.710	4.548.090
16. Canadá	4.724.460	4.581.120	4.421.770
17. Irán (República Islámica del)	4.706.720	4.107.630	4.054.490
18. Perú	3.597.090	3.765.290	3.814.370
19. Egipto	3.567.050	3.659.280	3.643.220
20. Brasil	3.676.940	3.443.710	3.595.330
<b>26. España</b>	<b>2.145.170</b>	<b>2.459.800</b>	<b>2.277.900</b>

Fuente: [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)

La mayor producción de patata en España es del tipo “media estación” tal y como se puede observar en la Tabla 3.

**Tabla 3** Producción de tipos de patata en España (toneladas)

<b>TUBÉRCULOS</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Patata Extratemprana	78.383	88.296
Patata Temprana	325.956	434.982
Patata media estación	1.047.263	1.313.059
Patata tardía	639.569	892.954
<b>TOTAL</b>	<b>2.145.171</b>	<b>2.719.291</b>

Fuente: [www.marm.es](http://www.marm.es)

Con excepción de los primores, que son comercializados en los días siguientes a la recolección, todos los demás tipos de producción son susceptibles de sufrir un período almacenamiento más o menos prolongado. Durante todo este período, que puede durar 250-300 días (patatas destinadas a la transformación industrial, por ejemplo), las técnicas de conservación tienen por finalidad limitar las pérdidas de peso, impedir la brotación y el desarrollo de enfermedades, preservar la presentación y la calidad comercial, así como la calidad culinaria y tecnológica de la patata destinada a la transformación industrial.

Uno de los factores críticos y de gran influencia en la calidad final del producto es el almacenamiento, en la que existe riesgo de germinación y pudrición por agentes fitopatógenos como bacterias y hongos, por lo que resulta especialmente importante prestar atención a las condiciones en las que éste se efectúa (Vokou *et al.*, 1993). La germinación o el nacimiento de brotes durante el almacenamiento reducen la calidad y el valor alimenticio de los tubérculos. En la actualidad productos como el CIPC (isopropyl-N-(3-chlorophenyl) carbamato o una mezcla de CIPC con IPC (isopropyl-N-phenyl carbamato) son comúnmente usados como



inhibidores de germinación durante el almacenamiento de patatas bajo frío. Estos productos actúan por sus vapores que impiden el crecimiento de los “ojos” en el tubérculo, bloqueando las divisiones celulares (Rousselle *et al.*, 1999).

Es necesaria la sustitución de productos sintéticos, como el clorprofam (CIPC) utilizados como supresores efectivos del brote en la patata por productos que tengan efectos mínimos sobre el medio ambiente, la salud y la seguridad de los consumidores. Actualmente en Europa, solamente el S-(+)-carvona, un monoterpeno producido por las semillas de Alcaravea, ha sido desarrollado comercialmente como un producto competitivo al CIPC (Coleman *et al.*, 2001).

Es por esto que es de gran interés la búsqueda de alternativas naturales al uso de productos sintéticos en el almacenamiento de patata y que no alteren la calidad comercial, culinaria y tecnológica de la patata.

## **2. Parámetros que determinan la calidad de la patata**

La calidad de la patata es un conjunto de características percibidas como favorables por el consumidor. Solamente puede ser definida en relación con el destino y la utilización de la cosecha. Las principales características incluidas en el término calidad son: las propiedades organolépticas, decir, por orden cronológico de juicio, la apariencia (forma, color, presencia de defectos), destacada visualmente; la fragancia (aroma, sabor), destacada por el olfato y el gusto; la textura (resistencia, consistencia a la masticación, etc), destacada por el tacto (Rousselle *et*

*al.*, 1999). El consumidor debido a su experiencia previa con el producto espera el mismo posea una características visuales

Asimismo, la calidad supone la inocuidad, entendida como la ausencia de cualquier acción tóxica, como limitación en los contenidos de sustancias naturales indeseables (nitratos y glicoalcaloides), respecto de los límites máximos de residuos de agroquímicos, así como el valor nutritivo, es decir la composición en términos de contenido en calorías, proteínas, aminoácidos indispensables, vitaminas, sales minerales, oligoelementos, etc. (Rousselle *et al.*, 1999).

### 2.1. Calidad comercial

Las patatas serán tratadas de una u otra manera según el mercado al que vayan destinadas. En España, las patatas se clasifican comercialmente según su condición y se distinguen tres tipos comerciales de patata (Real Decreto (BOE)31/2009, de 16 de enero, por el que se aprueba la norma de calidad comercial para las patatas de consumo en el mercado nacional):

De Primor: aquellas patatas que, además de ser cosechadas antes de su completa maduración natural, de modo que su epidermis o piel pueda desprenderse fácilmente por frotamiento, deben comercializarse en los días inmediatos a su recolección.

Nuevas: Las patatas cosechadas en su completa maduración natural y comercializadas en las semanas inmediatas a su recolección sin más almacenamiento y/o conservación que el necesario para garantizar el desarrollo normal de su proceso comercializador.

De Conservación: las cosechadas en su plena madurez, aptas para su comercialización después de pasar por un período de almacenamiento y/o conservación más o menos prolongado, sin merma de sus cualidades organolépticas.

El consumidor sea minorista o mayorista, y debido a su experiencia previa con el producto y sus necesidades, espera que este cumpla con una serie de características y cualidades visuales antes de realizar la compra, dentro de las que se encuentran principalmente la apariencia general y el color del tubérculo.

### **2.1.1. Apariencia general**

La apariencia global es la impresión general resultante de la percepción en conjunto de atributos como el color, la forma, el tamaño, la textura, a través del sentido de la vista y la ausencia de brotes en el tubérculo. Esta se ve afectada por diferentes factores, manejo durante la cosecha, condiciones de almacenamiento, etc.

En la etapa de almacenamiento la temperatura es un factor crítico en el mantenimiento de la calidad visual, ya que si esta no es la adecuada se producirán una aceleración de las reacciones fisiológicas y metabólicas que provocarán, entre otros daños, la pérdida de la apariencia fresca, obteniéndose productos que presentan opacidad, oscurecimiento del color, presencia de fitopatógenos y textura blanda.

Requisitos mínimos según Real Decreto 31/2009, de 16 de enero, por el que se aprueba la norma de calidad comercial para las patatas de consumo en el mercado nacional:

- Enteras y con la piel bien formada, es decir exentas de toda ablación o ataque que tenga por efecto alterar su integridad. La ausencia parcial de piel en los tubérculos «De Primor» no constituye una alteración de la integridad de los mismos.
- Sanas, quedando excluidos los productos que presenten podredumbre u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumo (Figura 1)
- Prácticamente limpias, exentas de materias extrañas visibles.
- Firmes y de aspecto fresco.
- Prácticamente exentas de plagas.
- Prácticamente exentas de daños causados por plagas.
- Sin germinar. Se consideran tubérculos sin germinar aquellos en los que los brotes no miden más de 3 mm (Figura 2). En las patatas “De Primor” y “Nuevas” no se admite la presencia de ningún brote.
- Exentas de un grado anormal de humedad exterior, es decir suficientemente secas tras el lavado al que se hayan podido someter en su caso.
- Exentas de olores y/o sabores extraños.

Prácticamente exentas de defectos externos o internos que perjudiquen a su aspecto, a su calidad, a su conservación y/o a su presentación, tales como:

- Enverdecimiento en más de la octava parte de la superficie total del tubérculo, que no pueda desaparecer con un pelado normal (aproximadamente de 1,75 mm, de espesor).

- Grietas, incluidas las de crecimiento (con una longitud mayor que la mitad del eje correspondiente a la dirección de la grieta), fisuras, cortes, mordeduras, picaduras y magulladuras, de una profundidad superior a 3,5 mm para los tubérculos «De Primor» y 5,0 mm para los demás, y/o rugosidades de la piel (para aquellas variedades en las que ésta no es normalmente rugosa).



**Figura 1.** Tubérculo de patata sano.



**Figura 2.** Brote en patata.

- Deformaciones fuertes (muñones o carretes).
- Manchas sub-epidérmicas, de más de 5,0 mm de profundidad, grises, azules o negras, sobre una superficie mayor de 2 cm<sup>2</sup>.
- Manchas de mohos (herrumbre), corazón hueco, ennegrecimiento y otros defectos internos.

- Sarna común profunda y sarna polvorienta afectando en más de la décima parte de la superficie total del tubérculo y con una profundidad de 2 mm o más.
- Sarna común superficial en más de la cuarta parte de la superficie total del tubérculo, que no pueda desaparecer con un pelado normal.
- Daños causados por el frío.

Dentro de la apariencia general el color del tubérculo es un parámetro muy importante a la hora de elegir un producto por parte del consumidor, pues existe una asociación inconsciente entre el estado o valor alimenticio de ese alimento con el color típico o esperado del mismo.

En el caso del tubérculo de la patata es importante que todo el manejo que se le realice después de la cosecha y durante el almacenamiento no altere esta propiedad física y que el color sea el esperado y el relacionado visualmente con producto de calidad por el consumidor.

Estos tubérculos serán utilizados para consumo o para procesos agroalimentarios y en ambos casos uno de los principales objetivos es conseguir también preservar el color original del producto luego del manejo postcosecha antes de llegar al consumidor final.

Bajo la acción de la luz, hay una aparición de clorofila en los tejidos superficiales del tubérculo y, en paralelo pero de forma independiente, una estimulación de la síntesis de glicoalcaloides, esencialmente de solanina.

Por este hecho, es necesario conservar los tubérculos en la oscuridad y evitar iluminaciones demasiado intensas o prolongadas durante su conservación (Martin, 2000).

El reverdecimiento del tubérculo de patata, debido a la formación de clorofila en las células sub-epidérmicas, no plantearía problemas si no revelara frecuentemente la presencia de una cantidad anormal de un alcaloide, la solanina, constituyente habitual de la patata pero que puede llegar a ser tóxico a dosis altas (Rousselle *et al.*, 1999).

## **2.2. Calidad culinaria y tecnológica**

El consumidor según sus necesidades decide entre una amplia gama de cultivares que le ofrecen diferentes cualidades culinarias y tecnológicas. Cada cultivar tiene sus características propias en cuanto a parámetros muy importantes a la hora de evaluar su calidad y su rendimiento como lo son: color, textura, contenido de SST (sólidos solubles totales), materia seca, azúcares reductores características culinarias y tecnológicas y en su mayoría son de carácter genético y otras que podrían variar según su estado fisiológico, condiciones climáticas durante la cosecha etc.

### **2.2.1. Color**

En un primer instante, el color de la pulpa de la patata podría indicarnos la presencia de algunos problemas debido a un mal manejo

durante el almacenamiento, un ejemplo de ello es el reverdecimiento de la patata a causa de la exposición a la luz y que puede provocar contenidos altos de solanina en la pulpa de la patata.

El contenido en solanina de los tubérculos oscila, según las variedades, entre 2 y 15 mg/100 g de tubérculo fresco entero; la piel contiene por término medio 20 mg y la carne unas 10 veces menos. Por tanto, el tubérculo que haya sufrido condiciones de cultivo y conservación normales, contendrá solamente una cantidad despreciable de solanina después de pelado. Sin embargo, bajo el efecto de cierto número de factores (luz, exceso de fertilización nitrogenada, defoliación precoz) dicho contenido puede aumentar de forma importante en la piel así como en los tejidos subyacentes, siendo, en este caso, ineficaz el pelado para eliminarla (Rousselle *et al.*, 1999).

Dicho fenómeno es la causa de dos grandes inconvenientes: un deterioro del sabor a partir de un contenido de 10 mg/100 g de la parte comestible y un riesgo de intoxicación para el consumidor que se traduce en dolores gastrointestinales, vómitos y diarreas a partir de los 20 mg/100 g de materia fresca (Grison, 1987). La solanina no es destruida por la cocción en agua, el calor del horno de microondas, así como por la fritura (Bushway *et al.*, 1981)

La medida de color en las lonchas de la patata puede representar una medida importante para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos poscosecha que se le realizan a la patata. Si bien la medida del color constituye un método rápido de control de calidad, es un proceso complejo debido a una serie de factores físicos y químicos de los que depende.



### **2.2.2. Textura**

La textura de un producto vegetal es una de las características sensoriales más importantes que se encuentra asociada a su calidad. La misma está determinada por la estructura y composición de sus tejidos. La pared celular es la principal responsable de la condición textural. Se halla compuesta por fibrillas de celulosa embebidas en una matriz de sustancias pécticas, hemicelulosa, proteínas, lignina, solutos de bajo peso molecular y agua (Artés, 2006). Por lo general, los órganos vegetales comestibles contienen sólo células con pared primaria.

La calidad de un producto incluye un sistema complejo de propiedades de la textura, las cuales muchas veces no están definidas o son difíciles de medir. En productos vegetales la preferencia tiende a tejidos firmes y crujientes. Aunque en muchas ocasiones un cierto grado de ablandamiento es necesario para conseguir la calidad óptima, este caso se suele dar en frutas, una pérdida de textura más allá de la óptima no es deseable en ningún caso y, además, es signo de senescencia y descomposición (Aked, 2002).

Algunos aspectos de la textura pueden ser juzgados visualmente o mediante pruebas sencillas a través del sentido del tacto. Aunque son subjetivas, una persona entrenada y experta podría llegar a detectar los cambios. Por tanto, es importante preservar la textura externa e interna de la patata para un posterior procesado.

### 2.2.3. Contenido de azúcares

Los azúcares presentes en la patata son principalmente la sacarosa y los azúcares reductores (glucosa y fructuosa). Estos últimos condicionan mucho el color de los productos transformados y de las frituras domésticas. En la recolección, el contenido de azúcares de los tubérculos depende sobre todo de la variedad y del grado de madurez. A continuación puede evolucionar fuertemente durante la conservación.

El edulcorado de las patatas durante la conservación depende de la variedad, de la madurez del tubérculo en el momento de su almacenamiento, de la temperatura y del tiempo de conservación. Es controlado al menos por tres mecanismos diferentes: la disponibilidad de sacarosa en la recolección, unido al estado de madurez; el almacenamiento a temperaturas inferiores a 10 °C (“edulcorado a bajas temperaturas”) y el envejecimiento fisiológico (“edulcorado de senescencia”) (Rousselle *et al.*, 1999).

En general, conviene no superar un 0,8% del peso fresco para evitar la aparición de un gusto azucarado tras una preparación culinaria doméstica (Martin, 2000). Para la elaboración de patatas fritas el contenido de azúcares reductores deben ser 0.5% del peso en fresco. Contenidos superiores dan colores oscuros y/o muy oscuros en al freír y, además, transfieren un sabor amargo debido a la formación de compuestos cetónicos y aldehídicos, según la reacción de Maillard (Kumar *et al.*, 2004).

#### **2.2.4. Materia Seca**

El contenido de materia seca (constituido esencialmente por el almidón), de quien depende la composición química de las patatas, está sujeto a grandes variaciones debido principalmente a la variedad y a la influencia de las condiciones agroclimáticas y de las técnicas culturales. Así mismo, es preciso añadir que su distribución en el tubérculo es heterogénea y varía de un tubérculo a otro.

Según el tipo de preparación, se pueden clasificar los productos transformados en tres grandes categorías (Rousselle *et al.*, 1999):

- Los productos cocidos, apertizados, esterilizados en cajas o bolsitas de plástico (17-20% de materia seca).
- Los productos deshidratados (en polvo y copos) destinados a la confección de purés reconstituidos o utilizados para la fabricación de sopas, snacks etc (20-24% de materia seca).
- Los productos fritos: chips, fritos frescos o congelados, patata paja etc (23-25% de materia seca).

Esta característica es especialmente importante en la patata para freír y está relacionada estrechamente con el peso específico. En la fritura se sustituye el agua por aceite, por lo que cuanto más elevada sea la materia seca, menor será el contenido en agua, lo que repercute en una menor acumulación de aceite en las patatas chips. Los valores mínimos deseables son del orden de 1080 de peso específico que corresponde a un 20,25% de materia seca (Simón *et al.*, 2002).

### 3. Factores que inciden en los cambios de calidad en el tubérculo

#### 3.1. Composición y estado fisiológico de la patata

Uno de los principales componentes nutritivos y con más importancia en la patata, después del agua (80%), son los carbohidratos que constituyen un 16-20%, entre los que destacan el grupo de los almidones que son polisacáridos complejos que se absorben como glucosa previa hidrólisis enzimática.

La concentración de azúcares sencillos es baja (0,1 a 0,8%) siendo los más importantes la glucosa, fructosa y sacarosa. En la Tabla 4 se muestra un resumen la composición química de la patata.

Estos componentes son importantes, ya que intervienen en las reacciones de pardeamiento no enzimático o reacciones de Maillard, por lo que se debe controlar su concentración con objeto de prevenirlas.

**Tabla 4.** Composición química de la patata

Componentes	Materia fresca (%)	Desviaciones
<b>Agua</b>	77,5	63-86
<b>Materia seca</b>	22,5	13-36
<b>Glúcidos totales (azúcares)</b>	19,4*	13-30
<b>Prótidos</b>	2,0	0,7-4.6
<b>Lípidos</b>	0.1	0.02-0.96
<b>Cenizas</b>	1.0	0.4-1.9

\*Del cual, el 0,6% (desviación 0,2 -3,59 de no extractables (fibras) comprendiendo la celulosa, las hemicelulosa, las sustancias pécticas, las suberinas y las ligninas. Fuente: (Rousselle *et al.*, 1999).

### **3.2. Manipulación previa del tubérculo**

La manipulación indebida durante la cosecha, el transporte, la clasificación y el posterior almacenaje de forma inadecuada causan en las patatas magulladuras internas. Estas heridas se producen por la rotura interna de las células que dará lugar a transformaciones químicas. Para prevenir este deterioro es necesario minimizar los golpes que recibe, por lo que se debe manipular el producto con el mayor cuidado posible.

### **3.3. Recolección**

La recolección debe llevarse a cabo con sumo cuidado evitando los golpes o la aparición de heridas en los tubérculos. También se debe evitar una exposición prolongada a la luz, ya que puede producir un reverdecimiento de la patata.

### **3.4. Almacenamiento**

Para las patatas de conservación, que se cosechan en su plena madurez, es necesario un período de conservación más o menos prolongado antes de ser aptas para su comercialización. La conservación de la patata será facilitada, por un estado óptimo en el momento de la puesta en almacenamiento, en lo que concierne a su estado sanitario, madurez y conformidad inicial para el destino previsto (Martin, 2000).

Desde la recolección hasta su utilización, los tubérculos respiran y transpiran activamente y están expuestos a diversos ataques (daños mecánicos, desarrollo de enfermedades, ataque de hongos, pudrición por bacterias) que pueden provocar rápidamente su deterioro, lo que significa un cambio en la composición química y nutricional (Rousselle *et al.*, 1999).

El almacenamiento de la patata durante un período de entre unas semanas a varios meses desemboca ineludiblemente en una degradación más o menos importante de sus características (cambios en el color, textura, contenido de azúcares, apariencia). También se producirán una serie de mermas por: respiración, transpiración, ataque por hongos, bacterias, etc., que también afectan a su calidad. Es imprescindible limitar estas pérdidas y preservar la calidad la patata (González., 2001; Martin, 2000).

Para ello es necesario conocer qué factores afectan a esta calidad y cuánta importancia tienen, así como conocer la manera de reducirlos o eliminarlos.

### **3.4.1. Germinación**

Después de una fase de reposo vegetativo más o menos larga, caracterizándose por una primera etapa lenta que da lugar a una brotación posterior más vigorosa. (Martin, 2000).

La germinación está asociada a una movilización de los carbohidratos, principalmente almidón hidrolizado. Se produce un aumento de

azúcares reductores (azucarado por senescencia) y está asociado al final del reposo (Kumar *et al.*, 2004).

Para la patata de siembra, este fenómeno puede ser ralentizado por una estricta conservación a baja temperatura (2 a 4 °C según la variedad). Desde el momento en que las temperaturas sean superiores a 6 °C, se hace necesaria la aplicación de inhibidores de germinación durante dos meses o más y solo se pueden tratar las patatas de consumo y aquellas dedicadas a la transformación industrial, no deben ser tratadas las patatas destinadas para siembra (Blenkinsop *et al.*, 2002; Rousselle *et al.*, 1999).

Para las patatas destinadas al consumo en natural o a ser transformadas en purés la temperatura ideal es en el orden de los 7 °C (reduce la acumulación de azúcares y retrasa la germinación) y si el período de almacenamiento sobrepasa varias semanas, es generalmente necesario aplicar durante la conservación un inhibidor de brotación (Martin, 2000; Rousselle *et al.*, 1999).

Hoy en día, la única alternativa a utilizar es el producto químico N-(3-clorfenilo) carbamato de isopropilo o clorprofam (CIPC) aplicado en la industria por termonebulización, a menos que se haya efectuado una aplicación en vegetación de hidrazida maléica a 4.000 g de i.a./ha. En este caso, la aplicación de CIPC en almacén puede ser retrasada, incluso evitada (Martin, 2000).

Para la patata de consumo, igualmente, el control de la germinación será facilitado en gran medida por un adecuado manejo de la temperatura de almacenamiento.

El control de la germinación del tubérculo en almacenamiento constituye junto con la temperatura y la humedad relativa, una de las variables a considerar para mantener la calidad de la materia prima. En la Figura 3 se observa un tubérculo de patata sin tratar luego de un período de almacenamiento.



**Figura 3.** Patata germinada

### 3.4.2. Respiración

La actividad respiratoria es un factor muy importante que depende de:

- La temperatura: la intensidad respiratoria decrece al disminuir la temperatura, sin embargo crece considerablemente cuando la temperatura sobrepasa los 15 – 20 °C.
- El grosor del tubérculo, su madurez, las manipulaciones sufridas en el almacenamiento, así como el número e importancia de las heridas sufridas durante la recolección que se traduce en una actividad muy intensa en los primeros días de almacenamiento.

Para mantener los tubérculos en una tasa de respiración baja, es necesario enfriarlos por ventilación o refrigeración al inicio de la conservación, así como asegurar una evacuación regular del calor



generado (Martin, 2000; Rousselle *et al.*, 1999). También deben evitarse ocasionar daños físicos durante su manipulación y almacenamiento.

### **3.4.3. Transpiración**

Es la causa esencial de las pérdidas de peso sufridas durante la conservación (90% de la pérdida natural de peso). Se origina por una evaporación del agua contenida en los tubérculos a través de las paredes celulares y es importante después de la recolección, aunque se estabiliza en condiciones de conservación satisfactorias

Su intensidad depende del poder desecante del aire ambiental (humedad relativa-temperatura) y de la permeabilidad de la epidermis al vapor de agua. La intensidad será elevada cuando los tubérculos están inmaduros o cuando están heridos, aunque después de la cicatrización se reducen (Martin, 2000; Rousselle *et al.*, 1999).

Respiración y transpiración se traducen en pérdidas de peso variables que son más importantes durante el primer mes de almacenamiento y que pueden oscilar entre el 3 y el 8% para un período de 6 meses según las condiciones de conservación y el estado de los tubérculos. En general, las pérdidas de glúcidos y de agua se equilibran para mantener en un nivel bastante estable el contenido en materia seca de los tubérculos (Martin, 2000).

#### **3.4.4. Cambios en el contenido de azúcares**

El descenso en la temperatura de los tubérculos durante la conservación induce a una movilización del almidón seguido de un incremento de la síntesis de la sacarosa y finalmente de la hidrólisis de ésta en glucosa y fructosa (azúcares reductores) (Hertog *et al.*, 1997). El umbral que no se debe sobrepasar depende de la utilización prevista en la comercialización de los tubérculos (Martín, 2000).

La sacarosa es un azúcar no reductor y que en principio no da problemas de pardeamiento no enzimático pero, por hidrólisis, puede originar los glucosa y fructosa, azúcares causantes estos del pardeamiento no enzimático. Las condiciones de hidrólisis de la sacarosa, como se ha comentado, se pueden dar cuando baja demasiado la temperatura de almacenamiento y puede producir una mayor acumulación de azúcares reductores (Simón *et al.*, 2002).

Con el fin de no llegar a un nivel de azúcares reductores perjudicial para el destino deseado de los tubérculos, conviene adaptar lo mejor posible la temperatura de mantenimiento al objetivo deseado en función de la variedad y la duración prevista del almacenamiento.

Si se reducen las temperaturas de almacenamiento para evitar la germinación por debajo de 8-10 °C se reducen las velocidades de las reacciones de forma desigual generándose tubérculos dulces y con una mala textura (Hertog *et al.*, 1997).

Pese a que normalmente las concentraciones de azúcares reductores no cambian durante los tres primeros días de almacenamiento a bajas temperaturas, una vez transcurridos estos pueden incrementarse

rápidamente. Este “edulcorado a baja temperatura” es reversible parcialmente por calentamiento de los tubérculos a 15-18°C, al reconvertirse una fracción de los azúcares en almidón, o ser consumidos por la respiración (reacondicionamiento o atemperado) (Hertog *et al.*, 1997; Kumar *et al.*, 2004; Rousselle *et al.*, 1999).

Por otro lado, un aumento en el contenido en azúcares también puede ser indicativo del envejecimiento fisiológico del tubérculo conocido como “azucarado por senescencia” que aparece después de un periodo prolongado de almacenamiento. Este proceso, que es irreversible, se debe a modificaciones de las membranas que rodean a los gránulos de almidón y se ve influido por el tiempo de almacenamiento, genotipo, el historial de crecimiento, el suelo y el medioambiente (Kumar *et al.*, 2004; Rousselle *et al.*, 1999).

La formación del color oscuro en las patatas se atribuye a la acumulación de los azúcares reductores cuando a la temperatura de fritura (175 °C) reaccionan con los aminoácidos dando lugar a unos compuestos de color oscuro. Generalmente se considera el contenido de glucosa como el índice de calidad relacionado con el oscurecimiento de la patata al freír. (Simón *et al.*, 2002).

#### **3.4.5. Problemas de fitopatógenos en almacenamiento**

Numerosos microorganismos pueden causar pérdidas, a veces importantes, durante el almacenamiento (mildiu, *Fusarium solani*, sarna plateada, *Phoma exigua*, *Colletotricum coccodes*, bacterias del género *Pectobacterium* spp, etc) (Martin, 2000; Pringle *et al.*, 2009) (Figura 4).

Además de un correcto estado sanitario al inicio del almacenamiento, es necesario un control riguroso de la humedad del montón. El mantenimiento continuo de los tubérculos secos evita toda multiplicación considerable durante la conservación. En un segundo plano, el control de la temperatura, si es posible, a un nivel inferior al umbral de desarrollo de los microorganismos permite, igualmente, controlar su desarrollo (Martin, 2000).



**Figura 4.** Patata con daños por golpes y microorganismos (bacteria)

Las pérdidas post-cosecha de la patata, tanto cuantitativa como cualitativa, a menudo se deben a factores físicos, fisiológicos y/o causas biológicas. Las pérdidas debidas a factores biológicos (patologías y las invasiones) son generalmente los más importantes.

En general, los tubérculos llegan contaminados desde el campo. Si la infección inicial ha pasado desapercibida y las condiciones de almacenamiento favorecen el desarrollo de microorganismos infecciosos, plagas o las enfermedades, estas se manifiestan durante el almacenamiento.

El ciclo de infección se completa cuando las patatas almacenadas como semilla se encuentran infectadas y permanecen en estado latente durante el período en que se encuentran en almacenamiento. Cuando estos tubérculos son utilizados como semilla en el campo se encuentran con condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de insectos o microorganismos patógenos.

Muchos patógenos presentan diversidad entre las especies y subespecies y poseen diferentes condiciones óptimas para su desarrollo y diferentes reacciones ante antes la aplicación de químicos. El objetivo a tener en cuenta en el almacenamiento de patata es el de reducir el nivel de inóculo del patógeno tanto como sea posible. Dentro de los controles que se pueden practicar se encuentra seleccionar semillas con bajos o ningún nivel del patógeno, aplicando técnicas agronómicas que prevengan el desarrollo de la enfermedad y una limpieza rigurosa del almacenen y equipos antes del manejo o almacenamiento del cultivo

Para que una enfermedad infecciosa se desarrolle en una planta deben estar presentes tres elementos básicos (Cueto, 2010; Pringle *et al.*, 2009; Rivera, 2007):

- A. un hospedero susceptible (tubérculo de la patata),
- B. el agente causal u organismo patógeno (hongo o bacteria) y
- C. las condiciones ambientales propicias para que se desarrolle la infección (humedad superficial del tubérculo, temperatura, humedad relativa, concentración de CO<sub>2</sub> en almacén).

El adecuado manejo y control de estos factores puede ayudar a disminuir el desarrollo del patógeno.

### **A. El hospedero**

El hospedero es aquel organismo que alberga a otro en su interior o lo porta sobre sí, ya sea en una simbiosis de parásito, un comensal o un mutualista. Los fitopatógenos se aprovecharán de un hospero susceptible y que favorezca sus condiciones de sobrevivencia y desarrollo (tubérculo de patata).

La capacidad del tubérculo para resistir a la enfermedad depende de una serie de factores genéticos, fisiológicos y físicos. Su resistencia genética con epidermis más gruesa, la producción de sustancias bioquímicas que interfieren con la infección de la enfermedad, la producción de suberina entre células en las zonas dañadas para proteger la carne de la invasión de patógenos son factores que protegen y puede variar según cada variedad de patata. Las variedades son constantemente evaluadas para diversos fitopatógenos con el propósito de que el productor pueda escoger la variedad que más se ajuste a sus necesidades o al menos entender el riesgo asociado de usar una u otra variedad.

### **B. Fitopatógeno**

La mayoría de los fitopatógenos en almacenamiento se originan durante la siembra de la patata o invaden la planta durante la fase de crecimiento. Los fitopatógenos pueden ser bacterias u hongos y presentan un amplio rango y diferentes ciclos de vida, así como diferentes formas de inocular el huésped u hospedero. La bacteria tiende a ser más limitada en la manera de multiplicarse, moverse, propagarse y

sobrevivir. Los hongos pueden tener ciclos de vida que les permite sobrevivir durante el invierno en ausencia de un hospedero, sus esporas pueden dispersarse a grandes distancias o una diseminación paulatina.

### **C. El ambiente**

El ambiente es un factor fundamental en el desarrollo de los fitopatógenos. Muchos de estos pueden morir, disminuir su desarrollo o entrar en latencia o reposo si el ambiente en el cual se encuentra se vuelve hostil. Las condiciones ambientales que inducen a desarrollo de enfermedades están influenciadas por la gestión del almacén, como la temperatura y la humedad sobre la superficie del tubérculo (Pringle *et al.*, 2009).

#### **3.4.5.1. Bacterias**

La cantidad de enfermedades bacterianas que afecta a los cultivos es menor en comparación con las enfermedades fúngicas, ya que existen solamente 200 especies de bacterias fitopatógenas. La mayoría de las bacterias fitopatógenas necesitan cierto grado de asociación con sus hospedantes para sobrevivir en épocas desfavorables. (Cueto, 2010).

Entre las principales enfermedades de origen bacteriano que tenemos: La marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*), Necrosis bacteriana (*Corynebacterium sepedonicum*), Sarna común (*Streptomyces scabies*), Pierna negra o Blackpaw y la pudrición blanda (*Pectobacterium*:

*Erwinia carotovora* var. *Carotovora* y *Erwinia carotovora* var. *atroséptica*) (Cueto, 2010; Mills *et al.*, 2006).

La pudrición blanda (causada por *Erwinia carotovora* var. *Carotovora* y *Erwinia carotovora* var. *atroséptica*) es una de las causas más frecuentes de pérdidas en el almacenamiento. Los tubérculos infectados presentan pudrición acuosa y de olor desagradable, debido a la presencia de otras bacterias. Puede desarrollarse por infecciones en las lenticelas, heridas superficiales, agrietamientos, contusiones, etc. también se produce como enfermedad secundaria, después del daño causado por los insectos. Estas bacterias son compatibles con el almacenamiento de altas temperaturas y humedad, acompañadas de condiciones anaeróbicas.

Para un control efectivo de esta enfermedad, debe utilizarse en campo semilla sana, una buena preparación del terreno, drenaje adecuado, eliminar las plantas enfermas y hacer una selección de tubérculos antes de almacenamiento. La pudrición blanda se puede evitar durante el almacenamiento mediante la colocación de los tubérculos en un ambiente frío, seco y debe evitarse el desarrollo de condiciones anaeróbicas.

Las podredumbres blandas debidas a *Erwinia* suponen la contaminación rápida de los tubérculos próximos y, frecuentemente, están asociadas a otras bacterias pectinolíticas como *Clostridium spp*, *Bacillus spp*, y *Pseudomonas spp*. La acción de las enzimas bacterianas pectinolíticas supone la licuefacción de los tejidos. En contacto con el aire, el contenido celular se ennegrece (oxidación de los fenoles) y desprende un olor nauseabundo característico. Este síntoma se ve favorecido por



atmósferas confinadas, exceso de humedad y heridas, que favorecen la penetración de las bacterias presentes en la superficie o alojadas en las lenticelas. La gravedad del ataque depende de del genotipo, de la edad fisiológica y de la capacidad de cicatrización, así como el contenido en calcio y en agua del cultivar (Rousselle *et al.*, 1999).

*Erwinia carotovora caratovora* se extiende en un área geográfica y en una serie de huéspedes más amplio que otras especies y subespecies del género *Erwinia*, siendo responsables de las podredumbres húmedas de muchas frutas y verduras. Además parece mejor dotada de capacidad de conservación fuera de sus huéspedes (en el suelo o en el agua por ejemplo). Se adapta a temperaturas que van de los 20 a los 37-40 °C.

#### **3.4.5.2 Hongos**

Todas las enfermedades que se presentan en los tubérculos almacenados son causadas por patógenos provenientes de los campos de cultivo. Cuando se almacenan tubérculos que se originan en plantas enfermas, estos llevan consigo la infección en sus formas diversas, ya sea como estructuras de propagación (conidias, micelio) o de conservación (esclerocios, clamidosporas, oosporas), que pueden estar presentes en la superficie (en la tierra adherida a los tubérculos o en las yemas de estos) o en el interior de los tubérculos almacenados (debajo de las lenticelas o en el punto de unión con el estolón).

La presencia de enfermedades en tubérculos almacenados se debe también a que los agricultores seleccionan tubérculos enfermos aparentemente sanos, o aquellos en los que sólo una pequeña porción

de tejido está afectada, sin tomar en cuenta que las estructuras del patógeno presentes en la superficie o en el interior de los tubérculos que pasan desapercibidas, inician nuevas infecciones (Torres, 2002)

Los hongos son predominantemente organismos multicelulares, que carecen de clorofila, tienen paredes celulares que contienen quitina, celulosa o ambos componentes y estructuras ramificadas (hifas) que en conjunto se denominan micelio (Cueto, 2010; Koike *et al.*, 2006).

Los hongos pueden ser parásitos obligados, es decir, que viven a expensas de plantas vivas, de tal manera que cuando muere la planta que los hospeda, éstos también mueren. Existe otro grupo de hongos que en parte de su ciclo son parásitos en plantas vivas y cuando éstas mueren, ellos continúan viviendo sobre sus despojos. Estos organismos son los parásitos facultativos. La mayoría de las plantas pueden ser atacadas por algún tipo de hongo y también se sabe que un mismo hongo fitopatógeno puede infectar a uno o más tipos de plantas aunque sean de diferentes familias (Cueto, 2010).

Los hongos tienen múltiples formas de diseminación. Cuando las esporas son polvosas, el viento, los animales y el hombre pueden transportarlas con relativa facilidad una vez liberadas de la estructura donde se formaron. Si las esporas tienen cubiertas mucilaginosas, las formas de diseminación más eficientes serán el salpique de la lluvia, los insectos y el hombre (Cueto, 2010; Rivera, 2007).

La supervivencia y capacidad de infección de la mayoría de los hongos fitopatógenos depende de condiciones tales como temperatura y humedad. La germinación de los micelios por lo general se da solamente

entre los -5 y 45 °C en condiciones de humedad adecuadas (Atlas *et al.*, 2001; Cueto, 2010).

El mecanismo de penetración ha sido discutido por mucho tiempo. La penetración puede tener lugar de forma mecánica o por digestión enzimática a través de enzimas hidrolíticas secretadas por el patógeno. Estudios citológicos y genéticos indican que una presión generada por los apresorios permite al hongo penetrar la cutícula y la pared celular. Estos son estructuras engrosadas especializadas para la penetración producidas al final del tubo germinativo de la espora.

La penetración de las superficies de la planta puede ser realizada a través de la degradación de la cutícula por enzimas como las cutinasas que son sintetizadas y secretadas por el hongo. La siguiente barrera después de la cutícula es la pared celular. Su degradación requiere de varias enzimas: como celulasas, xilanasas, pectinasas y proteasas (Cueto, 2010).

Los agentes patógenos también pueden penetrar a través de aberturas naturales (como estomas, hidrátodos, nectarios o lenticelas) y a través de heridas. Las plantas sufren rupturas de su cutícula o de su epidermis por varias causas como daño mecánico, daño de insectos, nematodos y otros herbívoros, cortes de poda, cosecha y otras prácticas y por el crecimiento mismo de la planta (Araúz, 1998).

Posterior a la penetración continúa el proceso de infección y colonización. La infección es el establecimiento del patógeno en el hospedante en condición parasítica. Este término no implica la aparición de síntomas, ya que puede haber un intervalo largo entre los dos. La infección continúa mientras el patógeno actúe dentro del hospedante y

este reaccione a su presencia. El patógeno puede colonizar apenas unas pocas células, porciones considerables de tejido o la planta entera. La lesiones pueden localizadas (el área afectada es de tamaño y formas definidas; generalmente son necróticas y de tamaño menor). Las lesiones extensivas se presentan cuando el patógeno avanza por todos los tejidos de uno o varios órganos sin que la lesión se limite a determinada forma y tamaño (Cueto, 2010; González, 1985).

La pudrición seca (*Fusarium spp.*) es una de las enfermedades más importantes en los tubérculos almacenados y la más importante generada por hongos. La pudrición seca, provoca que los tubérculos se vuelvan duros por pérdida de agua, el tejido se arruga y se seca. Otras enfermedades como la pudrición rosada (*Phytophthora erythroseptica*) y la pudrición acuosa (*Phytium spp.*), se presentan ocasionalmente en los tubérculos almacenados (Torres, 2002).

Las podredumbres secas de los tubérculos de la patata ocasionadas por *Fusarium Solani* y *Phoma Foveata* comprenden las enfermedades que afectan gravemente a la conservación de las patatas de siembra o de conservación (Choiseul *et al.*, 2006). El primer tipo de enfermedad está ampliamente distribuida en el mundo, tanto en las zonas templadas como cálidas, mientras que la gangrena es mucho más frecuente en las zonas templadas (en especial el norte de Europa) (Rousselle *et al.*, 1999).

El ingreso de *Fusarium* al interior de los tubérculos se realiza a través de las heridas ocasionadas durante la cosecha y durante el transporte del campo al almacén. *Erwinia*, en cambio, ingresa por las lenticelas y a través de tejidos infectados por *Fusarium*. Cuando *Fusarium* y *Erwinia* están presentes en la superficie de los tubérculos, primero ingresa

*Fusarium* por las heridas y posteriormente ingresa *Erwinia* a través del tejido infectado por *Fusarium*. Al final del periodo de almacenamiento, los tubérculos enfermos muestran síntomas de pudrición blanda, dando la impresión que la pudrición existente fuera causada solamente por *Erwinia*.

Las fusariosis son reconocidas por una superficie del tubérculo plegada de arrugas más o menos concéntricas alrededor del punto de infección y sobre las que se forman cojinetes fructíferos, los pionnotides (cuerpo fructífero de los hongos gelatinoso o viscoso) (Rousselle *et al.*, 1999).

Todas las enfermedades mencionadas, causan pudrición total o parcial de los tubérculos, mientras que el desarrollo de otras enfermedades como la costra plateada (*Helminthosporium solani*), afectan superficialmente y deterioran la calidad del producto porque forman concreciones o costras que pueden cubrir parcial o totalmente la superficie de todos los tubérculos almacenados (Johnson, 2007). En el campo, los síntomas se manifiestan a partir de la maduración en forma de manchas circulares de contorno irregular, distribuidas de manera aleatoria a la superficie del tubérculo. Estas manchas se extienden con la edad y toman un reflejo argentado. En efecto, las células del peridermo se levantan y encierran una capa delgada de aire que da el aspecto plateado característico (Rousselle *et al.*, 1999).

Si bien en el momento de la recolección la intensidad de la enfermedad es lo más frecuentemente débil, es durante el período de conservación cuando la enfermedad se recrudece mientras las condiciones de temperatura, de humedad y de aireación le sean favorables: las manchas aumentan en número y en tamaño. Entonces, el hongo

produce fructificaciones y las conidias producidas pueden ser el origen de nuevas contaminaciones. La pérdida de peso en los tubérculos es proporcional al grado de ataque, siendo los tubérculos más gravemente enfermos los que pierden más peso (Hofman, 2009; Rousselle *et al.*, 1999). Esto se puede explicar por la presencia de aire bajo la epidermis, lo que aceleraría la transpiración y engendraría marchitez y, como consecuencia, una pérdida de peso.

Durante la conservación, la mayor parte del almidón de las células del parénquima de un tubérculo contaminado por *H. solani* desaparece, verosímilmente para asegurar la suberización. Ello implicaría la conversión de almidón en azúcar que sería utilizado en la producción de ácidos grasos implicados en la formación del suber (El súber es un tejido muerto que protege a otros tejidos interiores de una planta de la desecación, daño mecánico, insectos y herbívoros.)

Otras enfermedades como el punteado negro (*Colletotricum spp.*) y Esclerotiniosis (*Sclerotinia sclerotiorum*) muestran ocasionalmente pudrición de tubérculos. Las conidias de *Verticillium* y los esclerocios de *Rhizoctonia* que pudieran estar presentes en los tubérculos almacenados no son considerados como patógenos que causan enfermedades en el almacén, pero son fuentes de infección para las nuevas plantas en el campo cuando se utilizan como semilla tubérculos contaminados con esas estructuras de estos patógenos.

La gangrena está provocada por *Phoma exigua var exigua* y por *Phoma exigua var foveata*. El primero es un parásito muy ampliamente distribuido, débilmente patógeno sobre una amplia serie de huéspedes; el segundo está sobre todo ligado a la patata, aunque también se ha

observado en otras especies. Las fusariosis son provocadas por muchas especies o variedades de *Fusarium* y vienen asociados frecuentemente a bacterias del género *Erwinia* (Davis *et al.*, 1983; Rousselle *et al.*, 1999).

La gangrena se caracteriza por una podredumbre en depresión denominada síntoma en “golpe pulgar”. Tanto en un caso como en el otro, la destrucción de los tejidos colonizados acaba de producir la formación de cavidades internas tapizadas de filamentos y de fructificaciones, en los que la masa de conidios está soportada por un estroma (trama o armazón de un tejido que sirve para sostener entre sus mallas los elementos celulares), cubierto por cortos conidióforos (en el caso de la fusariosis) o por picnidios (en el caso de la gangrena) (Rousselle *et al.*, 1999).

Estos parásitos tienen en común la particularidad de penetrar en el tubérculo por las heridas ocasionadas durante las operaciones de recolección y de calibrado (Giebel *et al.*, 2003; Rousselle *et al.*, 1999). La infección se produce como resultado de la diferencia entre la velocidad de penetración del parásito y la de cicatrización. De esta forma a pesar de un óptimo térmico de crecimiento elevado (20-23 °C), la infección de *Phoma* en los tejidos recientemente heridos solamente se produce entre 5-8 °C, temperaturas en las que la velocidad de cicatrización es muy lenta. La infección por *Fusarium solani var coeruleum* solo provoca síntomas entre 15 y 20 °C (Rousselle *et al.*, 1999; Theron *et al.*, 1990).

Además, la sintomatología depende más o menos de las condiciones de humedad durante la conservación.

La expresión de las podredumbres secas está estrechamente unida a la edad fisiológica de los tubérculos. Las heridas ocasionadas en las

simientes al final de la conservación son siempre perjudiciales que las de los tubérculos jóvenes (Rousselle *et al.*, 1999). Además las variedades de patata son más o menos sensibles a las podredumbres secas de acuerdo con las diferencias de sensibilidad a los choques o con el comportamiento intrínseco del tubérculo (Olsson, 1988; Rousselle *et al.*, 1999; Wastie *et al.*, 1989).

La incidencia de cualquiera de las enfermedades antes mencionadas será alta o baja dependiendo de las condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa) y de la presencia de uno u otro patógeno. En este sentido, en los almacenes con ambiente controlado, las pérdidas serán mínimas (menos del 5%); mientras que en los almacenes comunes las pérdidas por pudriciones pueden alcanzar hasta un 80 % (Torres, 2002).

#### **4. Métodos tradicionales de conservación de la patata durante el almacenamiento**

##### **4.1. Temperatura y Humedad Relativa**

La humedad relativa recomendada es del 90-95%, su control es importante para evitar una excesiva transpiración de la patata y el desarrollo de microorganismos.

La temperatura de conservación de las patatas destinadas al consumo en estado natural o a ser transformadas en purés, es el orden de 7-8 °C. Para el caso de las variedades destinadas a la utilización para patatas al “vapor”, ensaladas, etc., puede adoptarse una temperatura de 5-6 °C. Las temperaturas bajas permiten alargar la duración del



almacenamiento de las variedades cuya aptitud para la conservación es pequeña e incluso considerar la supresión del inhibidor químico de germinación. Sin embargo por debajo de 5-6 °C existe el riesgo de alteración del sabor debido a la excesiva acumulación de azúcares solubles (edulcorado).

Para el caso de las patatas para transformar en “chips” o “frituras”, la temperatura de conservación es el resultado de un compromiso entre un valor relativamente elevado (9-10 °C) que permita evitar el “edulcorado a baja temperatura” y un valor más bajo (5-6 °C) que limita las pérdidas de peso, la germinación y el “edulcorado de senescencia” (Tabla 5). Para las patatas de siembra, el objetivo principal es impedir la germinación y conservar su vigor germinativo lo que exige temperaturas de entre 2-4 °C.

**Tabla 5.** Temperaturas de conservación según el destino de la cosecha y la duración del almacenamiento

Productos	Duración de la conservación (meses)	
	2 - 6	6 - 10
Chips	8 - 10 °C	6,5 - 8 °C
Frituras	7-8 °C	6 - 7 °C

Fuente: Rousselle *et al*, 1999.

#### 4.2. Empleo de productos químicos

Una vez que se han completado, los tubérculos y algunas raíces entran en un período de “descanso” caracterizado por una actividad fisiológica muy reducida que no responde a las condiciones ambientales, es decir, no brotan aun en condiciones de humedad y temperatura óptimas.

Distintos estudios han demostrado que en este estado predominan los compuestos inhibidores de la germinación como el ácido absísico (ABA) sobre los promotores como las giberelinas, auxinas y otros (Soruce *et al.*, 2005; Soruce *et al.*, 1997; Suttle, 2004; Teper-Bamnlker *et al.*, 2010).

Este balance va cambiando con el tiempo de almacenamiento dando lugar a la “dormición”, estado en el cual brota o emite raíces si son expuestos a condiciones ambientales favorables. No existe una clara diferenciación entre un estadio y otro, sino más bien una lenta transición. A medida que transcurre el tiempo predominan los promotores de crecimiento y la germinación tiene lugar irremediable (López, 2003).

Desde el momento en que las temperaturas de conservación sean superiores a los 6 °C, se hace necesaria la aplicación de inhibidores de brotación durante dos meses o más.

Una herramienta común en el manejo y almacenamiento de los tubérculos de patata es la aplicación del producto químico N-(3-clorfenilo) carbamato de isopropilo o clorprofam (CIPC), en algunos países usualmente se disuelve en solventes como el metanol y el diclorometano.

El producto químico es un herbicida y a la vez un regulador de crecimiento en algunas plantas, es usado en el almacenamiento de patatas como un inhibidor de la germinación para prolongar el período de almacenamiento, actúa impidiendo la división celular en la punta de los brotes, previniendo así el crecimiento.

El CIPC actúa en la formación de la peridermis de la patata, por lo que debe aplicarse una vez que el proceso de curado ha finalizado (López,

2003; Mehta *et al.*, 1998; Mehta *et al.*, 2010; Noël *et al.*, 2004; Noël *et al.*, 2002; Pringle *et al.*, 2009; Rousselle *et al.*, 1999).

En países como Bélgica existen tres formulaciones registradas para este producto: polvos secos, concentrado emulsionable y concentrado para aplicar por nebulización y las dosis normalmente utilizadas del producto son de 40 y 60 ml por tonelada. Su uso está permitido en el almacenamiento de patatas en un gran número de países como Estados Unidos, Canadá, así como en países de la Comunidad Europea entre otros (Mahajan *et al.*, 2008; Mehta *et al.*, 2006; Noël *et al.*, 2004; Noël *et al.*, 2002).

En Francia están autorizadas dos materias activas: el N-fenilcarbamato de isopropilo o profam (IPC) y el N-(3-clorfenilo) carbamato de isopropilo o clorprofam (CIPC). Se aplican después de la recolección por espolvoreo o durante la conservación por termonebulización (Rousselle *et al.*, 1999).

La aplicación de estos productos por espolvoreo tienen el inconveniente en la imposibilidad de fraccionar las aplicaciones para ajustar mejor la dosis de producto en función de la fecha real de comercialización. Por ello existe el riesgo de sobredosis y un nivel alto de residuos si aquella fecha se adelanta y un riesgo de subdosis y de germinación si se retrasa.

En la industrial, la aplicación se realiza por termonebulización con formulaciones líquidas tanto de IPC como CIPC. Para ello se coloca un generador en el exterior del local y se inyecta el producto pulverizado en forma de niebla en el circuito de ventilación, funcionando en circuito de aire interior. El local debe permanecer cerrado y no ventilado durante las 48 horas siguientes al tratamiento para asegurar una buena adsorción del producto sobre los tubérculos. Este método permite

fraccionar las dosis de las aplicaciones a utilizar. En la práctica, se aumenta en un 50% las dosis en cada tratamiento para tener en cuenta las inevitables pérdidas (adsorción en las paredes) (Rousselle *et al.*, 1999).

En los últimos años el límite de residuos máximos permitidos está siendo evaluado y limitado cada vez más, esto es debido a los problemas en mercados de exportación y la gran variabilidad en los niveles de residualidad del CIPC que causan un alto riesgo en la salud del consumidor (Nöel *et al.*, 2004).

Las altas dosis aplicadas y la heterogeneidad debido a una mala distribución del producto en el almacenamiento de patatas, ocasionan que algunos tubérculos reciban dosis más altas de lo necesario y por lo tanto que dichos tubérculos estén susceptibles a exceder el límite máximo de residuos permitido (Nöel *et al.*, 2004). Por esto y por la presión del mercado a utilizar cada vez más productos naturales, amigables con el ambiente e inocuos para el consumidor se hace de suma importancia buscar alternativas naturales como sustitutos al empleo del CIPC en almacenamiento de patata.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA), en el Acta de Protección de la Calidad de los Alimentos (FQPA) de 1996, dio como resultado la reducción de 50 ppm a 30 ppm de residuos de CIPC, permisible en la patata fresca para consumo en los Estados Unidos (EPA, 2012). Este mandato coincide con las reducciones de tolerancia o de restricciones para el uso de CIPC en otras partes del mundo. Recientemente, la Unión Europea también ha disminuido el nivel de residuos de CIPC permitido en patatas a 10 ppm (EC, 2008). Otras regiones productoras de patata

como Canadá y Australia también han revisado los límites permitidos en el uso de este producto (Kleinkopf *et al.*, 2003).

En los últimos años se están estudiando posibles alternativas al uso del CIPC en almacenamiento y se ha descubierto gran efectividad como antigerminantes de algunos compuestos volátiles presentes en los aceites esenciales (AEs).

## **5. Empleo de aceites esenciales en la industria agroalimentaria**

En la actualidad se están probando diferentes productos de origen natural no comerciales, como sustitutos al CIPC, y los esfuerzos van enfocados a que las alternativas cumplan con ciertas propiedades como:

- Ser efectivo en la supresión de brotes a bajas dosis.
- Su efecto en la calidad de la patata debe ser mínimo.
- Que tenga baja toxicidad y no provoque problemas de residuos que puedan ser dañinos para el ser humano
- Que se sostenible con el ambiente y de fácil degradación (Vaughn *et al.*, 1991).

Dentro de los productos comúnmente estudiados se encuentran los monoterpenos volátiles, aldehídos aromáticos y alcoholes. Varios monoterpenos volátiles que se encuentran entre los principales constituyentes de diversos aceites esenciales (AEs) fácilmente obtenibles, han demostrado a través de algunos experimentos que son fitotóxicos en estado gaseoso a los brotes del tubérculo de patata (Kleinkopf *et al.*, 2003; Mehta *et al.*, 2006; Mehta *et al.*, 1998).

### **5.1. Historia del uso de aceites esenciales**

Desde la antigüedad se han utilizado los aceites esenciales, especias, extractos y resinas con diversos propósitos. El potencial antiséptico y cosmético de las resinas que se encuentran presentes en los aceites esenciales fue descubierto por los egipcios, los cuales preparaban fragancias tanto para su uso personal como para las ceremonias y rituales. La mayoría de los aceites esenciales que disponemos hoy en día son conocidos desde los siglos XVI y XVII.

Los aceites esenciales eran la base de numerosos remedios antiguos utilizados tradicionalmente durante años que fueron sustituidos poco a poco con la llegada de la medicina moderna. Su producción se industrializó a partir del siglo XIX, generalizándose su utilización por su intenso aroma y flavor. A principios del siglo XX el Dr. René-Maurice Gattefossé, químico cosmetólogo francés, investigó el efecto curativo de éstos destacando su valor como antimicrobianos.

A partir de este momento resurge el interés por investigar más profundamente las propiedades de los aceites esenciales en distintos campos como la medicina, la industria alimentaria, productos de cosmética y limpieza, etc.

Diversos estudios afirman que poseen propiedades antifúngicas, antivirales, antioxidantes e incluso insecticidas. Actualmente su uso extendido en la industria alimentaria es como saborizantes para alimentos y en otros campos como la aromaterapia, la elaboración de diversos perfumes y fármacos (Ortuño, 2006)

## 5.2. Definición y generalidades

Los aceites esenciales se encuentran extensamente distribuidos en una gran mayoría de plantas vegetales y son encontrados en altas concentraciones en ciertas plantas. Los monoterpenos son los principales compuestos volátiles de los aceites esenciales e históricamente están siendo usados en alimentos, perfumes y la industria farmacéutica debido a sus propiedades culinarias, fragancia y propiedades antibacterianas y antifúngicas (Oumzil *et al.*, 2002)

Las plantas pueden producir aceites esenciales para muchos y diversos fines; como lo son el protegerse de plagas, enfermedades e inclusive la invasión de otras plantas. Estas cualidades de protección y atracción, se ven reflejadas en propiedades: antisépticas, antiinflamatorias, antidepresivas, afrodisiacas y otras, presentes en mayor o menor grado en la totalidad de los aceites (Smith-Palmer *et al.*, 1998).

Se obtienen a partir de hojas, flores, bulbos, rizomas y frutos. Existe controversia acerca de los factores que afectan su composición y por lo tanto a la calidad de los aceites esenciales. La composición de los aceites esenciales depende de del origen, la especie, parte de la planta, condiciones climáticas y de crecimiento (temperatura, fertilizantes, tierra de cultivo, etc) así como de la destilación y condiciones de almacenamiento.

Algunos autores señalan que la variabilidad de la composición es debida, sobre todo, al origen del material más que a la influencia del medio ambiente. Otros autores otorgan un papel más preponderante al

medio ambiente, sobre todo en lo referente a la densidad de siembra de la planta, estación del año de la cosecha, la irrigación, e incluso a la cantidad de luz natural o artificial usada en el cultivo en invernadero. Normalmente, los aceites que poseen mayor capacidad antimicrobiana son los producidos a partir de plantas almacenadas durante la floración o inmediatamente después (Delaquis *et al.*, 2002).

Los aceites esenciales son mezclas de varias sustancias químicas sintetizadas por las plantas que dan el aroma característico a algunas flores, árboles, semillas y a ciertos extractos de origen animal. Son mezclas complejas de hasta 100 componentes, entre ellos: terpenoides, fenoles aromáticos, éteres, ésteres, aldehídos y cetonas que determinan el aroma característico de la planta donante (Batish *et al.*, 2008).

Son sustancias muy hidrofóbicas ya que son mezclas de lípidos o grasas de bajo peso molecular, con excepción de los nitrogenados y/o azufrados. Generalmente son menos densos que el agua, son fracciones líquidas volátiles y confieren las notas características de sabor y aroma de la fuente vegetal o cultivo celular de donde provienen. Los aceites esenciales son metabolitos secundarios de las plantas por lo que un metabolismo más activo puede asociarse con una mayor producción de aceites, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas. (Batish *et al.*, 2008; Oumzil *et al.*, 2002). Los compuestos más frecuentes se derivan del ácido mevalónico y se les clasifica en monoterpenoides y sesquiterpenoides (Oumzil *et al.*, 2002).

Los componentes mayoritarios de los aceites esenciales pueden constituir hasta el 85% del aceite y el resto de los compuestos se encuentra en pequeñas cantidades o trazas. Los aceites esenciales que



poseen alta actividad antimicrobiana son aquellos ricos en terpenos y compuestos fenólicos; algunas hierbas o especias con estas propiedades incluyen a la pimienta, albahaca, laurel, clavo, canela, cúrcuma, eucalipto, orégano entre otros.

Se caracterizan por ser interesantemente aromáticos y volátiles. El término “esencial” fue adaptado de la teoría de “quinta essentia” propuesto por Paracelso, quien pensaba que ésta era el elemento efectivo en una preparación médica. Son muy solubles en cloroformo y en aceites fijos no volátiles como el aceite de oliva, poco solubles en etanol e insolubles en agua (Teuscher *et al.*, 2005)

Los métodos convencionales utilizados para la extracción de aceites esenciales son la destilación con arrastre por vapor y el uso de solventes orgánicos. Una vez obtenidos los aceites, deben guardarse en recipientes herméticos ya que son compuestos volátiles. Se almacenan en oscuridad para que no se produzcan cambios en su composición (Burt, 2004). El análisis que se lleva a cabo para identificar los componentes mayoritarios y para determinar los porcentajes relativos de los mismos en la fracción volátil se realiza mediante técnicas cromatográficas.

Existe una tendencia a seleccionar formulaciones basadas en compuestos naturales con el fin de satisfacer las demandas de los consumidores de alimentos saludables y libres de aditivos químicos (Devlieghere *et al.*, 2004).

### **5.3. Aspectos legales y seguridad del uso de aceites esenciales**

La mayoría de los aceites esenciales empleados en alimentación o en medicina carecen de toxicidad y se toleran bien a las dosis terapéuticas usuales. Algunos presentan contraindicaciones y otros son tóxicos. Como consecuencia de su elevada actividad, los aceites esenciales se emplearán siempre con prudencia.

Un número importante de componentes de aceites esenciales han sido registrados por la Comisión Europea para uso de saborizantes de alimentos. La lista de condimentos de la Unión Europea aparece en la lista de “Everything Added to Food in the US (EAFUS) (<http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/FoodAdditives/FoodAdditiveListings/ucm091048.htm>).

La FDA ha clasificado las sustancias como seguras o aprobadas como aditivos alimentarios (GRAS). El estragol por ejemplo está prohibido como condimento en la Unión Europea pero no está prohibido su uso en Estados Unidos. En el caso de que el aceite esencial vaya a ser añadido a los alimentos para un objetivo diferente a la condimentación, estos compuestos deberán ser tratados como nuevos aditivos alimenticios. La aprobación como un aditivo alimenticio probablemente implicaría estudios metabólicos, el coste de los cuales pueden ser prohibitivos. En algunos países es más factible usar la hierba o la especia que los aceites esenciales.

Los productos aromatizantes a usar en alimentos deben estar registrados ante la Comisión Europea para uso de aromatizantes en alimentos y su registro indica que no tiene ningún riesgo para la salud

por su consumo. Entre los aromatizantes aprobados para utilizar en alimentos se encuentran entre otros, el carvacrol, carvona, cinnamaldehído, citral,  $\rho$ -cymene, eugenol, limoneno, mentol y timol (Burt, 2004).

Batish *et al.* (2008) indica que el eucalipto se encuentra en la lista del GRAS y aprobado a su vez por la comisión europea para su uso en cantidades no mayores a 5 mg/kg en dulces y su utilización en otros productos en dosis de 15 mg/kg.

A pesar de que algunos componentes de los aceites esenciales están aprobados como saborizantes, algunos estudios indican irritación y toxicidad. El cinamaldehído, carvacrol, carvona (alcaravea) y timol no tienen efectos in vivo, sin embargo in vitro exhiben un moderado efecto tóxico (Burt, 2004).

Debido a la extensa utilización de los AEs para muchos propósitos dentro de la industria agroalimentaria, en la Tabla 6 se muestra una recopilación bibliográfica de los principales aceites esenciales utilizados, así como y sus compuestos mayoritarios.

Tabla 6 Principales AEs utilizados en la industria agroalimentaria.

Nombre común	Nombre Botánico	Principales compuestos	Referencia
<b>Acroptilon</b>	<i>Rusian knapwed</i>	$\alpha$ -copaene, $\beta$ -caryophyllene	(Zaker <i>et al.</i> , 2010)
<b>Aegle Marmelos</b>	<i>Aegle marmelos</i>	Myrcene	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
<b>Ajedrea o Isopillo</b>	<i>Satureja thymbra</i> <i>Satureja Hortensis L</i>	Timol, carvacrol	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011; Vokou <i>et al.</i> , 1993)
<b>Ajmod</b>	<i>Seseli indicum</i>	Limoneno	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
<b>Ajo</b>	<i>Allium sativum</i>	Alicina	(Bång, 2007; Barrera <i>et al.</i> , 2008)
<b>Ajowan</b>	<i>Carum capticum</i>	Eugenol	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
<b>Álamo</b>	<i>Populus balsamifera</i>		(Bång, 2007)
<b>Albahaca</b>	<i>Ocimum basilicum</i> <i>Ocimum americanums</i>	Methyl chavicol, linalol, eugenol	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011; Bång, 2007; Edris <i>et al.</i> , 2003; Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997; Soliman <i>et al.</i> , 2002)
<b>Alcaravea</b>	<i>Carum carvi</i>	Limoneno, carvona	(Bång, 2007; Mittal <i>et al.</i> , 2001; Soliman <i>et al.</i> , 2002)
<b>Anis</b>	<i>Pimpinella anisum L</i>	-	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
<b>Árbol del Paraíso</b>	<i>Melia azedarach</i>	-	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
<b>Artemisa</b>	<i>Artemisia nilagirica</i> <i>Artemisa judaica</i>	Trans-Ethyl cinnamato, piperitone	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002; Lang <i>et al.</i> , 2012)
<b>Botonera</b>	<i>Asteriscus graveolens</i>	6-oxocyclonerolidol, 6-hydroxycyclonerolidol	(Znini <i>et al.</i> , 2011)
<b>Calistemo</b>	<i>Calistamon lanceolatu</i>	1,8- cineol; $\alpha$ -pineno	(Mittal <i>et al.</i> , 2001; Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
<b>Calocedrus</b>	<i>Calocedrus macrolepis</i>	$\alpha$ - pineno, limoneno	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
<b>Canela</b>	<i>Cinnamomum zeylandicum</i>	Tras-cinnamaldehydo	(Barrera <i>et al.</i> , 2008; Burt, 2004; Soliman <i>et al.</i> , 2002)
<b>Cardamono</b>	<i>Elettaria cardamomum</i>	1,8-cineol	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
<b>Casiaia</b>	<i>Cinnamomum aromaticum</i>	-	(Wu <i>et al.</i> , 2007)
<b>Cedro Deodar de la India</b>	<i>Cedrus deodar</i>	-	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
<b>Cilantro</b>	<i>Coriandrum Sativum</i>	Linalol	(Burt, 2004; Delaquis <i>et al.</i> , 2002; Lang <i>et al.</i> , 2012; G. Singh <i>et al.</i> , 2006)

...continuación tabla 6. Principales AEs utilizados en la industria agroalimentaria

Nombre común	Nombre Botánico	Principales compuestos	Referencia
<b>Clavelón</b>	<i>Tagetes Mexicana</i> <i>Tagetes Rosola</i>		(Bång, 2007)
<b>Clavo</b>	<i>Syzygium aromaticum</i>	Eugenol	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)
<b>Cúrcuma</b>	<i>Cúrcuma longa</i>	-	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
<b>Datura chamico</b>	<i>Datura stramonium</i>	-	(Zaker <i>et al.</i> , 2010)
<b>Eneldo</b>	<i>Anethum graveolens</i>	Limoneno, carvona	(Bång, 2007; Mittal <i>et al.</i> , 2001)
<b>Epazote</b>	<i>Chenopodium ambrosioides</i> , <i>Teloxys ambrosioides</i>	Limoneno, mycrene, pineno	β- (Barrera <i>et al.</i> , 2008; Marangon Jardim <i>et al.</i> , 2008)
<b>Eucalipto</b>	<i>Eucalyptus delgupta</i> <i>Eucalyptus camaldulensis</i> <i>Eucalyptus tereticornis</i>	α-Pineno, 1,8-cineol	cineol, (Kaur <i>et al.</i> , 2011; Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997; Wu <i>et al.</i> , 2007; Zaker <i>et al.</i> , 2010)
<b>Hierba de San Guillermo</b>	<i>Agrimonia eupatoria</i>	-	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
<b>Hierbabuena</b>	<i>Mentha spicata</i>	Carvona, dihydrocarvona	(Bång, 2007; Eshel <i>et al.</i> , 2009; Mehta <i>et al.</i> , 2002; Mittal <i>et al.</i> , 2001; Plooy <i>et al.</i> , 2009; Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997; Soliman <i>et al.</i> , 2002; Teper-Bamnolker <i>et al.</i> , 2010; Vokou <i>et al.</i> , 1993)
<b>Hinojo</b>	<i>Foeniculum vulgare</i>	-	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011; Lang <i>et al.</i> , 2012)
<b>Jengibre</b>	<i>Zinger officinale</i>	d-limoneno, linalol	(G. Singh <i>et al.</i> , 2005)
<b>Lavanda fina</b>	<i>Lavandula angustifolia</i>	Linalol, linalyl acetato, terpin-4-ol	(Vokou <i>et al.</i> , 1993; Zaker <i>et al.</i> , 2010)
<b>Lima, Limón mexicano</b>	<i>Citrus aurantifolia</i>	-	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)
<b>Lippia</b>	<i>Lippia scaberrina</i>	Estragol, carvacrol, limoneno, linalol	(Plooy <i>et al.</i> , 2009)
<b>Mandarina</b>	<i>Citrus reticulata</i>	γ-terpinene	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
<b>Manzanilla</b>	<i>Matricaria chamomillal</i>	-	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)

## SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

...continuación tabla 6. Principales AEs utilizados en la industria agroalimentaria

Nombre común	Nombre Botánico	Principales compuestos	Referencia
<b>Margarita</b>	<i>Calendula officinalis</i>	-	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
<b>Menta Arvensis</b>	<i>Mentha arvensis</i>	Mentol, Mentona	(Mittal <i>et al.</i> , 2001)
<b>Menta bergamota</b>	<i>Mentha citrata</i>	Carvona	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
<b>Menta Piperita</b>	<i>Mentha piperita</i>	Mentol y mentona	(Bång, 2007; Edris <i>et al.</i> , 2003; Mehta <i>et al.</i> , 2002; Mittal <i>et al.</i> , 2001; Moreira Freire <i>et al.</i> , 2012; Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997; Zaker <i>et al.</i> , 2010)
<b>Menta Poleo</b>	<i>Mentha pulegium</i>	Pulegona y Mentona	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
<b>Milhojas</b>	<i>Achillea millefolium</i>	$\alpha$ -pineno, limoneno, cineol	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
<b>Naranja</b>	<i>Citrus sinensis</i>	Limoneno	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
<b>Naranja Agria</b>	<i>Citrus aurantium</i>	Limoneno	(Barrera <i>et al.</i> , 2008; Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
<b>Neem</b>	<i>Azadirachta indica</i>	-	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
<b>Nogal</b>	<i>Juglans regia</i>	-	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
<b>Nuez moscada</b>	<i>Myristica</i>	-	(Wu <i>et al.</i> , 2007)
<b>Oregano</b>	<i>Origanum: dictamnus microphyllum onites Hirtum</i>	Carvacrol y timol	(Lang <i>et al.</i> , 2012; Vokou <i>et al.</i> , 1993)
<b>Pino</b>	<i>Pinus roxburghii</i>	-	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
<b>Romero</b>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,8-cineol, alcanfor, $\alpha$ -terpineol, $p$ -Cymene, linalol	(Lang <i>et al.</i> , 2012; Vokou <i>et al.</i> , 1993)
<b>Ruda</b>	<i>Ruta chalepensis</i>	-	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)
<b>Salvia</b>	<i>Salvia: fruticosa rosifolia sm</i>	1,8- cineol, alcanfor, $\alpha$ -terpineol,	(Lang <i>et al.</i> , 2012; Vokou <i>et al.</i> , 1993; Wu <i>et al.</i> , 2007)
<b>Santolina</b>	<i>Achillea fragrantissima</i>	-	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
<b>Secuoya</b>	<i>Sequoia sempervirens</i>	-	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
<b>Spirea</b>	Spiraeae Alpina	Linalol	(Teng <i>et al.</i> , 2010)
<b>Tomillo Tomillo cabezudo</b>	<i>Thymus vulgaris L Coridothymus capitatus</i>	Carvacrol	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011; Bång, 2007; Soliman <i>et al.</i> , 2002; Vokou <i>et al.</i> , 1993; Wu <i>et al.</i> , 2007)

#### **5.4. Aceites esenciales como antigerminantes**

Por muchos años, los Incas en Suramérica y sus descendientes han enterrado en fosas los tubérculos, cubriéndolos con diferentes capas de tierra y de hojas de varias plantas, (principalmente de *Muña* en la región de los Andes) pertenecientes al género *Minthostachys* y *Satureja* (Vaughn *et al.*, 1991). Estos tratamientos prevenían la germinación, la excesiva pérdida de peso y servían también como repelentes de insectos. La planta de *Muña* es miembro de la familia de las *Laminaceas* y contiene cantidades importantes de aceites esenciales compuestos en un 98% por monoterpenos.

Vaughn *et al.* (1991) llevaron a cabo análisis con los monoterpenos más tóxicos a los brotes de patata utilizando un sistema de flujo continuo en el cual los compuestos fueron liberados como gases en el espacio superior que rodeaba los tubérculos cv Norchip. Varios de estos compuestos, que poseen bajas toxicidades para los mamíferos y son utilizados en la actualidad en grandes cantidades como condimentos, medicinas de venta libre y perfumes, inhibieron eficientemente la germinación y el crecimiento de hongos a concentraciones molares relativamente bajas.

Este tratamiento también fue realizado con aplicación directa de componentes puros y emulsiones sobre el tubérculo, sin embargo estos experimentos demostraran problemas de podredumbre y presencia de patógenos importantes en el tubérculo (Vaughn *et al.*, 1993).

Otras investigaciones se han desarrollado en este tema, Coleman *et al.* (2001) investigó acerca de los efectos del vapor de mentón y neomenton en comparación con S-(+)-carvona para medir la eficacia de supresión de brotes así como su eficiencia en los niveles de azúcares solubles, respiración y procesamiento de calidad durante temperaturas altas y bajas de almacenamiento en diferentes cultivares (AC Novachip, Russet Burbank, Shepody and Snowden).

Comercialmente se han elaborado algunos productos a base de monoterpenos, tal es el caso del producto TALENT™ cuyo ingrediente activo es el monoterpeno S-Carvona extraído de aceite de alcaravea, su uso se ha generalizó en países como Holanda y Suiza.

En Estados Unidos existe otro producto comercial denominado Biox-A™ en el que el principal ingrediente activo es el monoterpeno eugenol purificado y extraído del aceite de clavo de olor. Su uso, que demuestra importantes resultados, está aprobado por Instituto de Investigaciones en materiales orgánicos para su uso en varios estados de los Estados Unidos (Kleinkopf *et al.*, 2003).

Los aceites esenciales o sus componentes y materiales con base de peróxido de hidrógeno, deterioran físicamente los brotes en desarrollo y suprimen su alargamiento. Sin embargo, para su eficacia pueden ser necesarias repetidas o continuas aplicaciones de estos compuestos

Otros investigadores concluyen que aceites esenciales que contienen menthol (menta), 1,8-Cineol (eucalipto), eugenol (clavo), linalol (cilantro), carvona (alcaravea), methyl cavicol como mayores compuestos son potenciales inhibidores de la germinación y podrían ser explotados



comercialmente (Batish *et al.*, 2008; Coleman *et al.*, 2001; Costa E Silva *et al.*, 2007; Mehta *et al.*, 2002; Mittal *et al.*, 2001; Oosterhaven *et al.*, 1995; Gurdip. Singh *et al.*, 1997; Teper-Bamnolker *et al.*, 2010).

Varias hormonas de crecimiento presente en los tubérculos de patata son los responsables de la germinación y el crecimiento de las plántulas. Entre ellas las giberelinas se considera que pueden interrumpir la latencia en los tubérculos. Sin embargo también existen otras hormonas antagonistas a la giberelinas y que pueden inducir la dormancia, una de las más importantes es ácido absícico (ABA).

Parece que monoterpenoides oxigenados actúan de la misma manera que el ABA en los tubérculos de patata (Gurdip. Singh *et al.*, 1997). Oosterhaven *et al* (1993) reportó en sus investigaciones que el S-carvona probablemente reduce la actividad de 3-hidroxy-3-methyl glutoryl co-enzima A reductasa.

Trabajos realizados por Suttle (2004) y Sorce *et al.* (2005) concluyen que tanto el ABA como el etileno son requeridos para la inducción de la latencia, pero solo el ABA es necesario para mantener la latencia de la yema. Un incremento en la sensibilidad a la citoquinina y su contenido, parecen ser los factores principales que conducen a la pérdida de la latencia (Suttle, 2004).

La evidencia experimental en la actuación y el papel de las hormonas de crecimiento en la germinación de la patata es contradictoria. La auxina ácido indolacético (IAA) parece inducir la germinación, ya que su concentración aumenta en los brotes del tubérculo durante

la liberación de la latencia. Resultados contrastantes se obtuvieron para la auxina ácido absícico (ABA).

Se demostró que su concentración en los tejidos del brote se eleva en tubérculos en estado latente hasta que llegue el momento de la germinación. Basado en la evidencia reciente, un papel decisivo en el control de latencia del tubérculo podría ser atribuido a las hormonas que inducen a germinar, como IAA, a pesar de las hipótesis clásicas que atribuyen mayor importancia al equilibrio entre promotores de la germinación y los reguladores que inhiben esta germinación (Soruce *et al.*, 2005).

Teper-Bamnlker *et al.* (2010) encontró que la aplicación de aceite esencial de menta causa necrosis local en el meristema del brote, y unas semanas más tarde, existe crecimiento de yemas axilares en el mismo brote anteriormente necrosado. R-carvona causa daños visibles en la membrana de los meristemas de los brotes inhibiendo la germinación.

Como parte de esta revisión bibliográfica, en la Tabla 7 y Tabla 8 se muestran los principales compuestos volátiles y aceites esenciales utilizados como antigeminantes por diversos autores.

**Tabla 7** Uso de compuestos volátiles como antigerminantes

Volátiles	Cultivares	Notas sobre diseño experimental	Referencia
1,4 cineol;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
1,8 cineol;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
	<i>n.d.</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
2-Methyl Ciclohexenon	<i>Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250µl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
3-Methyl Ciclohexenon	<i>Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250µl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
α-Pehellandrene;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
α-Pinene;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
α-Terpineol;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
Ácido benzoico	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Anethol	<i>n.d.</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Benzaldehydo	<i>Cv Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L t = 1 y 10 días T <sup>a</sup> 25°C t= 14 días T <sup>a</sup> 25°C	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Alcanfor;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
Carvenone	<i>Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250µl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
R- Carvona	<i>Bellini, Mondial, Désirée, Karlena, Eos, Nicola, Rodeo, Winston</i>	T= 8°C, t = 180 días aplicaciones mensuales dosis 30ml t <sup>-1</sup> en almacén y ensayos a (05-9µl l <sup>-1</sup> aire)	(Teper-Bamnlker <i>et al.</i> , 2010)
	<i>Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250µl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
S-(+)- Carvona	<i>Novachip, Russet Burbank, Shepody, Snowden.</i>	t =14 días, T <sup>a</sup> 25°C, T <sup>a</sup> 10°C, t= 60 días Dosis 5µl/l	(Coleman <i>et al.</i> , 2001)

## SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

...Continuación de Tabla 7. Uso de compuesto volátiles como antigerminantes

Volátiles	Cultivares	Notas sobre diseño experimental	Referencia
S-(+)- Carvona	<i>Monalisa</i>	t= 180 días, T <sup>a</sup> 23°C Dosis, 1.43, 7.15 y 14.31 mmol* mol <sup>-1</sup> .	(Sorce <i>et al.</i> , 2005; Sorce <i>et al.</i> , 1997)
		t= 180 días, T <sup>a</sup> = 10°C Dosis: 6ml, 25g (con β-Cyclodextrina).	(Costa E Silva <i>et al.</i> , 2007)
	<i>Agria</i>	t= 420 días, T <sup>a</sup> =10°C Dosis: 46.2 ml, 200.2 g (con β-Cyclodextrina) cada 15 días	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1993; Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
	<i>Bintje</i>	t= 8 días, T <sup>a</sup> 18°C Dosis 125μl  t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250μl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
Cinnamaldehydo	<i>Cv Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L t = 1 y 10 días T <sup>a</sup> 25°C, t= 14 días T <sup>a</sup> 25°C	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Cinnamyl Alcohol	<i>Cv Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Cuminaldehydo	<i>Cv Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
	<i>Bintje</i>	t = 1 y 10 días T <sup>a</sup> 25°C t= 14 días T <sup>a</sup> 25°C  t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250μl	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)  (K. Oosterhaven, Poolman, & Smid, 1995)
Dihydrocarveol	<i>Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250μl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
Dihydrocarvona	<i>Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250μl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
Dihydrocarvylacetato	<i>Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250μl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
Dyphenylamina	<i>Kufri</i> <i>Chandramukhi</i>	t= 80 días T <sup>a</sup> 17-30°C Dosis 1500-2500 mg/kg	(Mehta, 2004)
Ethyl cinnamate	<i>Cv Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Eugenol	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)

...Continuación de Tabla 7. Uso de compuesto volátiles como antigerminantes

Volátiles	Cultivares	Notas sobre diseño experimental	Referencia
Hydrociannamaldehydo	<i>Cv Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L  t = 1 y 10 días T <sup>a</sup> 25°C, t= 14 días T <sup>a</sup> 25°C	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Isoeugenol	<i>Cv Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Limono;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
S-(limoneno) R- (limoneno)	<i>Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250µl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
Linalol;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
	<i>Kufri Ashoka</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> 22-30°C, Dosis 0.75-1.5ml/kg	(Mittal <i>et al.</i> , 2001)
Mentol;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
	<i>Novachip, Russet Burbank, Shepody, Snowden</i>	t =14 días, T <sup>a</sup> 25°C, T <sup>o</sup> 10°C, t= 60 días Dosis 5µl/l	(Coleman <i>et al.</i> , 2001)
	<i>Kufri Chandramukhi Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250µl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
Methylchavicol	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Methylcinnamate	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Methylacetato	<i>Bintje</i>	t= 5-7 días, T <sup>a</sup> 15°C Dosis 250µl	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
Neomentol	<i>Novachip, Russet Burbank, Shepody, Snowden</i>	t =14 días, T <sup>a</sup> 25°C, T <sup>a</sup> 10°C, t= 60 días Dosis 5µl/l	(Coleman <i>et al.</i> , 2001)

...Continuación de Tabla 7. Uso de compuesto volátiles como antigerminantes

Volátiles	Cultivares	Notas sobre diseño experimental	Referencia
Oxido de limoneno;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
Phenol	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Pulegona	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
Salicylaldehydo	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L  t = 1 y 10 días T <sup>a</sup> 25°C t= 14 días T <sup>a</sup> 25°C	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
terpin-4—ol;	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1991)
Timol	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L  t = 1 y 10 días T <sup>a</sup> 25°C t= 14 días T <sup>a</sup> 25°C	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)
Vanillin	<i>Norchip</i>	t= 7 días, T <sup>a</sup> = 25°C Dosis: 1 ml en 9,2 L	(Vaughn <i>et al.</i> , 1993)

**Tabla 8** Uso de aceites esenciales como antigerminantes

AEs	Cultivares	Notas sobre diseño experimental	Referencia
Aegle Marmelos	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Ajedrea o Isopillo	<i>Spunta</i>	t= 150 días, T <sup>a</sup> = 14-23.8 °C . Dosis 25, 125, 250 ppm.	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
Ajmod	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Ajowan	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Albahaca	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Alcaravea	<i>Kufri Ashoka</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> 22-30 °C, Dosis 0.75-1.5ml/kg	(Mittal <i>et al.</i> , 2001)
Árbol del Paraíso	<i>n.d</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.5 ml/ Vial de 120 cm <sup>2</sup>	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
Artemisa	<i>n.d</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.5 ml	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)

...continuación de Tabla 8. Uso de aceites esenciales como antigerminantes

AEs	Cultivares	Notas sobre diseño experimental	Referencia
Calistemo	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
	<i>Kufri Ashoka</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> 22-30 °C, Dosis 0.75-1.5ml/kg	(Mittal <i>et al.</i> , 2001)
Cardamomo	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Cedro Deodar o Cedro de la India	<i>n.d</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.5 ml/ Vial de 120 cm <sup>2</sup>	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
Cúrcuma	<i>n.d</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.5 ml/ Vial de 120 cm <sup>2</sup>	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
Eneldo	<i>Kufri Ashoka</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> 22-30 °C, Dosis 0.75-1.5ml/kg	(Mittal <i>et al.</i> , 2001)
Eucalipto	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Hierbabuena	<i>Bellini, Mondial, Désirée, Karlena</i>	T= 8 °C, t = 180 días aplicaciones mensuales dosis 30ml t <sup>-1</sup> en almacén y ensayos a (05-9µl l <sup>-1</sup> air)	(Teper-Bamnolker <i>et al.</i> , 2010)
		t= 270 días, T <sup>a</sup> 8 °C Dosis: inicio del tratamiento 100ml/t, mensualmente 30ml/t	(Eshel <i>et al.</i> , 2009)
	<i>Eos, Nicola, Rodeo, Winston</i>	t = 180 días, T= 8 °C, aplicaciones mensuales dosis 30ml t <sup>-1</sup> en almacén y ensayos a (05-9µl l <sup>-1</sup> air)	(Teper-Bamnolker <i>et al.</i> , 2010)
	<i>Kufri Ashoka</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> 22-30 °C, Dosis 0.75-1.5ml/kg	(Mittal <i>et al.</i> , 2001)
	<i>Spunta</i>	t= 150 días, T <sup>a</sup> 14-23.8 °C. Dosis 25, 125, 250 ppm.	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
	<i>nd</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Jengibre	<i>n.d</i>	t= 70 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml	(G. Singh <i>et al.</i> , 2005)
Lavanda fina	<i>Spunta</i>	t= 150 días, T <sup>a</sup> 14-23.8 °C. Dosis 25, 125, 250 ppm.	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
Mandarina	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Menta	<i>Kufri</i>	t= 100 días T <sup>a</sup> = 17-30 °C,	(Mehta <i>et al.</i> ,

...continuación de Tabla 8. Uso de aceites esenciales como antigerminantes

AEs	Cultivares	Notas sobre diseño experimental	Referencia
	<i>Chandramukhi</i>	Dosis 1 ml-1g/4 l	2002)
Menta arvensis	<i>Kufri Ashoka</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> 22-30 °C, Dosis 0.75-1.5ml/kg	(Mittal <i>et al.</i> , 2001)
Menta bergamota	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Menta piperita	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
	<i>Kufri Ashoka</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> 22-30 °C, Dosis 0.75-1.5ml/kg	(Mittal <i>et al.</i> , 2001)
Menta Poleo	<i>Spunta</i>	t= 150 días, T <sup>a</sup> 14-23.8 °C. Dosis 25, 125, 250 ppm.	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
Naranja	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Naranja Agria	<i>n.d</i>	t = 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.1 ml/vial de 12x6 cm <sup>2</sup>	(Gurdip. Singh <i>et al.</i> , 1997)
Neem	<i>n.d</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.5 ml/ Vial de 120 cm <sup>2</sup>	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
Nogal	<i>n.d</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.5 ml/ Vial de 120 cm <sup>2</sup>	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
Orégano	<i>Spunta</i>	t= 150 días, T <sup>a</sup> 14-23.8 °C. Dosis 25, 125, 250 ppm.	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
Pine	<i>n.d</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.5 ml/ Vial de 120 cm <sup>2</sup>	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
Romero	<i>Spunta</i>	t= 150 días, T <sup>a</sup> 14-23.8 °C. Dosis 25, 125, 250 ppm.	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
Salvia	<i>Spunta</i>	t= 150 días, T <sup>a</sup> 14-23.8 °C. Dosis 25, 125, 250 ppm.	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
Secuoya	<i>n.d</i>	t= 84 días T <sup>a</sup> ambiente Dosis 0.5 ml/ Vial de 120 cm <sup>2</sup>	(Chowdhury <i>et al.</i> , 2002)
Tomillo Andaluz o cabezudo	<i>Spunta</i>	t= 150 días, T <sup>a</sup> 14-23.8°C. Dosis 25, 125, 250 ppm.	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)

### 5.5. Aceites esenciales como antibacterianos y antifúngicos

Los aceites esenciales se definen como la mezcla de sustancias volátiles insolubles en agua, destiladas o extraídas a partir de material vegetal (flores, brotes, semillas, hojas, ramas, cortezas, hierbas, madera, frutas



y raíces de vegetales). Aunque los AEs tienen reconocidas propiedades antioxidantes y/o antimicrobianas su aplicación en la industria alimentaria como antimicrobianos naturales es relativamente reciente (Burt, 2004).

Existe abundante evidencia científica en relación con la eficacia de diferentes fracciones de AEs de muchas especias y plantas como activos antimicrobianos, antifúngicos y antivirales (Burt, 2004; Tiwari *et al.*, 2009; Tripathi *et al.*, 2008).

Los AEs y sus constituyentes tienen un amplio espectro de acción antimicrobiana, donde la composición específica de cada AE así como la estructura y grupos funcionales de sus componentes juegan un papel fundamental en su grado de reactividad. La composición química de los AEs es compleja y depende en gran parte de la parte de la planta seleccionada para la extracción, el momento y temporada de la cosecha y su origen geográfico. Los principales componentes de los AEs son sustancias fenólicas, que además son las responsables conferir actividad antimicrobiana (Burt, 2004).

Sin embargo, se ha informado de que otros componentes menores tienen una influencia crítica en la actividad antimicrobiana y antioxidante, actuando sinérgicamente con otros componentes (Nakatsu *et al.*, 2000; van Vuuren *et al.*, 2007).

Los aceites esenciales (AEs) derivados de plantas tienen diferentes aplicaciones como agentes antimicrobianos frente a una amplia gama de bacterias alterantes y/o patógenos (Burt, 2004; Tiwari *et al.*, 2009).

Estos AEs procedentes de plantas están constituidos por compuestos activos con efectos antimicrobianos de diferente naturaleza como compuestos fenólicos, terpenos, alcoholes alifáticos, aldehídos, cetonas, ácidos e isoflavonas donde un único componente puede llegar a constituir hasta el 85% de la totalidad de compuestos presentes en la mezcla, mientras que otros componentes pueden estar presentes únicamente como trazas (Bakkali *et al.*, 2008; Burt, 2004; Lang *et al.*, 2012; Tiwari *et al.*, 2009).

La actividad inherente de un aceite puede estar relacionada con la composición química de sus componentes, las proporciones en las que se presentan y las interacciones entre ellos. Se observa un efecto aditivo cuando el efecto combinado es igual a la suma de los efectos individuales. El antagonismo se ve cuando el efecto de uno o varios compuestos es menor que cuando ellos se aplican juntos, es decir, hay menos efecto si se usan juntos que por separado. La sinergia es lo contrario, cuando varios compuestos hacen mayor efecto que individualmente. Algunos estudios indican que el conjunto de aceites esenciales tienen mayor actividad antimicrobiana que la mayoría de los compuestos mezclados, lo que sugiere que los componentes minoritarios son críticos para la actividad y quizá tengan un efecto sinérgico de influencia potenciadora. (Davidson, 1989).

Muchas especies vegetales producen aceites esenciales los cuales juegan un papel importante en los mecanismos de defensa del hospedero contra fitopatógenos (Barrera *et al.*, 2008; Mihaliak *et al.*, 1991).

Se ha demostrado que los aceites esenciales y sus compuestos tienen un efecto fungicida; son inocuos para el medio ambiente, para los

consumidores y para el control de enfermedades postcosecha (Barrera *et al.*, 2008; Meepagala *et al.*, 2002; Pitarokili *et al.*, 1999; Wilson *et al.*, 1997). La necesidad de reducir el uso de químicos sintéticos en la agricultura ha incrementado el interés por la posible aplicación de aceites esenciales para el control de fitopatógenos.

Diversos autores han reportado la actividad antifúngica de los aceites esenciales y sus compuestos: Muller-Riebau *et al.* (1995), evaluaron nueve aceites esenciales contra cuatro especies de hongos fitopatógenos, mientras que Wilson *et al.* (1997), evaluaron 49 aceites esenciales contra *Botrytis cinerea*. La actividad antifúngica en estos trabajos estuvo fuertemente asociada con fenoles monoterpénicos, especialmente el timol, carvacrol y eugenol. Se ha encontrado que otros componentes de los aceites esenciales como el aldehído cinámico de la canela, el mentol de la hierbabuena y el eugenol del clavo presentan actividad antifúngica (Barrera *et al.*, 2008; Hitokoto *et al.*, 1980).

Soliman y Badeaa (2002) reportan que los aceites de tomillo y canela a 500 ppm inhibieron totalmente el desarrollo del micelio de cuatro hongos fitopatógenos. En otro estudio Velluti *et al.* (2004) probaron los aceites esenciales de clavo, canela y orégano sobre *Fusarium proliferatum*, los cuales inhibieron el crecimiento de este hongo.

El crecimiento y producción de aflatoxinas de *Aspergillus parasiticus* fueron totalmente inhibidos por el aceite esencial de tomillo (Rasooli *et al.*, 2005). Se ha reportado que la mayoría de los aceites esenciales inhiben el desarrollo de los hongos de postcosecha en condiciones *in vitro* (Bishop *et al.*, 1998; Hidalgo *et al.*, 2002; J. Singh *et al.*, 1999).

Aunque las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales y sus componentes hayan sido revisadas en el pasado, el mecanismo de acción no ha sido estudiado en gran detalle. Considerando el gran número de sustancias químicas que componen los aceites esenciales, la más probable es que su actividad antibacteriana no se atribuya a un mecanismo específico, sino que puede haber diferentes modos de actuación.

Los aceites esenciales pueden actuar degradando la pared celular, dañando la membrana citoplasmática, provocando la liberación de contenidos celulares o la coagulación y afectando al transporte de protones. Una característica importante de los aceites esenciales y sus componentes es su hidrofobicidad, que les permite dividir los lípidos de la membrana celular y las mitocondrias, provocando el escape de iones y otros contenidos celulares, que conducirán a la muerte celular (Gustafson *et al.*, 1998)

Se ha probado que los terpenos son los principales responsables de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales. Su efecto antimicrobiano está basado en su habilidad para dañar las biomembranas. En función de sus características lipofílicas interactúan con las enzimas de la membrana e interfieren procesos vitales como la ósmosis, la síntesis de esteroides y fosfolípidos (Lucini *et al.*, 2006). Se ha demostrado que los alcoholes fenólicos (timol, carvacrol, eugenol) son los más fuertes inhibidores de los procesos enzimáticos. Esto se atribuye a su característica lipofílica y sus grupos OH libres. (Montes-Belmont, 2009)

Los AEs procedentes de plantas como tomillo, clavo, canela, ajo, romero, salvia y orégano entre otros han presentado actividad como antimicrobianos naturales frente a géneros de gran interés alimentario, bacterias alterantes y/o patógenas, así como frente a mohos o levaduras (Burt, 2004).

Aunque el mecanismo exacto de acción de las posibles fracciones de los AEs todavía no está claro, sus modos de acción como agentes antimicrobianos pueden atribuirse a las propiedades de los diferentes compuestos biológicamente activos que contienen como pueden ser carvacrol, p-cimeno,  $\gamma$ -terpineno, timol, eugenol (clavo), linalol (cilantro), alcanfor o 1,8-cineol (eucalipto), y cuya acción antimicrobiana frente a diferentes microorganismos se ha reconocido en estudios realizados *in vitro* (Bakkali *et al.*, 2008; Burt, 2004; Lang *et al.*, 2012; Tajkarimi *et al.*, 2010; Tiwari *et al.*, 2009).

Los AEs que contienen altos niveles de carvacrol (orégano o tomillo) o de eugenol (clavo o pimienta) suelen presentar una característica actividad antimicrobiana con un amplio espectro de acción (Tiwari *et al.*, 2009).

Una amplia variedad de estudios sobre la actividad antimicrobiana de diferentes AEs han demostrado que el orégano y su principal compuesto activo, el carvacrol, son agentes efectivos contra patógenos transmitidos por los alimentos y/o diferentes grupos de bacterias alterantes.

Existe además una alta variedad de AEs que se presentan como buenos agentes antimicrobianos para productos alimentarios aunque no se han estudiado con la misma intensidad. Por ejemplo, el AE de clavo o de árbol de té también ha mostrado significativos efectos inhibitorios sobre

los microorganismos patógenos y alterantes (Burt, 2004; Gómez-Estaca *et al.*, 2009; Sánchez-González *et al.*, 2010).

Se conoce que el cineol (eucalipto) reduce la división celular y que el limoneno (cilantro), y el  $\alpha$ -pineno (cilantro) inhiben el consumo de oxígeno (Montes-Belmont, 2009; Peñuelas *et al.*, 1996); también se sabe que el 1,8-cineol (eucalipto) inhibe la respiración mitocondrial, la fosforilación oxidativa y la síntesis de ADN (Koitabashi *et al.*, 1997).

Los isotiocianatos reaccionan con las proteínas de los hongos, ocasionando su inactivación mediante su unión al grupo amino del aminoácido lisina o con el grupo sulfhídrico de la cisteína (Barrera *et al.*, 2008; Tiznado-Hernández *et al.*, 2006). El principal mecanismo de actividad antifúngica de las saponinas es debido a su habilidad de formar complejos con los esteroides en las membranas de los hongos lo cual ocasiona la desintegración de la membrana (Glauert *et al.*, 1962; Montes-Belmont, 2009; Morrissey *et al.*, 1999).

Los compuestos fenólicos se ha demostrado que inhiben las enzimas reaccionando con los grupos sulfhídricos de los aminoácidos. Las quinonas, flavonas, flavonoides, taninos y flavonoles forman complejos con los aminoácidos nucleofílicos de las proteínas lo que conduce a su inactivación (Murphy, 1999). Dentro de los alcaloides los llamados cuaternarios se les atribuye la propiedad de intercalarse en el ADN lo que ocasiona múltiples efectos en el microorganismo.

También se ha evaluado la actividad fungicida *in vitro* de monoterpenos comúnmente encontrados en aceites esenciales como el mentol (menta), timol, alcanfor (cilantro), citronelal y 1,8-cineol (eucalipto) a concentraciones de 0,5,0,1 y 0,05% p/v sobre *Rhizoctonia solani* que

produce enfermedades en patata. Timol, mentol (menta) y citronelal inhiben el 100% el crecimiento del hongo empleando concentraciones de 0,1 y 0,5%; mientras que, alcanfor (cilantro) y 1,8-cineol (eucalipto) muestran porcentajes menores (Vaillant *et al.*, 2009).

Barrera *et al.*, (2008), estudiaron el efecto antifúngico de aceites esenciales y sus compuestos contra *Fusarium* en papaya (*Carica papaya*), y determinaron que el mejor efecto fue observado en la utilización de aceite esencial de *Thymus vulgaris*, el cual presentó una total inhibición en concentraciones de 200, 250, y 300 µg/ml, otros aceites como *Menta piperita* y *Eucalyptus globulus* no tuvieron actividad antifúngica en las diferentes concentraciones utilizadas. Todos los compuestos utilizados excepto el cineol tuvieron efecto fungicida o fungistático.

Singh *et al.* (2006), estudiaron entre otros parámetros la actividad antifúngica del aceite esencial de *Coriandrum Sativum* y su oleorresina evaluada contra ocho hongos mediante la técnica de placa petri invertida. Se encontró que el aceite esencial de *Coriandrum Sativum* tuvo una alta actividad antifúngica contra *Curvularia palliscens*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium moniliforme* y *Aspergillus terreus*. En el caso de la oleorresina más del 50% de zona de inhibición se obtuvo para los hongos *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus terreus*.

Teng *et al.* (2010), estudiaron el efecto del aceite esencial de *Spiraea alpina* contra cepas fitopatógenas, entre ellas *Erwinia Carotovora sub especie carotovora*, *Rizoctonia Solani*, *Fusarium Graminerum* mediante diferentes metodologías, obteniendo alta sensibilidad de *R. solani* a concentraciones de aceite esencial de 10µl y un diámetro de inhibición

de 10.7 mm. La toxicidad del aceite y su efecto en el hongo depende del tiempo y de la concentración empleada con variaciones entre 125 a 1.000 µg/ml.

Vapores de aceite esencial de menta piperita y dos de sus principales compuestos (mentol y mentona) y albahaca y dos de sus principales constituyentes (linalol y eugenol) fueron estudiados por (Edris *et al.*, 2003) en los fitopatógenos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizopus stolonifer* Vuill y *Mucor sp* importantes en almacenamiento y comercialización en melocotón. Mentol se determinó como responsable de las propiedades antifúngicas de la menta piperita, mientras que el mentona por sí solo no mostró ningún efecto en las dosis utilizadas.

En el caso del aceite esencial de la albahaca, el linalol (también en cilantro) presentó moderada actividad antifúngica mientras que el eugenol no mostró actividad alguna. La mezcla de ambos compuestos en concentraciones similares a las que se encuentran en el aceite mejoran las propiedades antifúngicas de la albahaca indicando un efecto sinérgico.

Işcan *et al.* (2002), evaluaron la efectividad de la menta piperita en 21 microorganismos patógenos en plantas y humanos y mediante diferentes técnicas *in vitro*. El estudio determina como la menta piperita inhibe en gran medida los fitopatógenos estudiados y moderadamente los patógenos humanos.

Oosterhaven *et al.* (1995), estudiaron el efecto fungistático y bacteriostático del S-Carvona, observando un efecto inhibitorio contra *Fusarium Solani* y *Fusarium Sulphureum* en concentraciones entre 1 y 3 mM.



Bång (2007), evaluó el efecto de varios compuestos de aceites esenciales contra algunos de los principales fitopatógenos en patata (*Solanum tuberosum*). El efecto antifúngico de compuestos volátiles usados en pruebas *in vitro* de suspensiones de *Helminthosporium Solani*, *Fusarium solani var coeruleum* y *Phoma Foveata* en medios de cultivo con agar e inoculaciones en vivo fueron llevados a cabo. Los vapores de la mayoría de los aceites estudiados exhibieron alguna actividad fungicida pero los compuestos volátiles de ajo (*Allium sativum*) fue el más efectivo para los fitopatógenos estudiados.

Los compuestos volátiles de tomillo (*Thymus vulgaris*) muestra actividad antifúngica en los análisis *in vitro* para todos los fitopatógenos sin embargo no controlaron el crecimiento de los hongos en la patata. Al contrario sucedió en el caso de los compuesto volátiles de salvia (*Salvia Officinalis*) que fueron inefectivos en los análisis *in vitro*, pero controlaron el desarrollo de la enfermedad en las patatas infectadas en dosis similares. Los aceites esenciales evaluados contra *Fusarium solani*, *Phoma foveata* y *Helminthosporium solani* mostraron alguna efectividad fungicida, obteniendo los mejores resultados el aceite esencial de ajo.

Otros estudios demuestran que aceites esenciales de orégano, ajedrea y salvia y otros de la familia *Lamiacea* mostraron efectividad antimicrobiano a *Erwinia carotovora*, y otros hongos fitopatógenos esto debido en especialmente por el compuesto carvacrol que se encuentra en estos aceites (Lang *et al.*, 2012; Vokou *et al.*, 1993).

Plooy *et al.* (2009), determinaron que el aceite esencial de hierbabuena y R-(-)-carvona (también en alcaravea)) inhiben completamente el crecimiento micelial de *Penicilium digitatum* luego de seis días de

incubación. El aceite esencial de Lippia y el compuesto volátil 1,8- cineol (presente también en eucalipto) fueron efectivos pero a muy altas concentraciones, mientras que el (d)-limoneno (presente en el cilantro) fue inefectivo contra este patógeno.

Si bien puede decirse que ha habido grandes avances en el conocimiento de los metabolitos antifúngicos, el universo por estudiar todavía es grande, tanto en el aspecto de propiedades químicas como biológicas. A pesar de existir pocas evidencias experimentales, se puede afirmar que una alta diversidad química en una especie vegetal permite una mayor capacidad de defensa.

En el control biológico de hongos fitopatógenos ha sido difícil obtener productos comerciales estables y eficientes, después de alrededor de cincuenta años de investigación intensa, igualmente en el caso de los productos naturales para el control de plagas y enfermedades, también se han tenido ese tipo de dificultades.

Quizá el problema estriba en que en ambos casos se ha pretendido generar productos similares a los agroquímicos o medicamentos sintéticos en sus etapas iniciales, es decir con un solo principio activo, pero esto ya se ha visto que en la naturaleza no funciona, por lo que los productos naturales. (Montes-Belmont, 2009).

En la Tabla 9 y Tabla 10 , se indica un resumen de los principales compuestos volátiles y aceites esenciales utilizados como antibacterianos y antifúngicos en fitopatógenos.

**Tabla 9** Uso de compuestos volátiles en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	volátil	Método	Datos experimentales	Referencia
<b><i>Penicillium digitatum</i></b>	Hongo	R-(-) carvona	nd	Dosis 500µl a 3000µl, t= 6 días	(Plooy <i>et al.</i> , 2009)
		(d)-Limoneno	nd	Dosis 500µl a 3000µl, t= 6 días	(Plooy <i>et al.</i> , 2009)
		1,8-cineol	nd	Dosis 500µl a 3000µl, t= 6 días	(Plooy <i>et al.</i> , 2009)
<b><i>Fusarium Solani</i>, <i>Fusarium sulphureum</i></b>	Hongo	S-Carvona	nd	Dosis 1 a 3 mN, t= 14-15 días ( hasta 340 horas)	(Oosterhaven <i>et al.</i> , 1995)
<b><i>Rizoctonia</i></b>	Hongo	Mentol	Mezclado en agar	Dosis 0.5, 0.1, y 0.05 p/v	(Vaillant <i>et al.</i> , 2009)
		Timol	Mezclado en agar	Dosis 0.5, 0.1, y 0.05 p/v	(Vaillant <i>et al.</i> , 2009)
		Alcanfor	Mezclado en agar	Dosis 0.5, 0.1, y 0.05 p/v	(Vaillant <i>et al.</i> , 2009)
		Citroneal	Mezclado en agar	Dosis 0.5, 0.1, y 0.05 p/v	(Vaillant <i>et al.</i> , 2009)
		1,8-cineol	Mezclado en agar	Dosis 0.5, 0.1, y 0.05 p/v	(Vaillant <i>et al.</i> , 2009)

**Tabla 10.** Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b><i>Erwinia carotovora (Pectobacterium)</i></b>	Bacteria	Tomillo cabezudo	Mezclado en agar	Dosis 3 µl, t= 24 horas	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
		Lavanda fina	Mezclado en agar	Dosis 3 µl, t= 24 horas	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
		Menta Poleo	Mezclado en agar	Dosis 3 µl, t= 24 horas	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
		Oregano	Mezclado en agar	Dosis 3 µl, t= 24 horas	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
		Romero	Mezclado en agar	Dosis 3 µl, t= 24 horas	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
		Salvia	Mezclado en agar	Dosis 3 µl, t= 24 horas	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
		Ajedrea o Isopillo	Mezclado en agar	Dosis 3 µl, t= 24 horas	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
		Hierbabuena	Mezclado en agar	Dosis 3 µl, t= 24 horas	(Vokou <i>et al.</i> , 1993)
		Spirea	Difusión en agar	Dosis: 10 µl, t= 24 horas	(Teng <i>et al.</i> , 2010)

## SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b><i>Pseudomonas syringae phaseolicola tomato syringae</i></b>	Bacteria	Menta piperita	Mezclado en agar	Dosis 5 mg ml-1 hasta 0.005 ml-1	(Işcan <i>et al.</i> , 2002)
<b><i>Xantomonas: compestris oryzae</i></b>	Bacteria	Menta piperita	Mezclado en agar	Dosis 5 mg ml-1 hasta 0.005 ml-1	(Işcan <i>et al.</i> , 2002)
		Spirea	Difusión en agar	Dosis: 10 µl, t= 24 horas	(Teng <i>et al.</i> , 2010)
<b><i>Ralstonia solanacearum</i></b>	Bacteria	Spirea	Difusión en agar	Dosis: 10 µl, t= 24 horas	(Teng <i>et al.</i> , 2010)
<b><i>Alternaria spp Alternaria alternata</i></b>	Hongo	Orégano	nd	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Menta piperita	Mezclado en agar	Dosis PDA con 5,10, 15% de extractos t= 7 días	(Zaker <i>et al.</i> , 2010)
		Eucalipto	Mezclado en agar	Dosis PDA con 5,10, 15% de extractos t= 7 días.	(Zaker <i>et al.</i> , 2010)
			Mezclado en agar	Dosis: 100-500 ppm, t=1 a 12 días	(Wu <i>et al.</i> , 2007)
		Lavanda	Mezclado en agar	Dosis PDA con 5,10, 15% de extractos, t= 7 días	(Zaker <i>et al.</i> , 2010)
		Datura	Mezclado en agar	Dosis PDA con 5,10, 15% de extractos t= 7 días	(Zaker <i>et al.</i> , 2010)
		Acroptilon	Mezclado en agar	Dosis PDA con 5,10, 15% de extractos t= 7 días	(Zaker <i>et al.</i> , 2010)
		Tomillo	Mezclado en agar	Dosis: 100-500 ppm, t=1 a 12 días	(Wu <i>et al.</i> , 2007)
		Salvia	Mezclado en agar	Dosis: 100-500 ppm, t=1 a 12 días	(Wu <i>et al.</i> , 2007)
		Nuez Moscada	Mezclado en agar	Dosis: 100-500 ppm, t=1 a 12 días	(Wu <i>et al.</i> , 2007)

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b><i>Alternaria spp</i></b>	Hongo	Cassia	Mezclado en agar	Dosis: 100-500 ppm, t=1 a 12 días	(Wu <i>et al.</i> , 2007)
		Botonera	Contacto directo y fase vapor	nd	(Znini <i>et al.</i> , 2011)
<b><i>Aspergillus: flavus, gaucus, niger, ochraceous, terrus, favus, paracitus</i></b>	Hongo	Epasote	Mezclado en agar	Dosis: 0.3, 0.1, 0.05%. t= 5,6 días	(Marangon Jardim <i>et al.</i> , 2008)
		Jengibre	Mezclado en agar y fase vapor	Dosis: 2,6 y 10 µl, t =nd	(G. Singh <i>et al.</i> , 2005)
		Anis	Mezclado en agar	Dosis:125,250,500 y 1000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Alcaravea	Mezclado en agar	Dosis: 500,1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Hinojo	Mezclado en agar	Dosis: 500,1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Tomillo	Mezclado en agar	Dosis:125,250,500 y 1000 ppm, t= 7-14 días 1000 ppm	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Hierbabuena	Mezclado en agar	Dosis: 500,1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Albahaca	Mezclado en agar	Dosis: 500,1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Manzanilla	Mezclado en agar	Dosis: 500,1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Margarita	Mezclado en agar	Dosis: 500,1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
Milhojas	Mezclado en agar	Dosis: 500,1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)		

## SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b>Aspergillus</b>	Hongo	Santolina	Mezclado en agar	Dosis: 500,1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Hierba de San Guillermo	Mezclado en agar	Dosis: 500,1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Menta piperita	Mezclado en agar	Dosis: 0.1, y 0.2% v/v, t= 7 días	(Moreira Freire <i>et al.</i> , 2012)
		Cilantro	Fase vapor y mezclado en agar	Dosis 2,4,6 µl, t= -	(G. Singh <i>et al.</i> , 2006)
<b>Botritis: cinérea fabae</b>	Hongo	Artemisa	nd	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Hinojo	nd	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Romero	Difusión en agar	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
<b>Colletotricum: Coccodes, Acuatatum, Fragariae, Gloeosporoides, Musae.</b>	Hongo	Calocedrus	nd	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Salvia	Difusión en agar	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Epazote	Mezclado en agar	Dosis 0.3, 0.1, 0.05%. t= 5,6 días	(Marangon Jardim <i>et al.</i> , 2008)
		Menta piperita	Mezclado en agar	Dosis: 0.1, y 0.2% v/v, t= 7 días	(Moreira Freire <i>et al.</i> , 2012)
<b>Curculavaria palliscens</b>	Hongo	Jengibre	Mezclado en agar y fase vapor	Dosis 2,6 y 10 µl, t =nd	(G. Singh <i>et al.</i> , 2005)
		Cilantro	Mezclado en agar y fase vapor	Dosis 2,4,6 µl, t= nd	(G. Singh <i>et al.</i> , 2006)
<b>Exserohilum turcicum</b>	Hongo	Spirea	Mezclado en agar	Dosis: 125,250 500, 1000 µl/ml, t= 4,6,8 días	(Teng <i>et al.</i> , 2010)
<b>Fusarium: solani, oxysporum, semitectum, graminearum, monoliforme, spp</b>	Hongo	Ajo	Fase vapor	Dosis 40-320 ppm µl, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
			Mezclado en agar	Dosis: 100, 150, 200, 250 y 300 µg/ml, t= 8 días	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b><i>Fusarium:</i></b> <b><i>solani,</i></b> <b><i>oxysporum,</i></b> <b><i>semitectum,</i></b> <b><i>graminearum,</i></b> <b><i>monoliforme,</i></b> <b><i>spp</i></b>	Hongo	Eneldo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
			Alcaravea	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas
			Mezclado enl agar	Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Menta Piperita	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t =hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
			Difusión en agar	Dosis 50 $\mu$ l t= 24 y 48 horas	(Işcan <i>et al.</i> , 2002)
			Mezclado en agar	Dosis: 100,150,200,250 y 300 $\mu$ g/ml, t= 8 días	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)
			Mezclado en agar	Dosis: 0.1, y 0.2% v/v, t= 7 días	(Moreira Freire <i>et al.</i> , 2012)
		Hierbabuena	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t =hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
			Mezclado en agar	Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Albahaca	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes,t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
Mezclado en agar	Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días		(Soliman <i>et al.</i> , 2002)		

## SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b>Fusarium:</b> <b>solani,</b> <b>oxysporum,</b> <b>semitectum,</b> <b>graminearum,</b> <b>monoliforme,</b> <b>spp</b>	Hongo	Álamo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Clavelón	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Tomillo cabezudo	Fase vapor y mezclado en Agar	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas.	(Bång, 2007)
			Mezclado en Agar	Dosis: 100, 150, 200, 250 y 300 $\mu$ g/ml, t= 8 días	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)
				Dosis: 150, 250, 500, 1000 ppm, t= 7-14 días.	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Artemisa	nd	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Calocedrus	nd	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Orégano	nd	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Romero	Difusión en agar	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Epasote	Mezclado en agar	Dosis 0.3, 0.1, 0.05%. t= 5,6 días	(Marangon Jardim <i>et al.</i> , 2008)
			Mezclado en agar	Dosis: 100,150,200,250 y 300 $\mu$ g/ml, t= 8 días	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)
		Jengibre	Mezclado en agar y fase vapor	Dosis 2,6 y 10 $\mu$ l, t =nd	(G. Singh <i>et al.</i> , 2005)
Canela	Mezclado en agar	Dosis: 100,150,200,250 y 300 $\mu$ g/ml, t= 8 días	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)		
		Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)		



...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b><i>Fusarium:</i> <i>solani,</i> <i>oxysporum,</i> <i>semitectum,</i> <i>graminearum,</i> <i>monoliforme,</i> <i>spp</i></b>	Hongo	Limón mexicano,	Mezclado en agar	Dosis: 100,150,200,250 y 300 µg/ml, t= 8 días	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)
		Clavo	Mezclado en agar	Dosis: 100,150,200,250 y 300 µg/ml, t= 8 días	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)
		Ruda	Mezclado en agar	Dosis: 100,150,200,250 y 300 µg/ml, t= 8 días	(Barrera <i>et al.</i> , 2008)
		Anise	Mezclado en agar	Dosis: 150, 250, 500, 1000 ppm, t= 7-14 días.	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Hinojo	Mezclado en agar	Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Manzanilla	Mezclado en agar	Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Margarita	Mezclado en agar	Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Milhojas	Mezclado en agar	Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Santolina	Mezclado en agar	Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Hierba de San Guillermo	Mezclado en agar	Dosis: 500, 1000,2000 y 3000 ppm, t= 7-14 días	(Soliman <i>et al.</i> , 2002)
		Eucalipto	ND	Dosis :0.5-10.0 ppm	(Kaur <i>et al.</i> , 2011)
		Spirea	Mezclado en agar	Dosis: 125,250 500, 1000 µl/ml, t= 4,6,8 días	(Teng <i>et al.</i> , 2010)
Cilantro	Mezclado en agar y fase vapor	Dosis 2,4,6 µl, t= nd	(G. Singh <i>et al.</i> , 2006)		

## SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b><i>Helminthosporium solani</i></b>	Hongo	Ajo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Eneldo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Alcaravea	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Menta Piperita	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Hierbabuena	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Albahaca	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Álamo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Clavelón	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Tomillo cabezudo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Eucalipto	ND	Dosis :0.5-10.0 ppm	(Kaur <i>et al.</i> , 2011)
<b><i>Mucor sp</i></b>	Hongo	Menta piperita	Fase vapor	Dosis: 10, 15, 20, 30 y 40 $\mu$ l/400 ml de volumen de aire, t= 6 días	(Edris <i>et al.</i> , 2003)
		Albahaca	Fase vapor	Dosis: 10, 15, 20, 30 y 40 $\mu$ l/400 ml de volumen de aire, t= 6 días	(Edris <i>et al.</i> , 2003)

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b><i>Penicillium digitatum</i></b>	Hongo	Lippia	-	Dosis 500µl a 3000µl, t= 6 días	(Plooy <i>et al.</i> , 2009)
		Hierbabuena	-	Dosis 500µl a 3000µl, t= 6 días	(Plooy <i>et al.</i> , 2009)
		Albahaca	Mezclado en agar	Dosis:0,200,400 µl/l, t = 7 días	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011)
			y fase vapor	Dosis: o, 5, 10, 15, 20, 25 y 40 µl, t = 7 días	
		Hinojo	Mezclado en agar y	Dosis:0,200,400 , 600, 800 y 1000 µl/l, t = 7 días	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011)
			fase vapor	Dosis: o, 5, 10, 15, 20, 25 y 40 µl, t = 7 días	
		Ajedrea	Mezclado en agar y	Dosis:0,200,400 , 600, 800 y 1000 µl/l, t = 7 días	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011)
			Fase vapor	Dosis: o, 5, 10, 15, 20, 25 y 40 µl, t = 7 días	
Tomillo	Mezclado en agar y,	Dosis:0,200,400 , 600, 800 y 1000 µl/l, t = 7 días	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011)		
	Fase vapor	Dosis: o, 5, 10, 15, 20, 25 y 40 µl, t = 7 días			
Botonera	Contacto directo y fase vapor	Nd.	(Znini <i>et al.</i> , 2011)		
<b><i>Phoma foveata</i></b>	Hongo	Ajo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm µl de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bâng, 2007)
		Eneldo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm µl de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bâng, 2007)

## SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b><i>Phoma foveata</i></b>	Hongo	Alcaravea	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Menta piperita	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Hierbabuena	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Albahaca	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Álamo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Clavelón	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
		Tomillo Tomillo cabezudo	Fase vapor	Dosis 40-320ppm $\mu$ l de Aes, t = hasta 3 semanas	(Bång, 2007)
<b><i>Pithium debaryannum</i></b>	Hongo	Artemisa	-	-	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
<b><i>Pyricularia oryzae</i></b>	Hongo	Spirea	Mezclado en agar	Dosis: 125,250 500, 1000 $\mu$ l/ml, t= 4,6,8 días	(Teng <i>et al.</i> , 2010)
<b><i>Rhizopus stolonifer</i></b>	Hongo	Albahaca	Mezclado en agar y,	Dosis:0,200,400 600, 800 y 1000 $\mu$ l/l, t = 7 días	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011)
			fase vapor	Dosis: 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 40 $\mu$ l, t = 7 días	
			fase vapor	Dosis: 10, 15, 20, 30 y 40 $\mu$ l/400 ml de volumen de aire, t= 6 días	(Edris <i>et al.</i> , 2003)

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
<b>Rhizopus stolonifer</b>	Hongo	Hinojo	Mezclado en agar y,	Dosis:0,200,400 , 600, 800 y 1000 µl/l, t = 7 días	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011)
			fase vapor	Dosis: 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 40 µl, t = 7 días	
		Ajedrea	Mezclado en agar y	Dosis:0,200,400 , 600, 800 y 1000 µl/l, t = 7 días	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011)
			fase vapor	Dosis: 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 40 µl, t = 7 días	
		Tomillo	Mezclado en agar y,	Dosis:0,200,400 , 600, 800 y 1000 µl/l, t = 7 días	(Abdollahi <i>et al.</i> , 2011)
			fase vapor	Dosis: 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 40 µl, t = 7 días	
		Botonera	Contacto directo y fase vapor	nd	(Znini <i>et al.</i> , 2011)
	Menta piperita	Fase vapor	Dosis: 10, 15, 20, 30 y 40 µl/400 ml de volumen de aire, t= 6 días	(Edris <i>et al.</i> , 2003)	
<b>Rizoctonia Solani</b>	Hongo	Artemisa	nd	nd	(Lang <i>et al.</i> , 2012)
		Hierbabuena	Fase vapor	Dosis 1,2 y 3 µl, t= 48 horas	(Eshel <i>et al.</i> , 2009)
		Eucalipto	nd	Dosis :0.5-10.0 ppm	(Kaur <i>et al.</i> , 2011)
		Spirea	Mezclado en agar	Dosis: 125,250 500, 1000 µl/ml, t= 4,6,8 días	(Teng <i>et al.</i> , 2010)
<b>Sclerotinia clerotiorum</b>	Hongo	Menta piperita	Fase vapor	Dosis: 10, 15, 20, 30 y 40 µl/400 ml de volumen de aire, t= 6 días	(Edris <i>et al.</i> , 2003)

## SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN

...continuación Tabla 10. Uso de aceites esenciales en fitopatógenos

Fitopatógeno	Tipo	Aceite	Método	Datos experimentales	Referencia
		Albahaca	Fase vapor	Dosis: 10, 15, 20, 30 y 40 $\mu$ l/400 ml de volumen de aire, t= 6 días	(Edris <i>et al.</i> , 2003)
<b><i>Trichothecium roseum</i></b>	Hongo	Jengibre	Mezclado en agar y Fase vapor	Dosis 2,6 y 10 $\mu$ l, t =nd	(G. Singh <i>et al.</i> , 2005)
		Cilantro	Mezclado en agar y Fase vapor	Dosis 2,4,6 $\mu$ l, t= nd	(G. Singh <i>et al.</i> , 2006)

## **SECCIÓN 2.**

### **Objetivos y plan de trabajo**





## **SECCIÓN 2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO**

### **1. Objetivos**

El objetivo principal de esta tesis es determinar un tratamiento alternativo a base de aceites esenciales, al empleo de pesticidas sintéticos como supresores efectivos del brote de patata en almacenamiento y que conserve los atributos de calidad de la patata.

El objetivo propuesto supone la búsqueda de un producto natural que sustituya al producto químico CIPC aplicado en almacenamiento de patata para evitar la germinación de los tubérculos, manteniéndose la calidad comercial, culinaria y tecnológica de la patata, y a la vez estudiar la efectividad de estos aceites esenciales para combatir los principales fitopatógenos en almacenamiento de patata.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se han planteado a la vez una serie de objetivos específicos.

1. Estudio de la utilización de aceites esenciales como potenciales agentes antigerminantes y su efecto sobre la calidad comercial de la patata almacenada.

Los parámetros de calidad que se contemplan son: germinación, apariencia general, color y textura externa del tubérculo, residuo del aceite esencial sobre la piel del tubérculo.

## **SECCIÓN 2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO**

---

2. Estudio del efecto de la utilización de aceites esenciales como potenciales agentes antigerminantes sobre la calidad culinaria y tecnológica de la patata.

Los parámetros de calidad que se pretenden estudiar son: de carácter analíticas como el color, textura, pH, Sólidos solubles totales, azúcares reductores, materia seca; así como aquellos derivados de la aceptación del producto por el consumidor y que serán medidos a través de un análisis sensorial.

3. Estudiar el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales seleccionados sobre los principales fitopatógenos que afectan la calidad de la patata durante su almacenamiento.

Se estudiará el efecto antibacteriano, bacteriostático, antifúngico y fungistático de los aceites esenciales sobre los principales fitopatógenos en almacenamiento de patata (bacteria *Pectobacterium carotovorum* y hongos *Fusarium solani*, *Colletotricum coccodes*, *Phoma exigua*, *Polyscytalum pustulums*, *Helminthosporium solani*)

4. Estudio y evaluación de la potencialidad de la aplicación de tratamientos alternativos al uso de pesticidas sintéticos en almacenamiento de patata y su influencia sobre la calidad.

## **2. Plan de trabajo**

### **2.1. Elección del material vegetal y cultivares a emplear**

Se seleccionaron para el estudio 4 cultivares: *Agata* y *Monalisa* de las variedades de mesa donde su consumo es mayormente en ausencia de procesos de transformación industrial. También se seleccionaron los cultivares *Agria* y *Kennebec* dentro de las patatas destinadas a la transformación industrial debido a sus características culinarias y tecnológicas para la industrialización.

Estos cultivares han sido poco estudiados y existe poca información sobre la efectividad de aceites esenciales como antigerminantes o la manera en que este tipo de tratamientos naturales afectan la calidad comercial, culinaria y tecnológica de la patata.

### **2.2. Determinación de los principales agentes fitopatógenos causantes de pérdida de calidad de la patata en almacenamiento y que serán estudiados**

Se estudió el efecto antibacteriano, bacteriostático, antifúngico y fungistático de los principales fitopatógenos en almacenamiento de patata (Pringle *et al.*, 2009). Los fitopatógenos seleccionados fueron:

- Bacteria: *Pectobacterium carotovorum subs carotovorum*;
- Hongos: *Fusarium solani*, *Colletotricum coccodes*, *Phoma Foveata*, *Polyscytalum pustulans*, *Helminthosporium solani*)

### **2.3. Elección de los aceites esenciales a utilizar, y determinación de las concentraciones a aplicar**

Para este estudio se utilizaron aceites esenciales que han demostrado ser efectivos como antigerminantes (o sus componentes), y que tienen o podrían tener una viabilidad a nivel comercial (Coleman *et al.*, 2001; Costa E Silva *et al.*, 2007; Kleinkopf *et al.*, 2003; Mehta *et al.*, 2002; Oosterhaven *et al.*, 1995; Gurdip. Singh *et al.*, 1997; Sorce *et al.*, 1997; Vaughn *et al.*, 1991, 1993).

Por estas razones y los estudios previos realizados se seleccionaron para esta investigación los aceites esenciales de Menta, Alcaravea, Cilantro y Eucalipto. Estos aceites o sus compuestos han demostrado tener algún efecto antigerminante en algunos cultivares de patata.

### **2.4. Elaboración del protocolo para la aplicación de productos naturales en la conservación de la patata**

El tratamiento a aplicar se basó en el método establecido por Vaughn y Spencer (1993) y Coleman *et al.* (2001). Sin embargo fue necesario ajustar las dosis de aceites esenciales a utilizar, debido a las variaciones propias del diseño experimental a utilizar y las características particulares de volatilidad de cada uno de los aceites seleccionados.

### **2.5. Elección del método de estudio del efecto antimicrobiano y antifúngico de los aceites esenciales empleados**

La actividad antimicrobiana de los 5 AEs frente *Pectobacterium carotovorum subs carotovorum* se determinó a partir del método de difusión en agar, método de detección de actividad antimicrobiana más empleado en los screenings de AEs (Chorianopoulos *et al.*, 2004; Hammer *et al.*, 1999; Nakatsu *et al.*, 2000; Tajkarimi *et al.*, 2010)

La actividad antifúngica de los 5 AEs frente a *F. Solani*, *C. Coccodes*, *H. Solani*, *P. Pustulans*, *P. Foveata*, se determinó a partir del método de difusión de vapor, método de detección de actividad antifúngica mayormente utilizado (Abdollahi *et al.*, 2011; Bång, 2007; Edris *et al.*, 2003; Eshel *et al.*, 2009; G. Singh *et al.*, 2005; G. Singh *et al.*, 2006; Znini *et al.*, 2011)

### **2.4. Determinación y puesta a punto de los métodos para el análisis de calidad de la patata en los cultivares estudiados**

Los parámetros de calidad comercial que se estudiaron fueron: germinación, apariencia general, color y textura externa del tubérculo. En el caso de la calidad culinaria y tecnológica se realizaron determinaciones analíticas como: color, textura, pH, sólidos solubles totales (SST), azúcares reductores (glucosa, fructosa), materia seca (humedad), así como la realización de un análisis sensorial con un panel entrenado, a través de una prueba triangular para determinar si existen diferencias en las patatas tratadas y los controles respectivos.

**2.5. Elaboración de un diseño experimental para el análisis del efecto de los tratamientos con aceites esenciales utilizados como antigerminantes en la calidad de la patata**

**2.6. Análisis de resultados**

Los análisis estadísticos de los resultados se realizaron con el paquete informático SPSS 19.0 para Windows mediante el análisis de varianza (ANOVA) simple con un nivel de significación del 5% ( $p \leq 0.05$ ). Las diferencias significativas entre las medias se establecieron con el test de Tukey.

## **SECCIÓN 3.**

### **Materiales, equipos y métodos**





**SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

**1. Material**

**1.1. Material vegetal**

Se utilizaron tubérculos de patata (*Solanum tuberosum*) de los cultivares de mesa *Monalisa* y *Agata* y cultivares industriales aptos para la transformación industrial como son *Kennebec* y *Agria*.

Este material vegetal fue adquirido en la Organización de la Patata del Pirineo Occidental (OPPOSA S.A), situada en la localidad de Noain (Navarra), con un calibre de 40-80 mm y libres de tratamiento químico antigerminante.

**1.2. Aceites esenciales**

Se seleccionaron aceites esenciales cuyo principal compuesto ha sido utilizado por otros diferentes autores y han demostrado tener gran efectividad como antigerminantes y que han sido probados en diferentes cultivares y condiciones.

En la Tabla 11 se presentan las características principales de los aceites esenciales utilizados a través de toda la investigación.

### SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS

**Tabla 11.** Principales características de los aceites esenciales utilizados

Aceite Esencial	Nombre científico	Componentes principales <sup>a</sup>
<b>Eucalipto</b>	<i>Eucalyptus Globulus Labill.</i>	Eucaliptol >80%, Limoneno 2-10%, Alfa-Pinenos 1-5%, Beta Pineno 0.5-2%
<b>Menta</b>	<i>Peppermint</i>	Mentol 40-45%, Mentona 20-30%, Mentofurano 0.5-5%, d-Limoneno 1-3%, Pulegona 0.5-2%
<b>Alcaravea</b>	<i>Carum carvi</i>	Carvona, limoneno
<b>Clavo de Madagascar</b>	<i>Eugenia caryophyllata</i>	Eugenol (71.80%), Acetato de eugenilo (19.80%)
<b>Cilantro</b>	<i>Coriandrum sativum L</i>	Linalol >50%, Pinenos >5% y <10%, Alcanfor >5% y <10%, Limoneno >1% y <5%, Geraniol >1% y <5%, Canfeno >1% y <5%, Paracimeno >1% y <5%

<sup>a</sup> Información proporcionada por Chemir S.A, Barcelona, España

#### 1.3. Fitopatógenos

Las cepas fitopatógenas utilizadas (Tabla 12) fueron adquiridas en:

- **CBS:** Centraalbureau voor Schimmelcultures. Fungal Biodiversity Centre. Institute of the Royal Netherlands academy of Arts and Sciences (KNAW). CBS Cultures. Web: [www.cbs.knaw.nl](http://www.cbs.knaw.nl), y
- **CECT:** Colección Española de Cultivos Tipo. Universidad de Valencia. Edificio de Investigación. Campus de Burjassot. Web: [www.cect.org](http://www.cect.org)

**Tabla 12.** Características de los fitopatógenos utilizados

Fitopatógeno	Genero	Presentación	Medio de Cultivo	T <sup>a</sup>
<b>CECT 225.</b> <i>Pectobacterium carotovorum subs carotovorum</i> (Jones 10901) Hauben <i>et al.</i> 1999.	Bacteria	Liófilo	Nutrient Broth, Agar II.	26 °C
<b>CECT 20232:</b> <i>Fusarium solani</i> (Mart) Appel & Wollenw.	Hongo	Liófilo	Potato Dextrose Agar (PDA)	25 °C
<b>CECT 2853:</b> <i>Colletotricum coccodes</i> , (Wallroth) S. Hughes. A.	Hongo	Cultivo activo, AE	Oatmeal agar	24 °C
<b>CECT 20051:</b> <i>Phoma foveata</i> , Foister A.	Hongo	Cultivo activo, AE	Potato Dextrose Agar (PDA)	20 °C
<b>CBS 246.29:</b> <i>Polyscytalum pustulans</i>	Hongo	Cultivo activo	Malt Extract Agar (MEA) / PDA	
<b>CBS 275.30.</b> <i>Helminthosporium solani</i>	Hongo	Cultivo activo	Malt Extract Agar (MEA)	24 °C
<sup>a</sup> Información sumistrada tanto por la CECT como por CBS según corresponda para cada cepa fitopatógena				

#### 1.4. CIPC

- Germidorm<sup>R</sup> Extra (1% CIPC) BASF, Bélgica. Formulación polvo, aplicación por espolvoreo. Dosis: 100 a 150 g de producto por cada 100 kg de patatas.

#### 1.5. Reactivos

- Kit Enzytec<sup>tm</sup> D-Glucose/D-Fructose, Método UV para aproximadamente 32 análisis. r-biopharm. Alemania.
- Patata Dextrosa Agar (PDA), Scharlab S.L, Barcelona.
- Extracto de Malta Agar (MEA), Cultimed, Barcelona.
- Agar nutritivo tipo II: Extracto de carne de res 1gr/l, extracto de levadura 2g/l, Agua de peptona 5g/l, Cloruro sódico 5gr/l y agar en los medios de cultivo sólido 15gr/l. Todos los ingredientes obtenidos en Panreac, Barcelona.

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

---

- Etanol 80% para extracción de azúcares, y Etanol al 96% OPPAC, Noain. Navarra. Utilizado en las diluciones de aceites esenciales utilizados en el estudio microbiológico.
- Cloruro de Bario ( $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) Panreac, Barcelona. Utilizado para mantener en 91% HR durante la aplicación de los tratamientos con aceites.
- Alpha- D (+)-Glucosa 96%/ Alpha - D - Glucosa, anhydrous 96%. Aldrich, Alemania. Utilizado en la preparación del estándar en la determinación de azúcares reductores.

#### **1.6. Otros**

- Aceite de girasol (URZANTE, Tudela, España). Acidez máxima 0.2°

## **2. Equipos**

### **2.1. Aplicación del tratamiento y almacenamiento**

- Cámara climática con control de temperatura y humedad relativa, Weiss Technik, SB 222/300.Reiskirchen-Lindenstruth. Alemania utilizada en el almacenamiento de las patatas durante la aplicación del tratamiento.
- GASPACE (modelo Gaspac 2) empleado para medir las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  dentro de la cajas plásticas utilizadas para aplicar los tratamientos.

- Higrómetro portátil tipo FNA846. Rango de Temperatura 0 hasta 60 °C y 10 hasta 100% HR. Ahlborn. Holzkirchen Germany

## **2.2. Determinaciones Analíticas**

### **2.2.1. Medición de color**

- Espectrofotómetro MINOLTA CM-2500d. Emplea un área de medida MAV ( $\Phi$  8mm), un método de medida simultánea SCI/SCE (componente especular incluido/excluido), iluminación difusa, iluminante 65 /observador 10°. Entre otras características se encuentran:
  - Intervalo de longitudes 360 – 740
  - Paso de longitud de onda 10 nm
  - Fuente de Luz 2 lámparas pulsatorias xenón
  - Entorno operativo T<sup>a</sup> 5- 45 °C y 80% HR

### **2.2.2. Determinación de textura**

- Texture Analyzer TA-XT Plus (Stable Micro Systems Ltd)
- Accesorio utilizado en los ensayos de penetración: P/5: 4.8 mm diámetro Stainless Steel.
- Accesorio utilizado en los ensayos de corte: HDP / BSG: Knife/ Guillotine Blade
- Base: Plataforma HDP/90 (Stable Micro System Ltd)
- Software: Texture Expert Exceed (Stable Micro System Ltd)
- Célula de carga 30Kg.

### **2.2.3. Determinación de pH**

- pH-metro Basic 2.0 CRISON.
- Soluciones buffer pH 4.01 y 7.00

### **2.2.4. Determinación sólidos solubles totales**

- Refractómetro portátil para determinación del contenido de azúcares solubles principalmente sacarosa (north China Optical Instrument Mod SZJ-A. Ocular: 3,4X; Rango de medición: 0-32%; Resolución 0,2%).

### **2.2.5. Determinación de materia seca (MS)**

- Báscula electrónica GRAM serie BH, con precisión 0.005 gr.
- Estufa de convección SELECTA modelo Digitronic.
- Campana de desecación con silicagel como absorbente de humedad.

### **2.2.6. Determinación de azúcares reductores (Glucosa, Fructosa)**

- Centrifuga medifriger BL-S (J.P. SELECTA).
- Espectrofotómetro Cintra 20 UV-Visible Spectrometer de doble haz. GBC Scientific Equipment Pty Ltd. (Dandenong, Australia)
- Ultra Turrax T-25 basic. IKA-WERKE GmbH. (Staufen im Breisgau, Alemania).

- Freidoras: AEG FR 5548 y Bonh FR45 con capacidad para 3 litros.

### **2.3. Análisis sensorial**

- Se utilizó la sala de catas del departamento de Ciencias Naturales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la UPNA y que cumple con los requisitos y estándares estipuladas en las Normas ISO 8589:2007 y descritos en ISO 6658:2005.

### **2.4. Equipo para determinación de residuos de aceites en patata**

- Fibra SPME Divinylbenzeno / Carboxen / Polydimethylsiloxano (DVB/CAR/PDMS) 50/30  $\mu\text{m}$  (Adam *et al.*, 2009; Barboni *et al.*, 2009; Coleman III *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2009; Klimánková *et al.*, 2008; Pangloli *et al.*, 2002; Vichi *et al.*, 2006), Stable flex/SS (2 cm)(Bicchi *et al.*, 2007; Ngassoum *et al.*, 2001).
- Manual Holder Sigma Aldrich, adquiridas en SUPELCO, España.
- Cromatógrafo de Gases HP 5890 Series II acoplado un Detector de masas HP 5971. Alemania.
- SPME Intel liner 0.75mm. supelco (Barboni *et al.*, 2009).

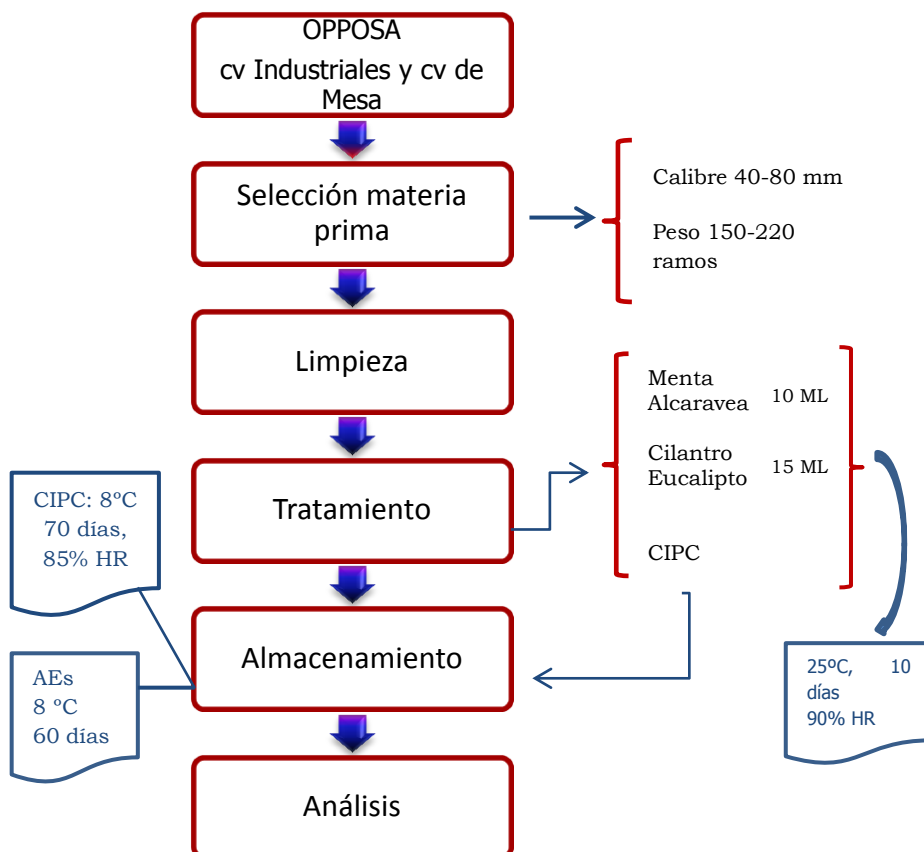
### **2.5. Equipo para el análisis antibacteriano y antifúngico de los AEs**

- Cabina de seguridad biológica Telstar Bio-II- A/P certificada por TUV según EN 12469.
- Autoclave de esterilización J.P Selecta, Presoclave II de 50 litros.
- Placas Petri de 90 mm.

### 3. Métodos

#### 3.1. Aplicación del tratamiento

En la Figura 5 se indica el diagrama de flujo seguido para la realización del experimento, para todos los tratamientos y los análisis respectivos.



**Figura 5** Diagrama de flujo de los estudios realizados



### **3.1.1. Selección de la materia prima**

Para los 4 cultivares estudiados, se seleccionaron tubérculos con un calibre de 40-80 mm (150-250 g), libres de daños y que no habían sido sometidos a ningún tratamiento químico antigerminante.

### **3.1.2. Limpieza**

Antes de aplicar el tratamiento las patatas fueron lavadas cuidadosamente para no causar daños físicos a la patata, eliminando la suciedad que traen del campo y que permitiera realizar evaluaciones visuales antes y después del tratamiento.

### **3.1.3. Tratamiento**

Los tubérculos fueron tratados en cajas plásticas de 65 litros. Los tratamientos con aceites esenciales se llevaron a cabo bajo las siguientes condiciones:

- El método para la aplicación fue difusión por vapor, de esta manera no había contacto directo entre los aceites esenciales utilizados y los tubérculos tratados.
- Se aplicó la cantidad de aceite necesaria para asegurar la saturación del espacio de cabeza de las cajas plásticas donde se aplicó el tratamiento (Coleman *et al.*, 2001; Mittal *et al.*, 2001; Vaughn *et al.*, 1993), en este caso se aplicaron 15 ml de aceite

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

---

esencial de Cilantro y Eucalipto y 10 ml de aceite esencial de Alcaravea y Menta, depositados en papel filtro .

- La temperatura dentro de las cajas plásticas fue de 25 °C para asegurar la volatilidad del aceite y la saturación del volumen dentro de la cámara. Temperatura controlada con un higrómetro portátil.
- Humedad relativa del 90% durante la aplicación del tratamiento, conseguida y controlada con BaCl<sub>2</sub> (Bell *et al.*, 2000).
- El contenido de CO<sub>2</sub> dentro de las cajas siempre entre 2% y 4% (Blenkinsop *et al.*, 2002; Burton, 1989; J. Singh *et al.*, 2009). Si sobrepasa este rango es necesario abrir las cajas para equilibrar la atmósfera interna con el exterior y disminuir el porcentaje de CO<sub>2</sub>)
- El contenido de O<sub>2</sub> dentro de las cajas donde se realiza la aplicación del tratamiento debe mantenerse entre el rango de 20% - 21% (si disminuye del valor mínimo de 20% es necesario abrir las cajas para equilibrar la atmosfera interna de las cajas con el exterior y aumentar este valor)
- Almacenadas durante 10 días en completa oscuridad.

Todas estas condiciones se cumplieron tanto para los tratamientos con aceites esenciales como el control mantenido a temperatura, HR y controles de la aplicación del tratamiento. También se mantuvo un control para cada una de los cultivares estudiados a una temperatura de 8 °C temperatura normal de almacenamiento de las patatas.

El tratamiento con CIPC se llevo a cabo utilizando la misma cantidad de patatas utilizadas en los tratamientos con aceites esenciales y

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

---

determinados por la cantidad de materia prima a utilizarse en los análisis y estudios posteriores.

A diferencia de los tratamientos con aceites esenciales el producto químico no necesita de altas temperaturas para que sea volatilizado por lo que estas patatas se mantuvieron siempre desde el inicio del tratamiento a una temperatura de 8 °C y en este caso el producto químico siempre estuvo en contacto con los tubérculos.

Para este tratamiento se emplea el producto Germidorm Extra (1% de Clorprofam) de la marca BASF. Se aplicó por espolvoreo de 100 a 150 g del producto anteriormente mencionado por cada 100 kg de patatas.

Para su aplicación se coloca papel filtro cubriendo completamente el suelo de las cajas donde se almacenaran las patatas con este tratamiento. Sobre el papel se colocan las patatas por “capas” y se espolvorea el producto uniformemente sobre cada “capa” de patatas. Posteriormente y una vez finalizado la aplicación por espolvoreo del CIPC, las patatas tratadas se cubren con papel para disminuir la volatilización del producto aplicado. Finalmente se almacenan estos tratamientos realizados a los cuatro cultivares estudiados en cámaras frigoríficas a 8 °C durante 70 días del experimento.

#### **3.2. Almacenamiento**

Una vez finalizado el tratamiento (10 días) tanto los tubérculos tratados con aceite esencial, y los tubérculos seleccionados como control para cada uno de los cultivares estudiados, fueron almacenados en cámaras

frigoríficas TARRE a una temperatura de 8 °C durante 60 días.(Hertog *et al.*, 1997; Rousselle *et al.*, 1999).

Las patatas tratadas con CIPC desde la aplicación del tratamiento se mantuvieron en estas mismas cámaras de frío, a la misma temperatura y durante 70 días (no es necesaria la temperatura de 25 °C por 10 días, como es el caso de los tratamientos con aceites esenciales).

Todos los experimentos tratados con aceites esenciales, los tratamientos con CIPC y los respectivos controles tuvieron una duración de 70 días.

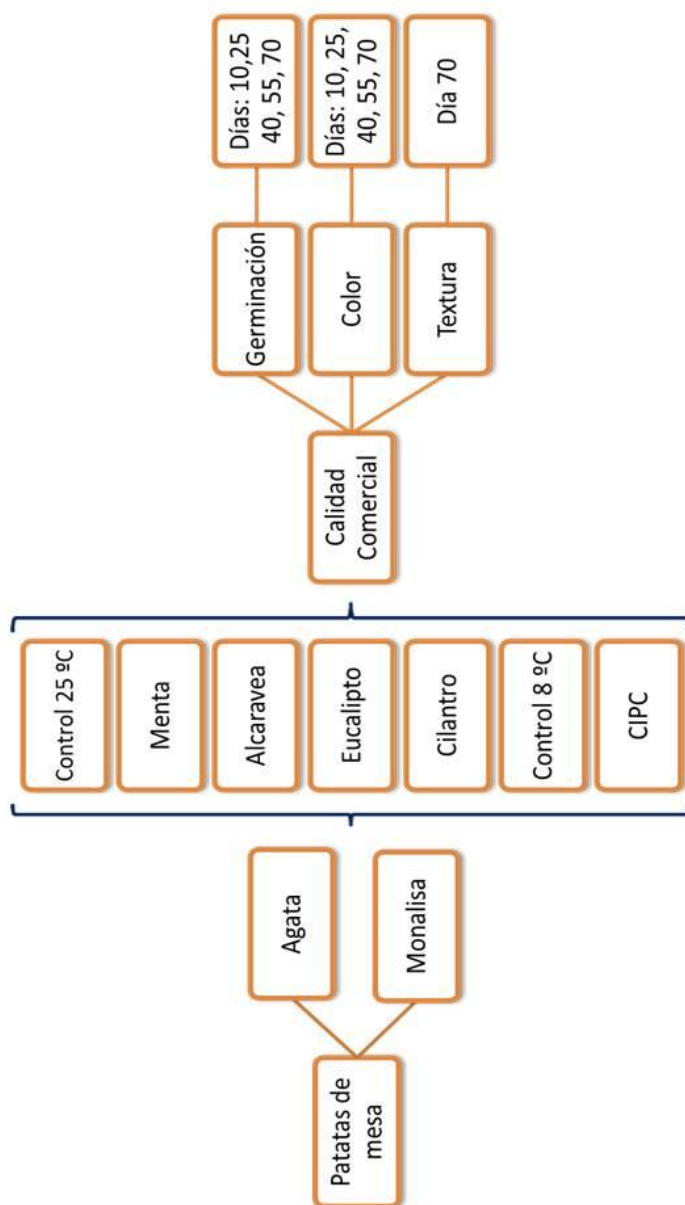
### **3.3. Métodos de análisis**

#### **3.3.1. Calidad Comercial**

En la Figura 6 y Figura 7 se presentan los diseños experimentales llevados a cabo para los estudios de la calidad comercial de la patata en los cultivares de mesa e industriales respectivamente.

##### **3.3.1.1. Germinación**

La evaluación del efecto antigerminante se estudio en 20 tubérculos de cada cultivar y durante un tiempo de 70 días. Se considera como patata germinada todo tubérculo que presentara al menos un brote de 3 mm (Normativa (BOE) 1999 sobre la calidad de la patata).



**Figura 6.** Diseño experimental de la evaluación de los estudios de calidad comercial

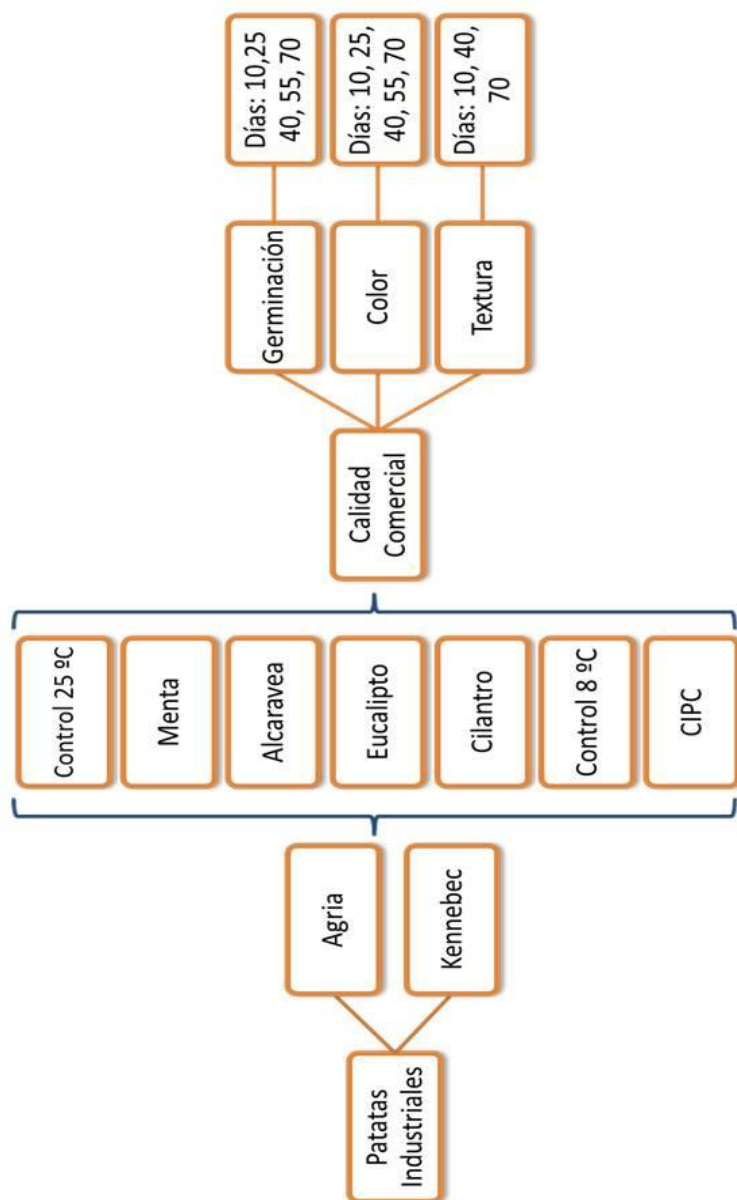


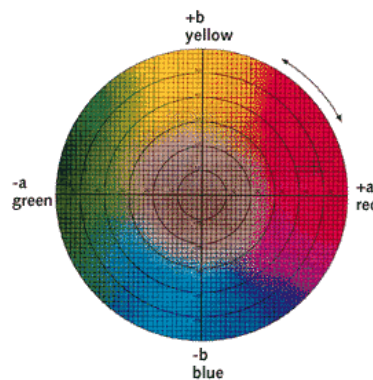
Figura 7. Diseño experimental de los estudios de calidad comercial en cultivares industriales

### 3.3.1.2. Análisis de Color

El análisis del color fue realizado con el fin de detectar los cambios de color de la piel del tubérculo de la patata tratada y sin tratar durante la duración del experimento.

El color se midió por reflexión con el espectrofotómetro empleando el espacio de color CIELab y como sistema de referencia el iluminante 65/observador 10°.

En este modelo,  $L^*$  indica luminosidad en el que valores positivos indican claridad y negativos tendencia a oscurecerse. Los valores de  $a^*$  y  $b^*$  definen el plano de cromaticidad, en el que valores positivos de  $a^*$  indica colores rojizos y valores negativos colores hacia el verde. En el caso de  $b^*$ , los valores positivos tienden al color amarillo y los valores negativos indican color azul (Figura 8).



**Figura 8.** Gráfica de color del espacio CIELab

Antes de cada medida el aparato era calibrado. El color se medía sobre 5 tubérculos seleccionados para esto. Esto fue realizado de la misma

manera tanto para las patatas tratadas con los aceites esenciales como para las patatas con CIPC y los controles. Siempre fueron analizados los mismos tubérculos en las mismas zonas. Se realizaron tres medidas directas para cada tubérculo, tomándose como valor la media aritmética de los 15 valores tomados.

#### **3.3.1.3. Análisis de Textura**

Se determinó la fuerza máxima de penetración (tubérculos) de patata, así como las posibles variaciones a través del tiempo tras ser tratadas con diferentes aceites esenciales como productos antigerminantes, el producto químico tradicionalmente utilizado para este efecto y las patatas control.

Los parámetros para cada una de las pruebas fueron los siguientes:

- Mode: Measure Force In Compression
- Option: Return To Start
- Load Cell: 30 kg
- Pre-Test Speed: 10.0 mm/s
- Test Speed: 1.0 mm/s
- Distance: 6 mm
- Trigger Type: Auto-0.15 N
- Data Acquisition Rate: 400 pps

En el ensayo de penetración para cada tratamiento y su debido testigo se tomaron 4 tubérculos enteros, a cada tubérculo se le realizará 4



### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

---

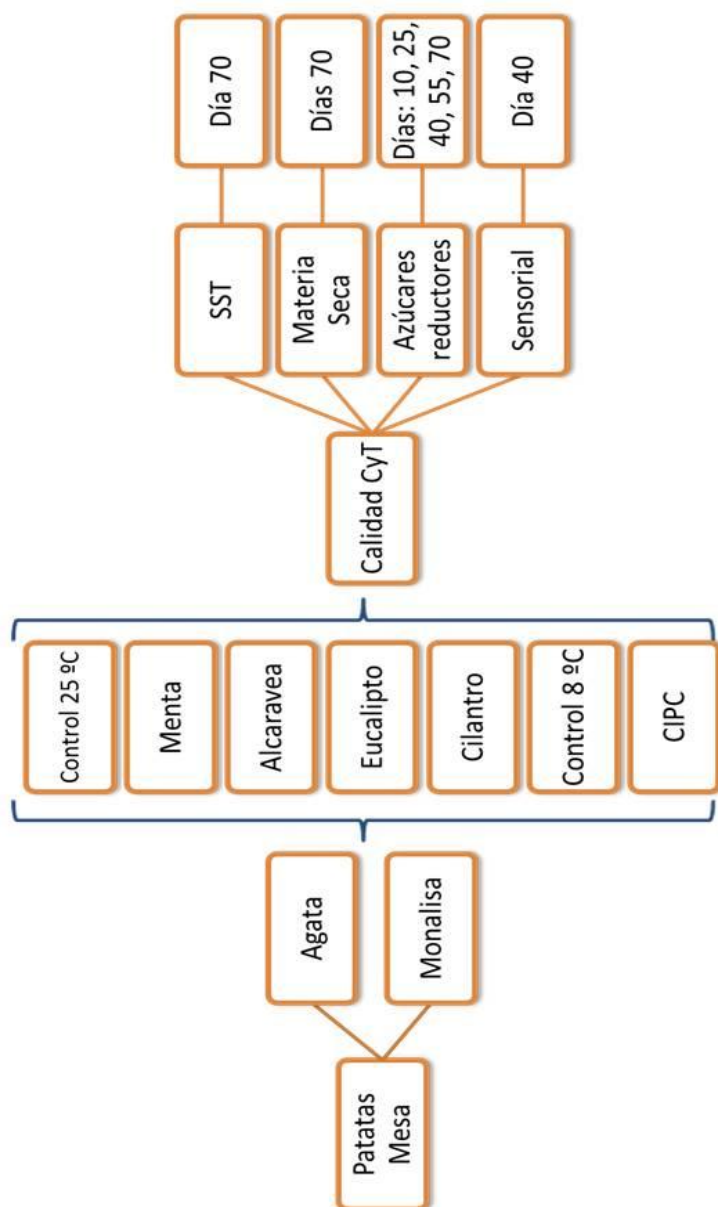
repeticiones y se representan las medias y desviaciones estándar de los 16 datos obtenidos.

Para preparar el texturómetro se asegura el soporte ranurado a la plataforma HDP/BSG. Se fija el penetrómetro P/5:4.8 mm diameter Stainless Steel a la célula de carga y se hace descender hasta una distancia fija que permita colocar cada tubérculo sobre el soporte.

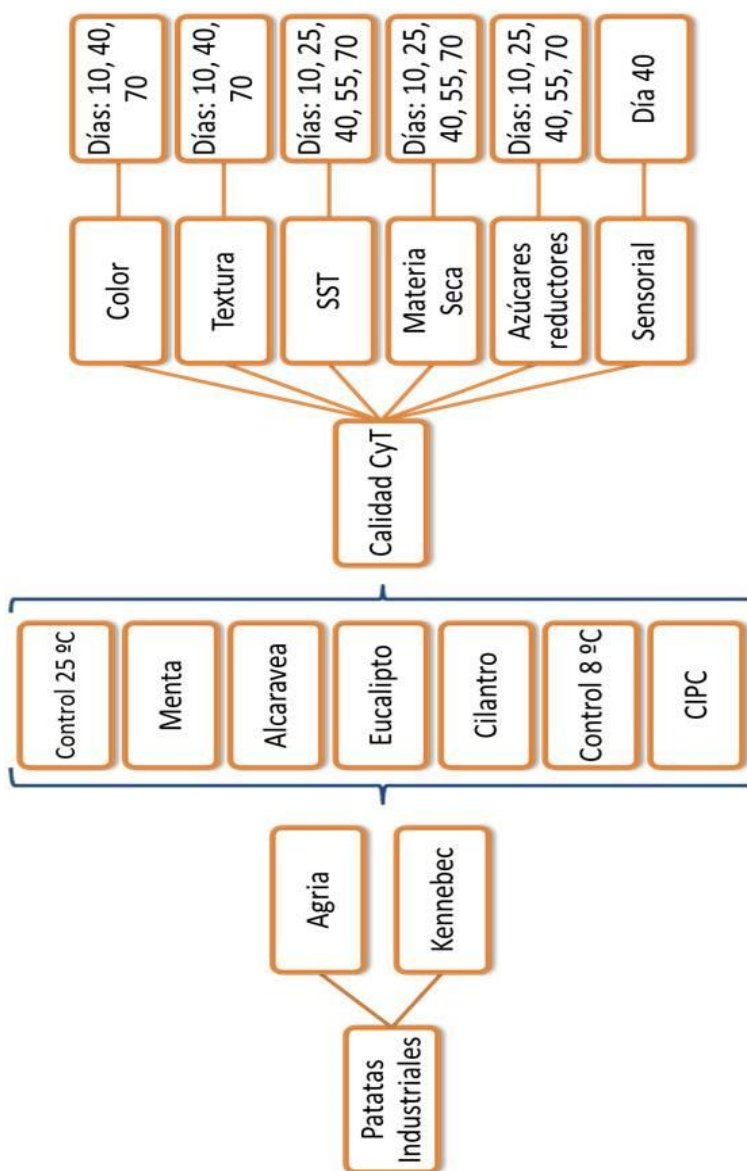
Para el análisis de resultados se consideró los datos obtenidos de la fuerza máxima de ruptura ( $F_{max}$ ; unidad: N) y la distancia a la que se obtiene dicha fuerza (dist; unidad: mm).

#### **3.3.2. Calidad culinaria y tecnológica de la patata**

En la Figura 9 y la Figura 10 se muestra el diseño experimental llevado a cabo en los estudios de calidad culinaria y tecnológica en los cultivares de mesa e industriales respectivamente.



**Figura 9.** Diseño experimental de los estudios de calidad culinaria y tecnológica en cultivares de papa



**Figura 10.** Diseño experimental de los estudios de calidad culinaria y tecnológica en los cultivares industriales

### **3.3.2.1. Análisis de Color**

El análisis del color fue realizado con el fin de detectar los cambios de color de las láminas de patata tratada y sin tratar durante la duración del experimento.

El color se midió por reflexión con el espectrofotómetro empleando el espacio de color CIELab y como sistema de referencia el iluminante 65/observador 10°.

Los parámetros estudiados fueron los mismos que los evaluados en la calidad de patata comercial.

Para todos los tratamientos y en cada caso, 3 tubérculos fueron pelados y luego procesados con un Robot COUPE CL 52 para lograr un corte homogéneo y estándar en el tamaño de las lonchas obtenidas.

Posteriormente se tomaron 15 lonchas de patata tomadas al azar. Se realizaron tres medidas directas por cada lámina en un solo lado de la superficie. El valor obtenido es el resultado de la media y la desviación estándar de los 45 datos obtenidos por día/tratamiento y control.

### **3.3.2.2. Análisis de Textura**

Se determinó la fuerza máxima de corte de patata, así como las posibles variaciones a través del tiempo tras ser tratadas con diferentes aceites esenciales, y CIPC, para luego ser comparados por los valores obtenidos del respectivo control.

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

---

Los parámetros para este análisis fueron los siguientes:

- Mode: Measure Force In Compression
- Option: Return To Start
- Load Cell: 30 kg
- Pre-Test Speed: 10.0 mm/s
- Test Speed: 2.0 mm/s
- Distance: 15 mm
- Trigger Type: Auto-0.15 N
- Data Acquisition Rate: 400 pps

Para todos los tratamientos y en cada caso, 3 tubérculos fueron pelados y luego procesados con un Robot COUPE CL 52 para lograr un corte homogéneo y estándar en el tamaño de las lonchas obtenidas. Una vez procesadas las patatas se obtuvieron cilindros del mismo tamaño (27 mm), y para el análisis se tomaron los datos de las medias y desviaciones típicas de 15 repeticiones.

Posteriormente en el texturómetro se asegura el soporte ranurado a la plataforma HDP/BS. Se fija la cuchilla HDP / BSG ( Knife/ Guillotine Blade) a la célula de carga y se hace descender hasta penetrar en el soporte ranurado. Se vuelve a ajustar la plataforma de manera que no haya contacto alguno entre la cuchilla y el soporte ranurado. Se efectúa un ensayo prueba sin muestra y una vez verificada la ausencia de contacto cuchilla-soporte, se posiciona la cuchilla a una altura que permita colocar una muestra sobre el soporte.

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

---

De igual manera que en la calidad comercial, se obtuvieron los datos de fuerza máxima de ruptura ( $F_{max}$ ; unidad: N) y la distancia a la que se obtiene dicha fuerza (dist; unidad: mm).

#### **3.3.2.3. Determinación de pH**

Se estudio los posibles cambios en el pH a través del tiempo. Se trituró para cada tratamiento y cultivar una muestra aproximada 100 gr y se obtuvo los datos de pH directamente en el jugo de patata para cada uno de los tratamientos.

Se analizan tres muestras por triplicado (3 patatas diferentes y con tres repeticiones de la misma patata) Los resultados se expresan mediante la media y la desviación típica de las 9 datos obtenidos para cada día/tratamiento y testigo.

#### **3.3.2.4. Determinación de sólidos solubles totales (SST)**

Se determinó el porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) del jugo de patata para todos los tratamientos y el control.

Se analizan tres muestras por triplicado (3 patatas diferentes y con tres repeticiones de la misma patata) Los resultados se expresan mediante la media y la desviación típica de las 9 datos obtenidos para cada día/tratamiento y testigo en °Brix.

**3.3.2.5. Determinación de azúcares reductores (glucosa / fructosa).**

Las extracciones se realizaron a 3 tubérculos para cada tratamiento y control. Se pesaron 4 gramos de muestra, se homogenizaron con 13 ml de etanol al 80% y se llevaron a un baño de agua a 80 °C durante 15 min. Posteriormente, se llevó a 50 ml con agua destilada y se centrifugó 30 min a 5000 rpm en una centrifuga medifriger BL-S (J.P. SELECTA). A continuación se filtró el sobrenadante con un filtro whatman de celulosa y nitrato con un tamaño de poro de 0.3 micras y se realizó una dilución 1/10 (Arroqui, 2001; Horvitz, 2009).

El contenido de glucosa fructosa se determinó con un kit comercial (Enzytec, D-glucose/D-fructose, SCIL/r-biopharm, Alemania), utilizando un método UV y midiendo la absorbancia en una longitud de onda de 340 nm en el espectrofotómetro mencionando anteriormente. Los resultados se expresaron en g azúcares (glucosa, fructosa)/100 g materia fresca.

El contenido de azúcares se realizó por triplicado para cada tratamiento y los dos controles. Los resultados se presentan como la media y desviación estándar de los datos obtenidos.

**3.3.2.6. Determinación del porcentaje de materia seca**

Se determinó el contenido de materia seca a través del tiempo para todos los tratamientos y los controles. Se siguió los métodos oficiales de la AOAC 930.15 y 934.01(2000).

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

Los análisis se realizaron a tres muestras y por triplicado. Los resultados se expresan como la media y desviación estándar de los 9 datos obtenidos para cada día/tratamiento y control.

Para cada muestra, se coloca una bandeja de aluminio en la báscula y se pesa. Este valor se denota como  $P_b$  (peso bandeja). Se coloca a continuación la muestra fresca (5 g) sobre la bandeja de aluminio previamente situada en la báscula y se vuelve a anotar el valor, que se denotará como  $P_i$  (peso inicial).

Se efectúan las mismas operaciones para las restantes muestras, realizado por triplicado y con tres réplicas de cada una (finalmente serán 9 datos por tratamiento).

Se introducen rápidamente todas las muestras con sus bandejas en la estufa de convección previamente precalentada a 105°C y se dejan secar hasta peso constante (de un día para otro). Al cabo de este periodo se extraen las muestras de la estufa y se introducen en el desecador para ser enfriadas. Tras ello se pesan; este valor se denotará como  $P_f$  (peso final).

La pérdida de humedad en el secado o contenido de humedad (%  $H$ ) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i - P_b} \times 100$$

La materia seca de la muestra (%  $MS$ ) se calcula mediante la siguiente fórmula:  $\%MS = 100 - \%H$



### **3.3.2.7. Análisis sensorial**

Las pruebas de análisis sensorial se realizaron en el día 30 de almacenamiento. Este análisis fue realizado utilizando los tratamientos con aceite esencial de menta, alcaravea y cilantro, así como también el tratamiento con CIPC. El control utilizado fue el que se encontraba a 8 °C, pues de los dos controles era el que presentaba una apariencia visual similar a las patatas tratadas.

Se decidió excluir en este análisis el tratamiento con aceite esencial de eucalipto pues a 1 mes de estudio ya presentaba muchos brotes y tubérculos muy deteriorados.

Fueron estudiados tanto los cultivares industriales (Agrida y Kennebec) como los cultivares de mesa (Monalisa y Agata) objeto de este estudio.

#### **3.3.2.7.1. Selección de la prueba**

El análisis sensorial consistió en una prueba discriminativa tipo triangular según la norma ISO 4120:2004 (AENOR, 2008), que permite determinar si son detectables diferencias significativas entre diferentes muestras luego de cambios en su composición o las condiciones de almacenamiento de un producto, con un nivel de confianza del 95%.

#### **3.3.2.7.2. Selección de los catadores**

Se realizó un análisis sensorial mediante una prueba triangular, con 22 jueces ya entrenados y con experiencia y conocimiento sobre el producto

### SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS

y la metodología a utilizar siguiendo las recomendaciones de las normas ISO 4120:2004 y UNE 87 024-1:1995 (AENOR, 1995, 2008).

#### 3.3.2.7.3. Características de las muestras

Las muestras se lavaron cuidadosamente para posteriormente pelarlas y cortarlas en tiras de 7x7 mm. Una vez obtenidas las tiras de patata se prosiguió a freírlas durante 4 minutos a 170 °C.

Una vez fritas se sacaron las patatas de la freidora, se las dejó escurrir durante un minuto y se pasaron a un recipiente con una servilleta absorbente. Finalmente se colocaron en platos plásticos debidamente codificados antes de presentárselas a los catadores para su evaluación.

Las muestras se presentaron en triadas codificadas con números de tres cifras y en un orden determinado, respetando la siguiente secuencia establecida en la de la normativa ISO 4120:2004: ABB, AAB, ABA, BAA, BBA, BAB (AENOR, 2008). La codificación utilizada en el análisis sensorial se indica en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Codificación de las muestras a utilizar en el análisis sensorial según tratamiento y cultivar

Cultivares Agata y Agria							
Trat	Control	Trat	Control	Trat	Control	Trat	Control
<b>Menta</b>		<b>Alcaravea</b>		<b>Cilantro</b>		<b>CIPC</b>	
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>629</b>	439	630	412	364	968	331	783
<b>234</b>	356	744	903	800	418	933	815
Cultivares Monalisa y Kennebec							
Trat	Control	Trat	Control	Trat	Control	Trat	Control
<b>Menta</b>		<b>Alcaravea</b>		<b>Cilantro</b>		<b>CIPC</b>	
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>654</b>	300	204	697	892	979	901	270
<b>551</b>	906	542	332	670	530	682	557

**3.3.2.7.4. Diseño Experimental del análisis sensorial**

Cada catador recibió un plato con tres muestras codificadas cada vez, dónde dos de ellas eran iguales y una diferente. El panel se encargó de examinar las muestras, seleccionando la que consideraba diferente. El orden de presentación de las tres muestras fue aleatorio para cada panelista.

Cada serie representa un tratamiento. En total cada catador evaluó 16 series (4 tratamientos en 4 cultivares).

Para este caso se procedió a elaborar la hoja de cata con la información que se indica a continuación:

<b>Prueba triangular. Fecha:</b> _____ <b>Muestras:</b> Patatas fritas.			
Probar las muestras de izquierda a derecha. Dos muestras son iguales. Una diferente. Seleccionar la muestra diferente. Si no está seguro haga una propuesta. Puede indicar en comentarios que es una suposición y a la vez indicar porque la considera diferente.			
<b>Serie 1. Por favor escriba el código de cada muestra y marque la diferente.</b>			
Código			
La muestra que difiere de las otras dos es:			
Comentarios: _____			

**3.3.2.7.2. Interpretación de resultados**

El análisis de resultados se realizó de acuerdo a la norma ISO 4120:2004 (AENOR, 2008). En la Tabla 14 y que corresponde a la tabla A1 incluida en la norma, se establece la manera en que deben ser analizados los datos, según el nivel de significancia determinada antes de la evaluación.

**Tabla 14** Número mínimo de respuestas necesarias para concluir que existen diferencias perceptibles, baso en una prueba triangular

N	$\alpha$				
	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
21	9	11	12	13	15
<b>22</b>	10	11	<b>12</b>	14	15
23	10	12	12	14	16

Corresponde a la tabla A1- Número mínimo de respuestas necesarias para concluir que existen diferencias perceptibles, baso en una prueba triangular (ISO 4120:2004).

Esto significa que una vez analizados los datos recopilados en el análisis sensorial por lo 22 jueces y aun nivel de confianza del 95% establecido para la prueba, son necesarios 12 aciertos por parte de los jueces para concluir que existen diferencias perceptibles entre las muestras.

**3.3.3. Estudio del efecto de los AEs frente a fitopatógenos en almacenamiento de patata**

En la Figura 11 se muestra el diseño experimental llevado a cabo para el estudio antimicrobiano de los AEs.

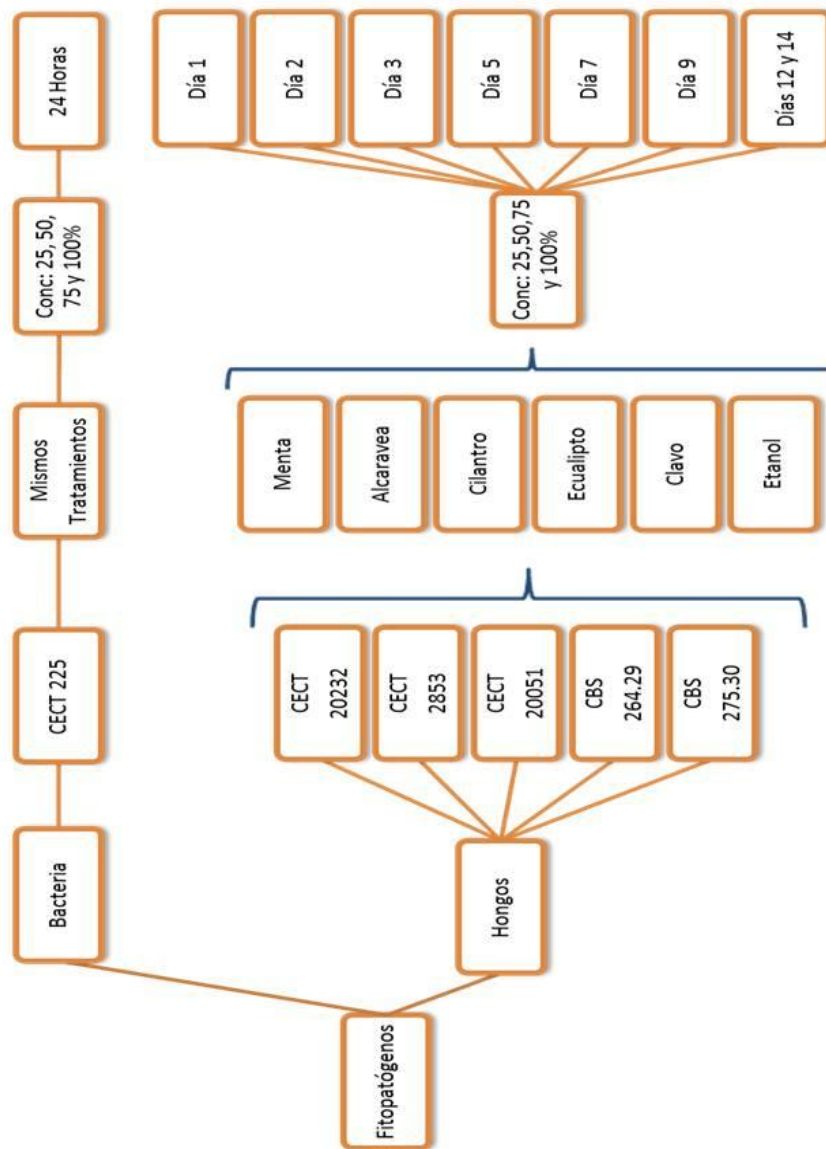


Figura 11. Diseño experimental del estudio antimicrobiano de los AFs utilizados.

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

El análisis antibacteriano se llevó a cabo mediante un diseño factorial 1x6x4x3 (una bacteria fitopatogena, 6 tratamientos, 4 concentraciones y tres repeticiones) en total se prepararon 72 placas con medio de cultivo para el estudio antibacteriano con aceites esenciales y 5 placas como control de etanol.

El estudio antifúngico se llevó a cabo mediante un diseño factorial 5x6x4x3 (5 hongos fitopatogenos, 6 tratamientos, 4 concentraciones y por triplicado). En total se prepararon 360 placas. (El medio de cultivo variaba según la cepa en estudio).

#### **3.3.3.1. Efecto de los aceites esenciales sobre bacterias fitopatogenas**

Se trabajo con la cepa *Pectobacterium carotovorum subs carotovorum*.

Antes de su empleo, se activó siguiendo el método sugerido por la CECT para activar liófilos. Se repicaron 100 µl de la cepa en 100 mL de caldo fresco de forma que tras 18 h de incubación se obtenía el inóculo inicial para los ensayos de actividad antimicrobiana. La incubación se realizó a 26 °C en agitación continua a 250 rpm en un incubador orbital. Finalmente, se ajustaba la concentración bacteriana del inóculo hasta tener una concentración inicial de al menos 10<sup>6</sup> ufc/ml.

El control de la concentración inicial del inóculo empleado se realizó a través de las lecturas de densidad óptica (DO) de los cultivos a 600 nm (DO<sub>600</sub>). Se empleó un espectrofotómetro UV-VIS de doble haz Cintra 20 (GMBH, Alemania). Para los recuentos, la inoculación e incubación de

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

---

*Pectobacterium carotovorum subs carotovorum* se realizó sobre medio de cultivo Agar tipo 2 (Cultimed, Panreac Química, Barcelona).

El método utilizado fue el de difusión en agar. Este método se basa en la medida de las zonas de inhibición del crecimiento microbiano que se desarrollan alrededor de discos que contienen los agentes antimicrobianos dispuestos sobre medios de cultivo pre-inoculados con la cepa bacteriana indicadora tras su incubación.

Se utilizó el medio de cultivo Agar tipo 2, el cual luego de ser esterilizado autoclave a 121 °C durante 15 min se dejó enfriar hasta una temperatura aproximada de 50 °C, y bajo cámara de flujo laminar se colocó en placa Petri de 9 cm, una cantidad aproximada de 20 ml de medio de cultivo en espera de su gelificación.

Posteriormente, se inocularon 100 µL de suspensión bacteriana de 10<sup>6</sup> ufc/ml de carga sobre la superficie del medio de cultivo. Luego, sobre las placas inoculadas se dispusieron discos de 17 mm de diámetro de papel de filtro de celulosa impregnados con 25 µL de AEs en diluciones con etanol a concentraciones del 25, 50 75 y 100%, utilizando el etanol al 96% como control.

Por último, las placas se incubaron a 26 °C durante 24 y 48 h. Tras la incubación, se examinaron y midieron con un calibre las zonas de inhibición del crecimiento microbiano desarrolladas alrededor de los discos.

**3.3.3.2. Efecto de los aceites esenciales sobre hongos fitopatógenas**

Antes de su empleo, cada cepa fúngica fue “sembrada” en el medio de cultivo fresco correspondiente para obtener un crecimiento miceliar de 7 días de antigüedad antes de iniciar el tratamiento con aceites esenciales de esta manera se obtenía el inóculo inicial para los ensayos de actividad antifúngica. La incubación se realizó a 24 °C en los caso des *F. Solani*, *C. Coccodes*, *H. Solani*. En el caso de *P. Pustulans* se incubo a 18 °C y *P. Foveata* a 20 °C. En todos los casos el tamaño del hongo “sembrado” fue de 8 mm.

El método utilizado fue el de difusión por vapor. Este método se basa en la medida del crecimiento del hongo expuesto al vapor del aceite esencial durante un tiempo determinado sin que exista un contacto entre el hongo estudiado y el aceite esencial aplicado.

Las placas se prepararon de la misma forma descrita en los estudios del efecto antibacteriano descrito en la sección anterior, con la variante de que en lugar de agregar el aceite esencial al medio de cultivo, este se colocó en cara inversa de la tapa de la placa de cultivo, sobre un disco de papel filtro esterilizado de 17 mm de diámetro en cantidades de 25 µl de aceite puro y en diluciones de 25, 50, 75% en etanol. De esta forma, el micelio de cada especie fúngica fue expuesto a la fase volátil del aceite por medio de su evaporación, sin entrar en contacto directo con la sustancia.

Por último, las placas de incubaron a la temperatura correspondiente según el fitopatógeno durante 14 días. Tras la incubación se examinaron



y midieron con un calibre el diámetro de crecimiento miceliar a los días 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 12, 14 desde la aplicación del tratamiento con aceite esencial.

El porcentaje de inhibición se calculo de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de inhibición (\%)} = \frac{ac - at}{ac} \times 100$$

Donde:

ac = área en mm<sup>2</sup> del control

at = área en mm<sup>2</sup> del tratamiento

#### **3.3.4. Determinación de valores residuales de aceite esencial o sus compuestos en la patata**

Para determinar los compuestos volátiles residuales en la patata tanto en piel como en pulpa, se utilizó la metodología SPME, Microextracción en fase sólida y cromatografía de gases utilizada en compuestos volátiles, aceites esenciales y monoterpenos, debido a la facilidad y rapidez para hacer las extracciones y que son reportadas por diferentes autores y su uso en diferentes matrices alimentarias (Bicchi *et al.*, 2007; Capobianco *et al.*, 2005; Coleman III *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2009; Hu *et al.*, 1999; Klimánková *et al.*, 2008; Marriott *et al.*, 2001; Ngassoum *et al.*, 2001; Pangloli *et al.*, 2002; Richter *et al.*, 2007; Ridgway *et al.*, 2007; Rohloff, 1999, 2002; Sanches-Silva *et al.*, 2005; Schulz *et al.*, 2008; Serrano *et al.*, 2009; Verzera *et al.*, 2011; Vichi *et al.*, 2006; Zini, Augusto, *et al.*, 2002; Zini, Lord, *et al.*, 2002; Zini *et al.*, 2003).

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

---

Este método SPME se basa en la extracción de los analitos de la matriz de la muestra mediante una fibra de sílice fundida que está recubierta de un sorbente, en la mayoría de los casos polimérico, seguida de la desorción de los analitos mediante temperatura o un disolvente orgánico (Peñalver, 2002).

El principio en el que se basa la SPME generalmente es la partición de los analitos entre la matriz de la muestra y el recubrimiento de fibra (Ridgway *et al.*, 2007). Así, el transporte de los analitos desde la matriz de la muestra hasta la fibra comienza cuando la fibra entra en contacto con la muestra y la extracción se considera completa cuando la concentración de analito ha alcanzado el equilibrio de distribución entre la muestra y la fibra.

Existen básicamente dos modos de extracción posibles en SPME, introduciendo la fibra directamente en la muestra o bien en el espacio de cabeza o headspace, en este caso se utilizó el modo de extracción por espacio de cabeza.

El diseño experimental llevado a cabo para el estudio de compuestos residuales en piel y pulpa de patata se indica en la Figura 12.

De las patatas tratadas se tomaron aproximadamente 5 gramos de muestra de piel, y 5 gramos de pulpa de 3 patatas diferentes para cada tratamiento y día de análisis, luego la muestra fue almacenada en tubos falcón de 30 ml a -20 °C hasta su utilización (Serrano *et al.*, 2009).

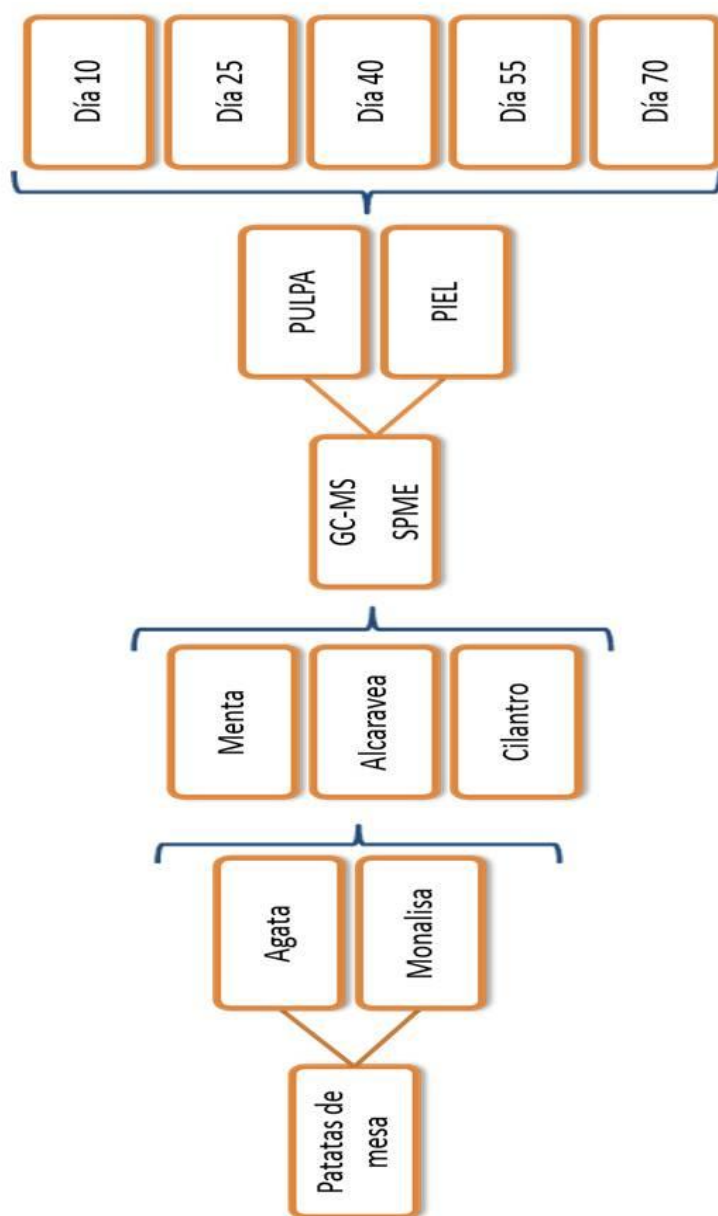


Figura 12. Diseño experimental de los análisis de cromatografía realizados

### **SECCIÓN 3. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS**

---

Antes de proceder a analizar las muestras en el cromatógrafo de gases, se tomo 1 gramo de muestra fresca y fue introducida en vials de 10 ml con tapas magnéticas y septo PTFE/silicona (Klimánková *et al.*, 2008; Pangloli *et al.*, 2002; Rohloff, 2002).

Las muestras fueron precalentadas durante 10 minutos a 25 °C con el propósito de extraer los compuestos residuales en la patata y movilizarlos hacia desde la matriz hacia el espacio de cabeza del vial utilizado. Posteriormente los analitos extraídos fueron expuestos a la fibra SPME DVB/CAR/PDMS 50/30 mm de 2 cm, durante 5 min antes de su análisis en el cromatógrafo de gases.

Se utilizó un cromatógrafo de gases (CG) (Hp 5890 serie II) acoplado a un espectrofotómetro de masas (HP 5971). El tiempo de desorción de la muestra en el cromatógrafo fue de 1 min a 250 °C (Zini, Lord, et al., 2002). La columna capilar utilizada fue HP-5 MS (30m X 0.25 mm X 0.25 µm)(Bilia *et al.*, 2002; Friedman *et al.*, 2000; Liu *et al.*, 2007; Schulz *et al.*, 2008; Siano *et al.*, 2003; Zhou *et al.*, 2007; Zini, Augusto, et al., 2002).

Se aplicó un flujo constante de helio (1.1 ml/min), una presión de cabeza de columna de 25.1 kp y una velocidad de 29 cm/s. El programa de temperaturas fue de 40 °C (5 min), incremento hasta 120 °C a razón de 3 °C/min y una vez alcanzada esta temperatura incrementos hasta 220 °C a razón de 30 °C/min manteniendo esta temperatura durante 1 minuto (Ferreira *et al.*, 2009).

## **SECCIÓN 4.**

### **Resultados**

---



## **SECCIÓN 4. Resultados**

### *Capítulo 0. Estudios preliminares*

---





## **SECCIÓN 4. RESULTADOS**

### **CAPÍTULO 0. ESTUDIOS PRELIMINARES.**

#### **1. Introducción**

En la actualidad un producto químico (CIPC: Clorprofam) es el más utilizado en almacenamiento de patata para prevenir principalmente las pérdidas por brotación, pero con la agravante de las posibles disminuciones de las dosis permitidas en su uso por la legislación aplicable. La presión del mercado y del consumidor por buscar productos más saludables y a la vez más amigables con el ambiente, hacen que sea necesario buscar alternativas a los productos sintéticos utilizados para este efecto, y asegurando que las nuevas alternativas no alteran la calidad comercial, culinaria y tecnológica de la patata.

#### **2. Objetivos**

El objetivo principal es estudiar el potencial de los AEs como antigerminantes en patata y su influencia sobre la calidad comercial, culinaria y tecnológica de la patata en almacenamiento.

#### **3. Diseño Experimental**

En la Figura 13 se muestra el diseño experimental llevado a cabo en los estudios preliminares.

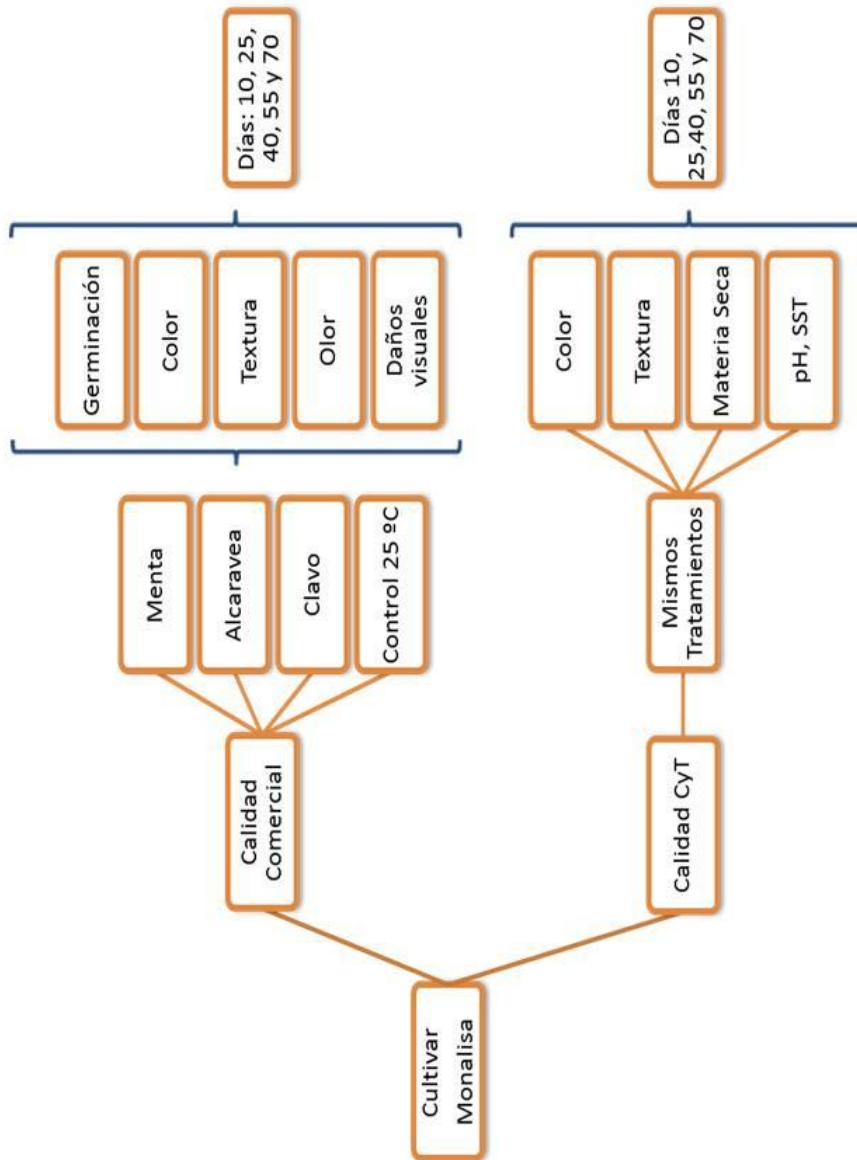


Figura 13. Diseño experimental de los estudios preliminares en cv. Monalisa

## **4. Resultados**

### **4.1. Calidad comercial**

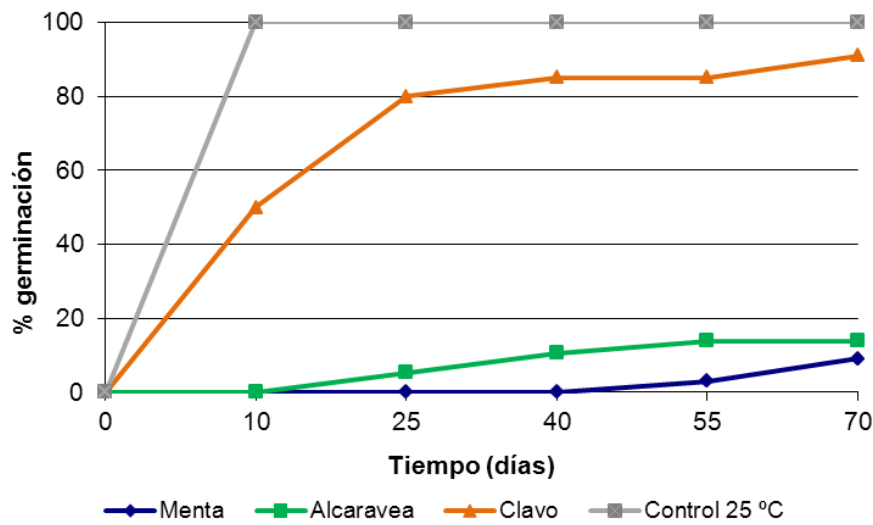
Se llevarán a cabo estudios previos en el cultivar *Monalisa*, para poner a punto los métodos utilizados en el análisis de la germinación, color de tubérculo y textura, así como obtener información a través de apreciaciones sensoriales de olor, y presencia de fitopatógenos importantes para el desarrollo de este trabajo.

#### **4.1.1. Apreciaciones sensoriales**

Como se muestra en la Figura 14, el tratamiento que presenta mejores resultados con respecto a la menor cantidad de tubérculos germinados es el tratamiento con AE de menta (9%), seguido por el tratamiento con AE de alcaravea (14%), y el menos efectivo el AE de clavo (91%).

Los tratamientos con aceite esencial de menta y alcaravea presentan alta efectividad como antigerminantes naturales en almacenamiento de patata y por lo tanto podrían ser potenciales sustitutos al uso del CIPC.

En el caso de los tubérculos tratados con AE de clavo, a partir del día 10 de tratamiento, ya mostraban un porcentaje cerca del 50% de tubérculos brotados, por lo que podría decirse que su efectividad es muy poca.



**Figura 14.** Porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de los tratamientos con AEs.

En cuanto a los daños por hongos y bacterias observados, los tubérculos tratados con AE de alcaravea fueron los únicos que presentaron problemas desde el día 10 de aplicado el tratamiento.

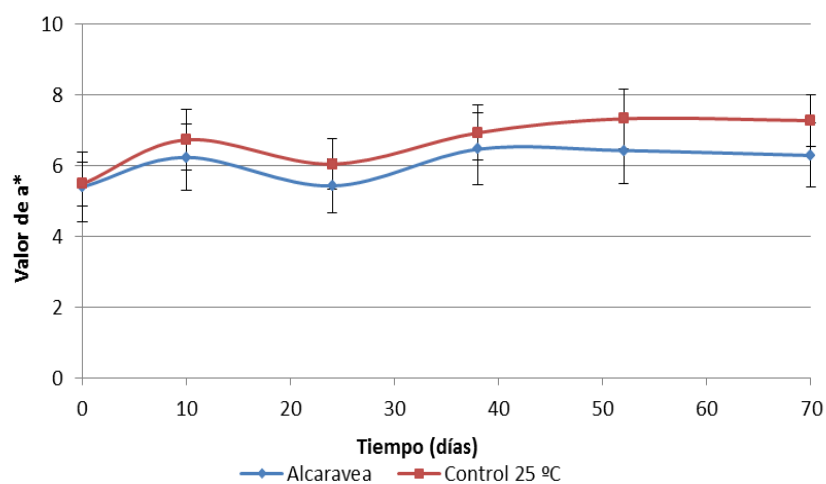
El aceite esencial cuyo olor característico permaneció más tiempo en el tubérculo fue el tratamiento con aceite esencial de clavo. Dichos tubérculos presentaron olor hasta el día 70 del experimento. Los tubérculos tratados con alcaravea y menta también presentaron olor hasta el día 40 y 55 respectivamente pero con menor intensidad que lo observado en las patatas tratadas con aceite esencial de clavo.

#### 4.1.2. Color del tubérculo

Solo se encontraron diferencias en la Luminosidad cuando los tubérculos fueron tratados con aceite esencial de clavo de olor, los tubérculos tratados presentaron menos luminosidad que el control.

En cuanto al parámetro  $a^*$ , solo existen diferencias tras la aplicación con aceite esencial de alcaravea en comparación con el control. Los tubérculos tratados presentan colores más “oscuros” que el control (Figura 15).

En cuanto al parámetro  $b^*$  ninguno de los tratamientos presento diferencias significativas con el control y por tanto ningún efecto sobre este parámetro.



**Figura 15.** Evolución en el tiempo del parámetro  $a^*$  en tuberculos de cv. *Monalisa*.

4.1.3. Textura

La aplicación de los tratamientos con aceite esencial de menta, alcaravea o clavo de olor, no alteran la textura (Fuerza y distancia de penetración) del tubérculo tratado en comparación con su respectivo control (Figura 16).

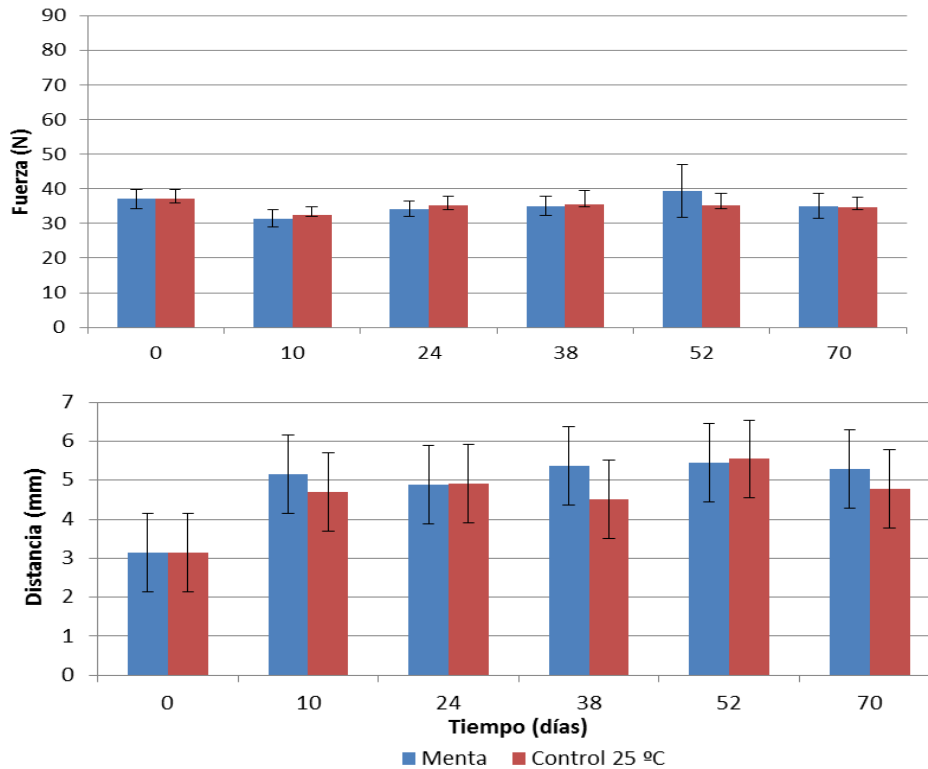
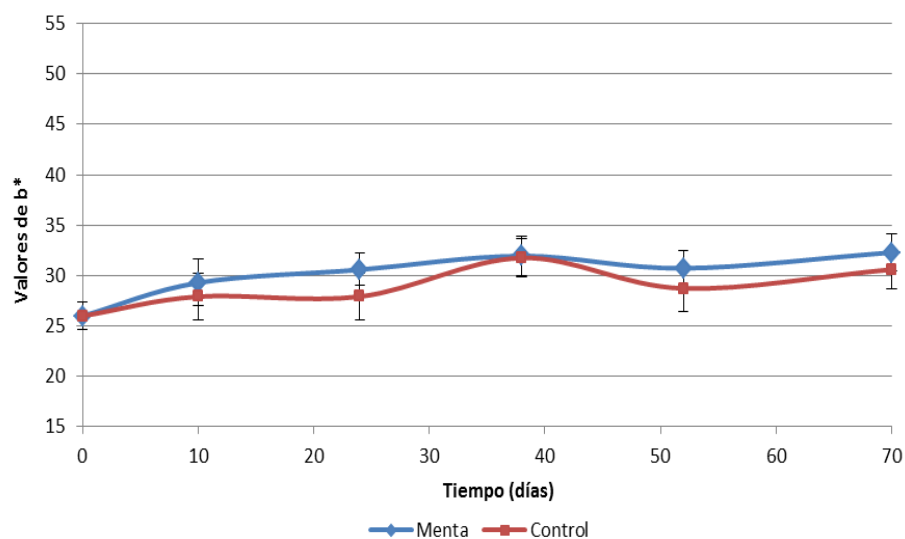


Figura 16. Evolución de la textura del tubérculo tratado con AE de menta.

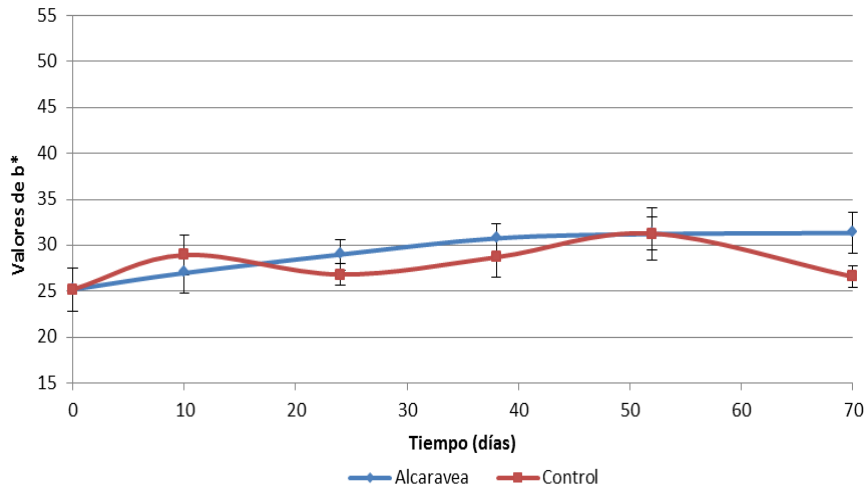
## 4.2. Calidad culinaria y tecnológica

### 4.2.1 Color

En cuanto al parámetro  $b^*$  se encontraron diferencias tras la aplicación de los tratamientos con AEs de menta y alcaravea (Figura 17 y Figura 18), provocando en las láminas de patata colores más “amarillos” que los observados en sus respectivo control.



**Figura 17.** Evolución del parámetro  $b^*$  en láminas de patata, tras la aplicación del aceite esencial de menta en el cv. *Monalisa*.



**Figura 18.** Evolución del parámetro  $b^*$  en láminas de patata, tras la aplicación del aceite esencial de menta en cv. *Monalisa*.

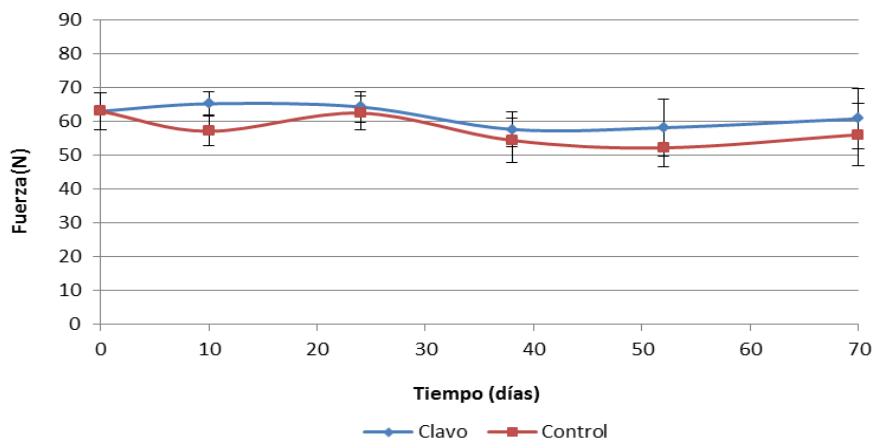
#### 4.2.2. Textura

En cuanto a la textura, se encontraron diferencias significativas en las láminas de patata de los tubérculos tratados con aceite esencial de clavo al compararlos con su respectivo control, presentando las patatas tratadas valores de mayor fuerza de corte (Figura 19). Sin embargo no existe diferencia entre los valores observados en la distancia necesaria de corte para estas mismas patatas.

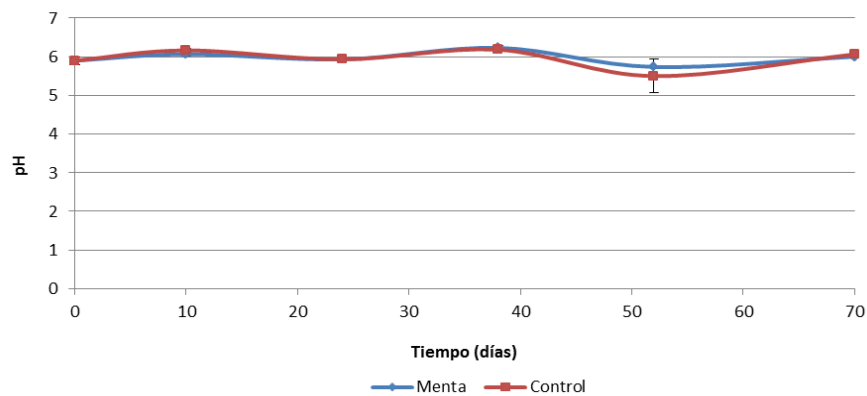


### 4.2.3. Otros parámetros

En el tiempo y las condiciones estudiadas no existe un efecto observable del uso de estos aceites esenciales sobre la calidad culinaria y tecnológica en los parámetros pH (Figura 20) y SST.



**Figura 19.** Evolución del parámetro fuerza (N) en láminas de patata, tras la aplicación del aceite esencial de clavo en cv. *Monalisa*



**Figura 20.** Evolución del parámetro pH en láminas de patata, tras la aplicación del aceite esencial de menta.

**5. Conclusión del capítulo**

Valorando cada uno de los resultados obtenidos y sus efectos sobre la calidad comercial, calidad culinaria y tecnológica de la patata cv Monalisa, el tratamiento que afecta menos la calidad general de la patata es el tratamiento con aceite esencial de menta. Por lo que podría ser un producto a valorar a nivel comercial como alternativa al uso de productos sintéticos en almacenamiento de patata.

## **SECCIÓN 4. Resultados**

### *Capítulo 1. Caracterización de la materia prima*

---



## CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA

## 1. Cultivares Industriales

A nivel instrumental, las variedades industriales utilizadas muestran diferencias en el color de la piel. En el caso del cultivar *Agria* presenta valores más bajos de Luminosidad y de tonalidades “amarillas”, y presenta valores más altos en las tonalidades “rojizas” con respecto a los valores observados en el cultivar *Kennebec* (Tabla 15). En cuanto al parámetro textura en el tubérculo de patata, el cultivar *Agria* muestra los valores más altos en ambos parámetros de textura analizados.

**Tabla 15.** Caracterización externa de los cultivares industriales

Cultivar	Textura <sup>1</sup>		Coordenadas del espacio CIELab <sup>2</sup>		
	Fuerza (N)	Distancia (mm)	L*	a*	b*
<b><i>Agria</i></b>	47.90 (3.81)**	4.54 (0.34)	56.34 (2.15)	10.77 (0.70)	34.71 (2.93)
<b><i>Kennebec</i></b>	41.54 (4.26)	3.93 (0.99)	62.61 (2.40)	6.40 (1.50)	38.27 (2.56)

<sup>1</sup>Medias y desviación estándar de 3 muestras.

<sup>2</sup>Medias y desviación estándar de 5 muestras.

\*\*Desviación estándar.

Visiblemente es posible diferenciar ambos cultivares por el color de su pulpa. El cultivar *Agria* presenta un color de piel amarillo, mientras que el cultivar *Kennebec* presenta una pulpa color blanca. En cuanto a su forma, el cultivar *Kennebec* es más “redondeado” que el cultivar *Agria*.

## SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 1.

A nivel instrumental, los cultivares industriales utilizados muestran diferencias en el color de su pulpa, en el caso del cultivar *Agria* presenta valores más bajos de Luminosidad y tonalidades más amarillas y rojizas que los valores observados en *Kennebec* (Tabla 16). En cuanto al parámetro textura en las lonchas de patata, el cultivar *Agria* muestra los valores más altos en ambos parámetros de textura analizados.

El contenido de materia seca (MS), sólidos solubles totales (SST), así como de azúcares reductores (Az total) es mayor en el cultivar *Kennebec* que en el cultivar *Agria*. El cultivar *Kennebec* sobrepasa al día 0 el límite en contenido de azúcares reductores de 0.5% de materia fresca, establecido para patatas que se dedicaran a transformación en chips (Tabla 16).

**Tabla 16.** Caracterización culinaria de los cultivares industriales.

Cultivar	Textura <sup>1</sup>		Coordenadas del espacio CIELab <sup>1</sup>		
	Fuerza (N)	Distancia (mm)	L*	a*	b*
<b>Agria</b>	74.18 (4.51)**	3.34 (0.21)	69.34 (1.67)	2.06 (0.67)	36.69 (3.77)
<b>Kennebec</b>	73.97 (5.63)	3.27 (0.23)	74.01 (2.40)	0.05 (0.32)	23.50 (1.45)
Cultivar	% <sup>2</sup>		Azúcares reductores <sup>2</sup>		
	MS	SS	Glucosa	Fructosa	Az total
<b>Agria</b>	34.78 (2.93)	5.27 (0.13)	0.13 (0.13)	0.13 (0.12)	0.27 (0.25)
<b>Kennebec</b>	36.39 (2.32)	6.36 (0.40)	0.39 (0.21)	0.26 (0.15)	0.65 (0.35)

<sup>1</sup>Medias y desviación estándar de 15 muestras.

<sup>2</sup>Medias y desviación estándar de 3 muestras.

\*\*Desviación estándar.

## 2. Cultivares de mesa

En el caso de los cultivares de mesa, los tubérculos en el cultivar *Monalisa*, presentan valores superiores en textura que los valores observados en *Agata*. En cuanto al color externo del tubérculo, el cultivar *Monalisa* presenta mayor “luminosidad” y mayores tonalidades “amarillas” y “rojizas” (Tabla 17)

**Tabla 17.** Caracterización externa de la patata en los cultivares de mesa.

Cultivar	Textura <sup>1</sup>		Coordenadas del espacio CIELab <sup>2</sup>		
	Fuerza (N)	Distancia (mm)	L*	a*	b*
<b>Agata</b>	36.21 (4.32)**	3.56 (0.39)	57.80 (2.02)	7.13 (0.95)	35.91 (3.14)
<b>Monalisa</b>	39.41 (3.85)	3.91 (0.53)	59.48 (2.01)	7.41 (0.86)	37.40 (2.19)

<sup>1</sup>Medias y desviación estándar de 3 muestras.

<sup>2</sup>Medias y desviación estándar de 5 muestras.

\*\*Desviación estándar.

En cuanto al color de las lochas de patata, el cultivar *Monalisa* presenta a día “cero” valores mas “luminosos” y con tonalidades mas “rojizas” y amarillas”. Tambien el cv. *Monalisa* presenta valores mayores en los parámetros de textura estudiados en comparación con los valores obtenidos en el cultivar *Agata* (Tabla 17)

En cuanto a los valores observados de materia seca y sólidos solubles totales (SST), el cultivar *Agata* presenta valores superiores que el cultivar *Monalisa*. En cuanto a los azúcares reductores ambos cultivares sobrepasan los valores límites ideales del 0.8% y del 0.5% para uso en industria, sin embargo el contenido de azúcares reductores no

## SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 1.

sobrepasa el contenido de 2% que haría al tubérculo descartable. El cultivar *Monalisa* presenta los valores más altos en cuanto a contenido de azúcares reductores (Tabla 18).

**Tabla 18.** Caracterización culinaria de los cultivares de mesa

Cultivar	Textura <sup>1</sup>		Coordenadas del espacio CIELab <sup>1</sup>		
	Fuerza (N)	Distancia (mm)	L*	a*	b*
<b>Agata</b>	56.04 (5.98)**	3.28 (0.13)	66.62 (1.41)	-0.38 (0.21)	25.85 (1.48)
<b>Monalisa</b>	66.06 (5.08)	3.31 (0.11)	67.51 (2.19)	0.18 (0.30)	30.76 (1.81)
Cultivar	% <sup>2</sup>		Azúcares reductores <sup>2</sup>		
	MS	SS	Glucosa	Fructosa	Az totales
<b>Agata</b>	33.35 (1.91)	6.78 (0.99)	0.65 (0.07)	0.58 (0.06)	1.23 (0.03)
<b>Monalisa</b>	31.43 (2.21)	6.44 (0.85)	0.87 (0.34)	0.60 (0.16)	1.47 (0.47)

<sup>1</sup>Media y desviación estándar de 15 muestras.

<sup>2</sup>Media y desviación estándar de 3 muestras.

\*\*Desviación estándar



## **SECCIÓN 4. Resultados**

*Capítulo 2. Evaluación de la calidad comercial de la patata.*

---



## CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD COMERCIAL DE LA PATATA

### 1. Introducción

En la actualidad se están probando diferentes productos naturales no comerciales como sustitutos al CIPC. Dentro de los productos comúnmente estudiados se encuentran los monoterpenos volátiles, aldehídos aromáticos y alcoholes.

Varios monoterpenos volátiles que se encuentran entre los principales constituyentes de diversos aceites esenciales fácilmente obtenibles, han demostrado a través de algunos experimentos que son fitotóxicos en estado gaseoso a los brotes del tubérculo de patata (Kleinkopf *et al.*, 2003; Mehta *et al.*, 2006; Mehta *et al.*, 1998).

Vaughn y Spencer (1991) llevaron a cabo análisis con los monoterpenos más tóxicos a los brotes de patata utilizando un sistema de flujo continuo en el cual los compuestos fueron liberados como gases en el espacio superior que rodeaba los tubérculos cv. *Norchip*. Varios de estos compuestos, inhibieron eficientemente la germinación y el crecimiento de hongos a concentraciones molares relativamente bajas.

Este tratamiento también fue realizado por los autores con aplicación directa de componentes puros y emulsiones sobre el tubérculo, sin embargo estos experimentos demostraron problemas de podredumbre y

presencia de patógenos importantes en el tubérculo (Vaughn *et al.*, 1993).

Otras investigaciones se han desarrollado en este tema, Coleman *et al.* (2001) investigaron acerca de los efectos del vapor de mentón y neomenton en comparación con S-(+)-carvona para medir la eficacia de supresión de brotes así como su eficiencia en los niveles de azúcares solubles, respiración y procesamiento de calidad durante temperaturas altas y bajas de almacenamiento en diferentes cultivares (*AC Novachip, Russet Burbank, Shepody and Snowden*).

Otros investigadores concluyen que aceites esenciales que contienen mentol (menta), 1,8-Cineol (eucalipto), eugenol (clavo), linalol (cilantro), carvona (alcaravea), methyl cavicol como mayores compuestos son potenciales inhibidores de la germinación y podrían ser explotados comercialmente (Batish *et al.*, 2008; Coleman *et al.*, 2001; Costa E Silva *et al.*, 2007; Mehta *et al.*, 2002; Mittal *et al.*, 2001; Oosterhaven *et al.*, 1995; Gurdip. Singh *et al.*, 1997; Teper-Bamnolker *et al.*, 2010).

## **2. Objetivo**

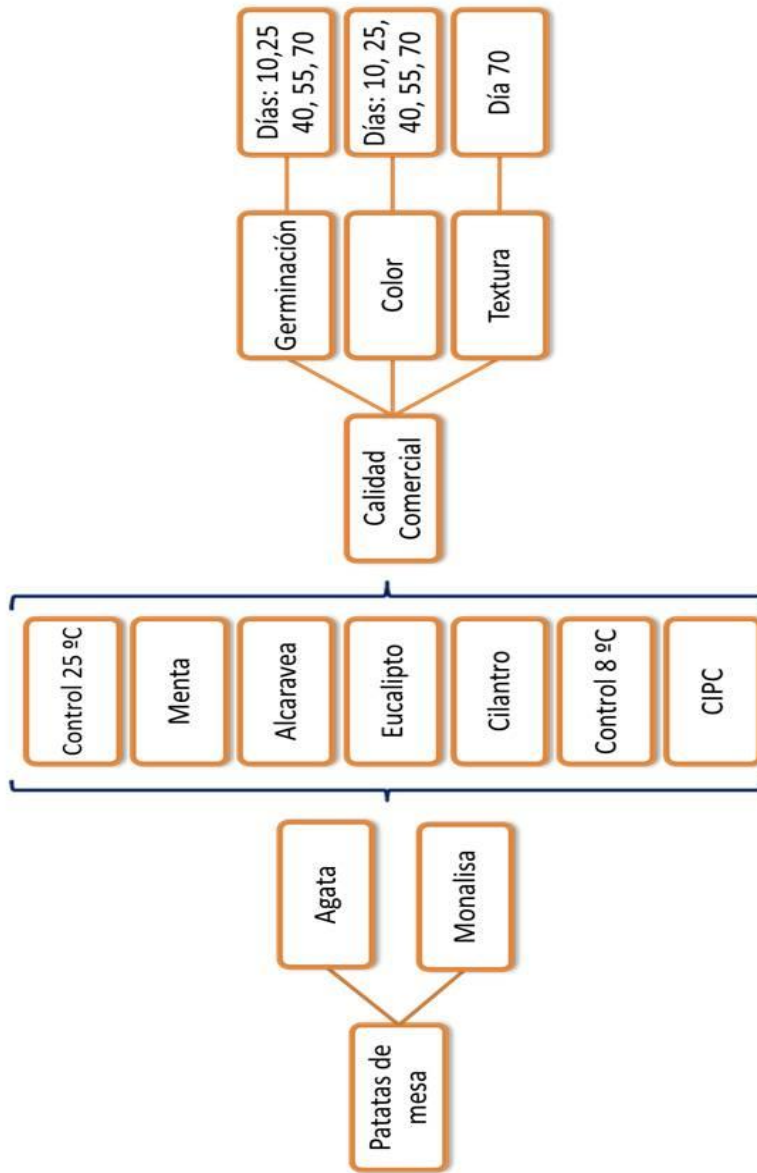
Estudio de la utilización de aceites esenciales como potenciales agentes antigermiñantes y su efecto sobre la calidad comercial de la patata almacenada.

Los parámetros de calidad que se contemplan son: germinación, apariencia general, color y textura externa del tubérculo, residuo del aceite esencial sobre la piel del tubérculo.

### **3. Diseño experimental**

Para la evaluación de la calidad comercial se desarrollo un diseño factorial 7x5x4x4 (7 tratamientos, 5 días de análisis y 4 tubérculos como muestras destructivas para análisis de textura, 4 cultivares) y un bloque de 7x20x4 (7 tratamientos, 20 tubérculos como muestras no destructivas para el estudio de la germinación, textura, y color externo, 4 cultivares).

En las Figura 21 y Figura 22 se muestra el diseño experimental seguido para el análisis de la calidad comercial en los cultivares de mesa y los cultivares industriales respectivamente.



**Figura 21.** Diseño experimental de los estudios de calidad comercial realizados en cultivares de mesa

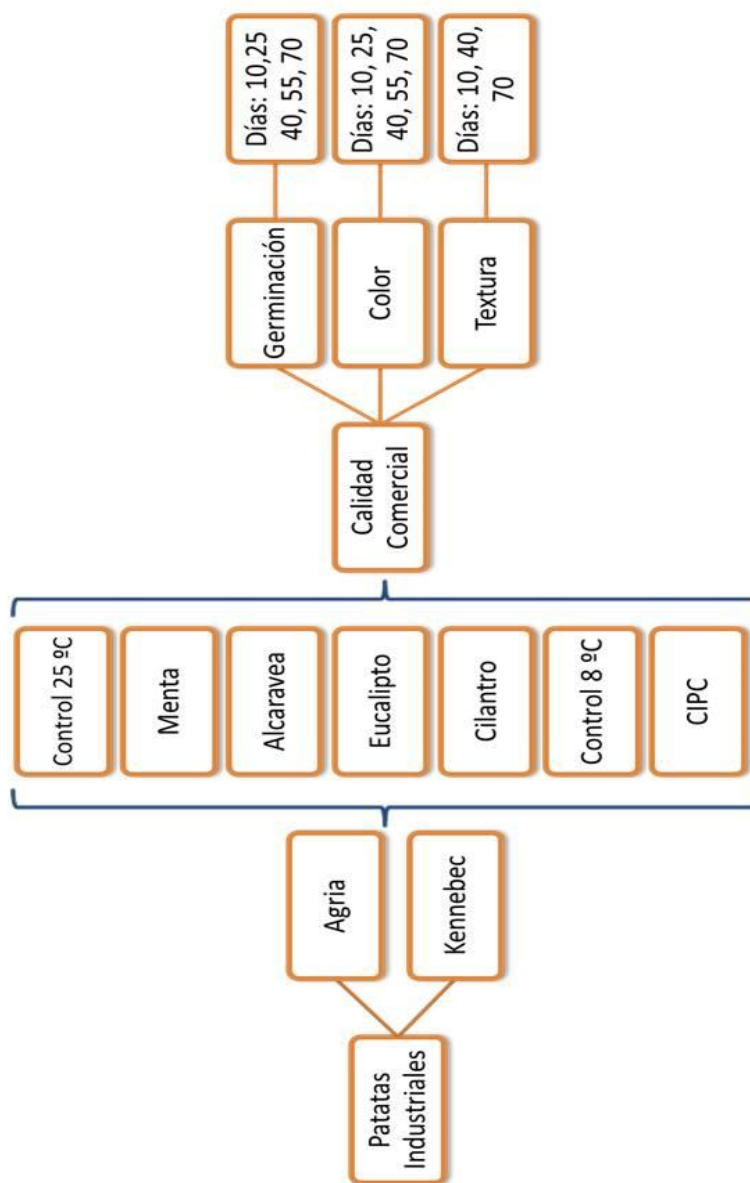


Figura 22. Diseño experimental de los estudios de calidad comercial en cultivares industriales

## **4. Resultados**

Se presentan los resultados de germinación, color externo del tubérculo, textura de la patata entera para los cuatro cultivares estudiados.

### **4.1. Germinación**

Se presentan los resultados obtenidos del estudio de germinación durante 70 días de almacenamiento tras la aplicación de tratamientos como antigerminantes en patata.

Se estudiaron dos controles: uno a 25 °C en las mismas condiciones de los tratamientos con AEs, y otro a 8 °C en condiciones normales de almacenamiento de patata y en las mismas condiciones que el tratamiento con CIPC.

Las temperaturas utilizadas para la aplicación del tratamiento provocan que los tubérculos control sometidos a las mismas condiciones que los tubérculos tratados (25 °C), germinen en su totalidad al día 10 del tratamiento, mientras que, el control estudiado en condiciones normales de almacenamiento (8 °C, 85 HR) refleja la evolución natural de la germinación de los tubérculos durante los 70 días de almacenamiento

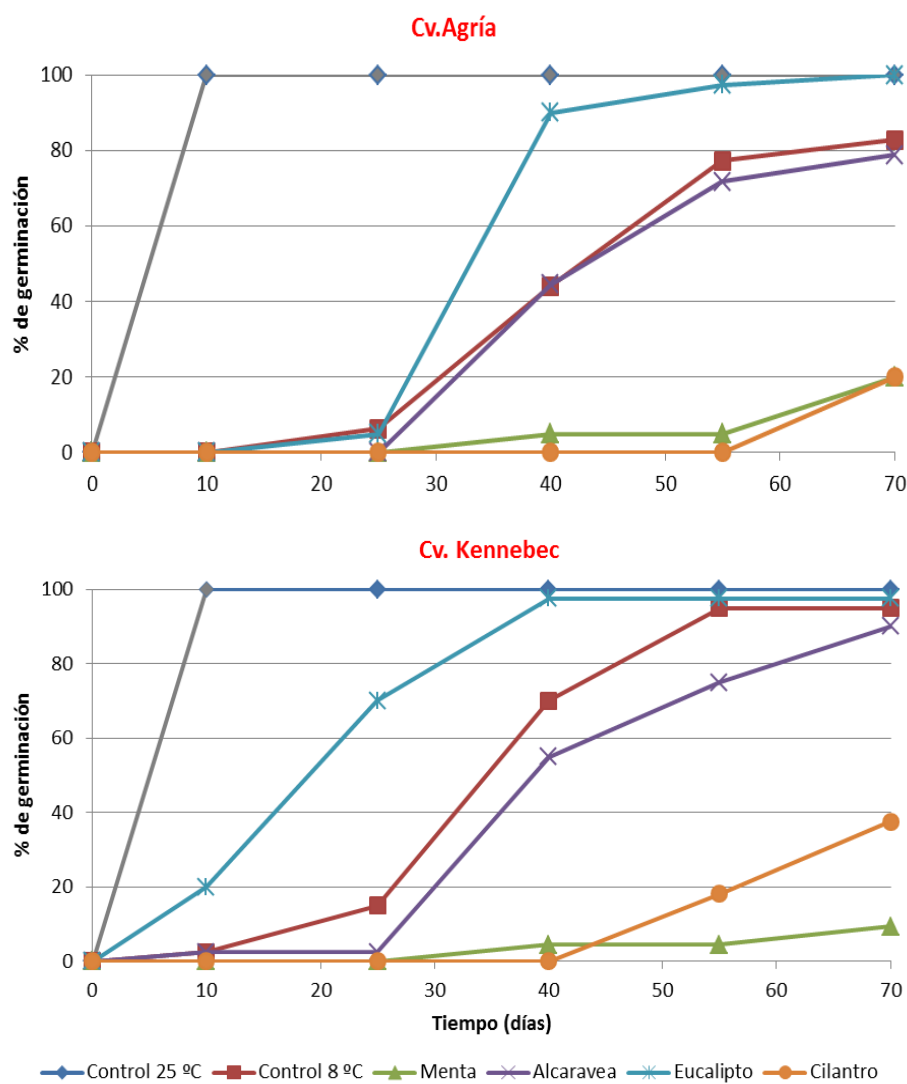


#### **4.1.1. Cultivares Industriales**

Como se muestra en la Figura 23, el tratamiento que presenta la menor cantidad de tubérculos germinados en los cultivares de uso industrial estudiados, es el tratamiento con AE de menta, mostrando una inhibición de la germinación al final del almacenamiento (día 70) del 91% en el cultivar *Kennebec* y un 80% en el cultivar *Agria*, seguido por el tratamiento con AE de cilantro con porcentajes de inhibición del 60% en el cultivar *Kennebec* y un 80% en el cultivar *Agria*.

Estos tratamientos son efectivos para inhibir la germinación durante 40 días, tras los cuales sería necesaria otra aplicación del tratamiento. Dado que la aplicación del tratamiento se realizó a 25 °C para lograr la volatilización del producto, este período de inhibición podría alargarse si se sometiera el tubérculo solo a temperaturas normales de almacenamiento.

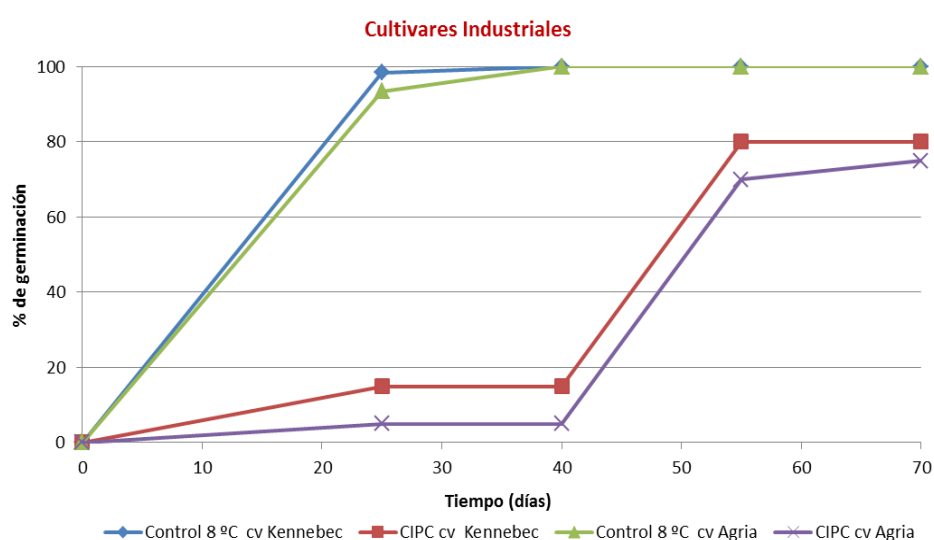
Los tratamientos con AEs de alcaravea y de eucalipto poseen muy poca efectividad como antigerminantes en estos cultivares. El tratamiento con AE de alcaravea solo fue efectivo en los primeros 25 días para ambos cultivares. En el caso del uso del tratamiento con eucalipto, fue posible observar desde el día 10 tubérculos germinados en el cultivar *Kennebec*, mientras que en el cultivar *Agria* inhibió la germinación durante los primeros 25 días.



**Figura 23.** Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de los tratamientos con AEs en cultivares industriales.

Después de 70 días los tratamientos con AE de alcaravea y eucalipto, presentaban porcentajes de inhibición menores del 10% en caso del cultivar *Kennebec*, y menores del 20% en el caso del cultivar *Agria*, por lo que estos tratamiento no podrían ser considerados como efectivos antigerminantes a 70 días.

En la Figura 24 se puede observar como la aplicación del tratamiento con CIPC en los cultivares estudiados, inhibió la germinación en más de un 85% durante 40 días, reduciéndose posteriormente su efectividad para en el día 70 inhibir en un 25% la germinación en ambos cultivares.



**Figura 24.** Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de CIPC.















Los respectivos controles desde el día 25 presentaban la totalidad de los tubérculos germinados. Esto nos indica que, para las condiciones

estudiadas el tratamiento con CIPC requiere de aplicaciones aproximadas cada 30 días para evitar la aparición o deterioro del tubérculo debido a la germinación (Figura 24).

En la Figura 25, puede observarse la efectividad que poseen los tratamientos de menta y de cilantro en comparación con la baja efectividad de los tratamientos de eucalipto y alcaravea. Si bien el tratamiento con CIPC presentaba aproximadamente un 80% de tubérculos germinados, el tamaño y grosor de los mismos era inferior a los observados en los tratamientos de eucalipto y alcaravea.

Durante el estudio de la geminación fue posible observar algunos cambios tras la aplicación de los tratamientos. En el caso de los tubérculos del cultivar *Kennebec* tratados con AE de alcaravea, observar licuefacción de los tejidos acompañado de fuerte olor, probablemente asociado a la descomposición por bacteria de algún género de *Pectobacterium spp.* No fue posible observar algún micelio o moho hiciera suponer la presencia de algún hongo fitopatógeno, además los tubérculos dañados por este mismo tratamiento a día 25 presentaban pudrición blanda y con ennegrecimiento de la piel.

En el caso de *Agria* los tubérculos tratados con AE de eucalipto se podían observar mohos vellosos blanquesinos, lo que podría indicarnos la presencia de alguna especie de *Fusarium spp* o algún tipo de Mildiu Velloso (fotos 3 y 4), también era detectable un olor putrefacto aunque no tan intenso a lo visto en el cultivar *Kennebec* en el tratamiento con AE de alcaravea.

Tratamiento	cv. AGRIA DÍA 70	cv. KENNEBEC DÍA 70
Control 25 °C		
Menta		
Alcaravea		
Eucalipto		
Cilantro		
Control 8 °C		
CIPC		

**Figura 25** Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de AEs en cultivares industriales.

Lo controles utilizados en el estudio así como los otros tratamientos, no presentaron daño alguno, por lo que el uso de estos AEs podría haber provocado un debilitamiento de la peridermis. Sin embargo habría que realizar un aislamiento de los daños presentes en el tejido para poder identificar el patógeno causal de los daños observados.

#### **4.1.2. Cultivares de mesa**

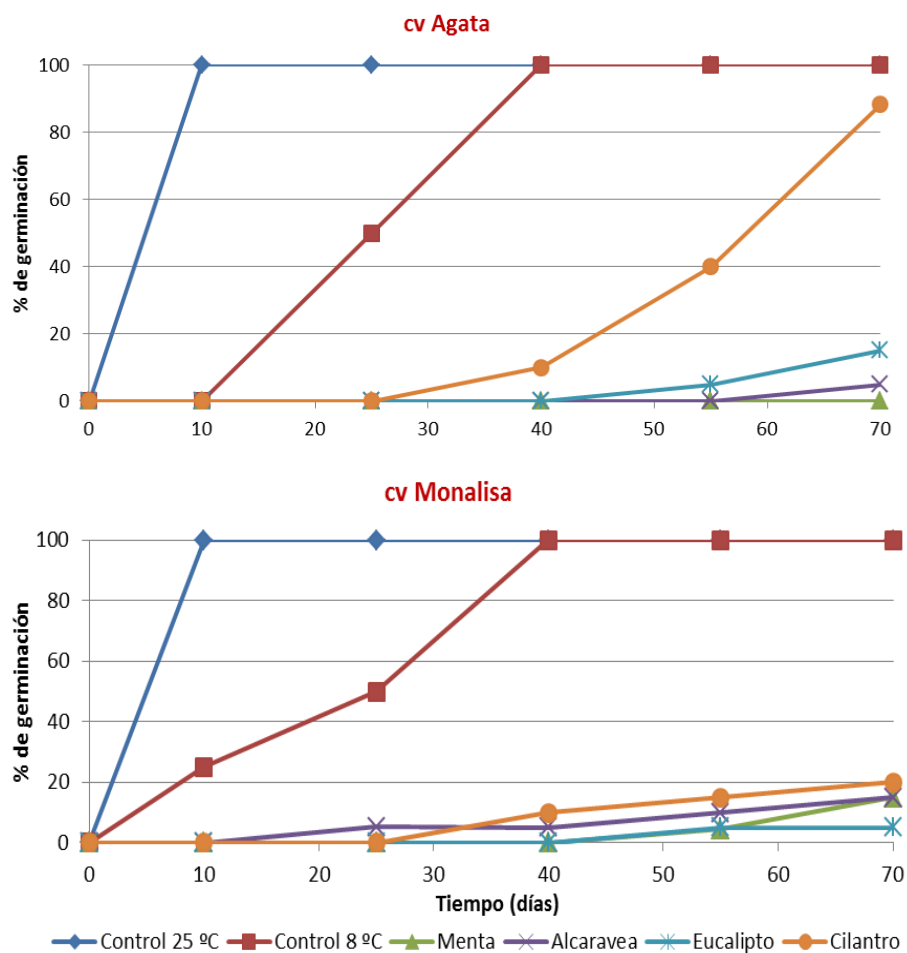
Como se muestra en la Figura 26, para el cultivar *Agata* el tratamiento que presenta mejores resultados con respecto a la menor cantidad de tubérculos germinados es el tratamiento con AE de menta, mostrando una inhibición del 100% a 70 días de tratamiento, seguido por los AEs de alcaravea y eucalipto con porcentajes de inhibición del 95% y 85% respectivamente.

El tratamiento con AE de cilantro es efectivo solo durante los primeros 40 días, reduciéndose posteriormente su capacidad antigerminante, con porcentajes de inhibición del 12% (día 70).

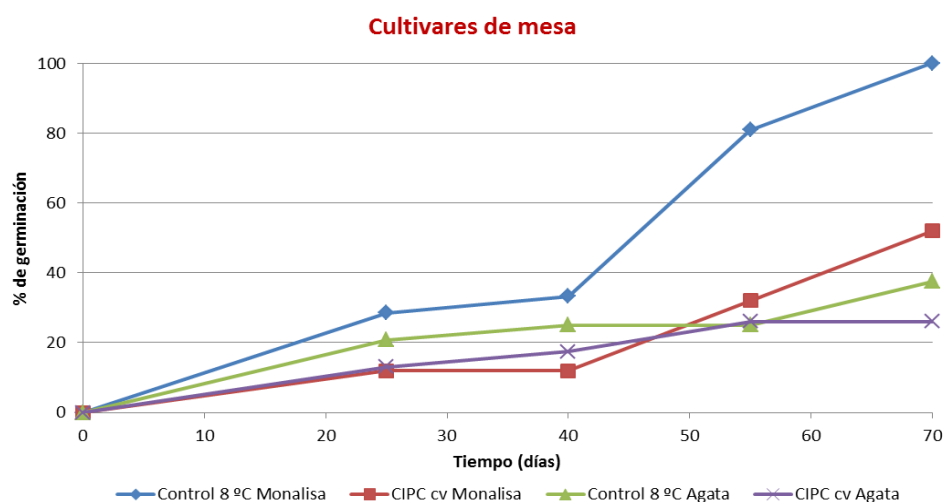
En el cultivar *Monalisa* el tratamiento más efectivo en inhibir la germinación fue el de eucalipto con un porcentaje de inhibición del 95% a día 70, seguido por los tratamientos de menta y alcaravea (85%), y cilantro (80%). Como se puede observar en este cultivar todos los tratamientos tienen un porcentaje de inhibición mayor del 80%.

La aplicación del tratamiento con CIPC sobre los cultivares de mesa fue capaz de inhibir la germinación en mas de un 80% durante 40 días, tras lo cual el día 70 solo lograron inhibir en un 48% y un 74% en el caso de

*Monalisa* y *Agata* respectivamente. El control del cultivar *Monalisa* al día 70 había germinado en su totalidad, sin embargo en el cultivar *Agata* el control correspondiente solo germinó en un 79% al final del tratamiento (Figura 27).



**Figura 26.** Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de AEs en cultivares de mesa.



**Figura 27.** Evolución del porcentaje de tubérculos germinados, tras la aplicación de CIPC.

En el caso de la aplicación del CIPC para los cultivares de mesa, sería necesarias mas aplicaciones después del día 25 de almacenamiento. En cuanto a la aplicación de tratamientos con AEs, en el caso del cultivar *Agata* sería necesario otra aplicación luego de 40 días para el tratamiento con Eucalipto, 55 días para alcaravea y 70 días para la menta. Para el cv *Monalisa*, sería necesaria otra aplicación de producto después del día 40 para todos los tratamientos con AEs utilizados.



### **4.1.3. Susceptibilidad de la variedad y el tratamiento a la germinación**

Después de la cosecha los tubérculos se encuentran en una fase de reposo vegetativo más o menos largo, durante la cual los tubérculos son incapaces de germinar, empieza la brotación lentamente al principio, produciéndose después con rapidez un número elevado de brotes (Martin, 2000). En los cultivares estudiados puede verse la interrupción de este modo latente por el aumento de las temperaturas a 25 °C para aplicación del tratamiento, y que estimula la germinación y provoca que a día 10 en todos los cultivares hayan germinado en su totalidad los tubérculos. La germinación está asociada a una movilización de los carbohidratos, principalmente almidón hidrolizado. Se produce un aumento de azúcares reductores (azucarado por senescencia) y está asociado al final del reposo (Kumar *et al.*, 2004).

Desde el momento en que las temperaturas sean superiores a 6 °C, se hace necesaria la aplicación de inhibidores de germinación durante dos meses o más y solo se pueden tratar las patatas de consumo y aquellas dedicadas a la transformación industrial, no deben ser tratadas las patatas destinadas para siembra (Blenkinsop *et al.*, 2002; Rousselle *et al.*, 1999). Para los cultivares industriales el control a temperaturas de 8 °C inicia la germinación a día 10 y alcanza la germinación de la totalidad de los tubérculos a día 55, mientras que los cultivares de mesa germinan más rápidamente y alcanzan la totalidad de los tubérculos germinados a día 40 de experimento, para ambos casos la germinación inicia desde el día 10 con la aparición de los primeros brotes sería necesario la aplicación de tratamientos antigermi-nantes.

Varias hormonas de crecimiento presentes en los tubérculos de patata son los responsables de la germinación y el crecimiento de las plántulas. Entre ellas las giberelinas se considera que pueden interrumpir la latencia en los tubérculos. Sin embargo también existen otras hormonas antagonistas a la giberelinas y que pueden inducir la dormancia, una de las más importantes es ácido absicico (ABA).

Parece que monoterpenoides oxigenados actúan de la misma manera que el ABA en los tubérculos de patata (Gurdip. Singh *et al.*, 1997). Oosterhaven *et al.* (1993) reportaron en sus investigaciones que el S-carvona principal compuesto en la alcaravea probablemente reduce la actividad de 3-hidroxy-3-methyl glutoryl co-enzima A reductasa.

La efectividad observada del tratamiento con AE de menta, en todos los cultivares y la efectividad de la AE de alcaravea como antigerminante en los cultivares mesa, había sido detectada por Teper-Bamnlker *et al.* (2010), quienes demostraron que la aplicación de AE de menta causa necrosis local en el meristema del brote, y unas semanas más tarde, existe crecimiento de yemas axilares en el mismo brote anteriormente necrosado, y que R-carvona, presente entre otros aceites esenciales en la alcaravea, causa daños visibles en la membrana de los meristemas de los brotes inhibiendo la germinación.

Los aceites esenciales o sus componentes, deterioran físicamente los brotes en desarrollo y suprimen su alargamiento. Sin embargo, para su eficacia pueden ser necesarias repetidas o continuas aplicaciones de estos compuestos como pudo determinarse después de este estudio.

Es posible observar como la variedad del tubérculo es un factor importante en el momento de decidir que tratamiento antigerminante

aplicar, pues si bien en los casos de las variedades industriales el eucalipto y la alcaravea no fueron efectivos como antigerminantes, su empleo en las variedades de mesa fue efectivo, caso contrario sucedió con el uso de AE de cilantro que no fue efectivo en los cultivares de mesa.

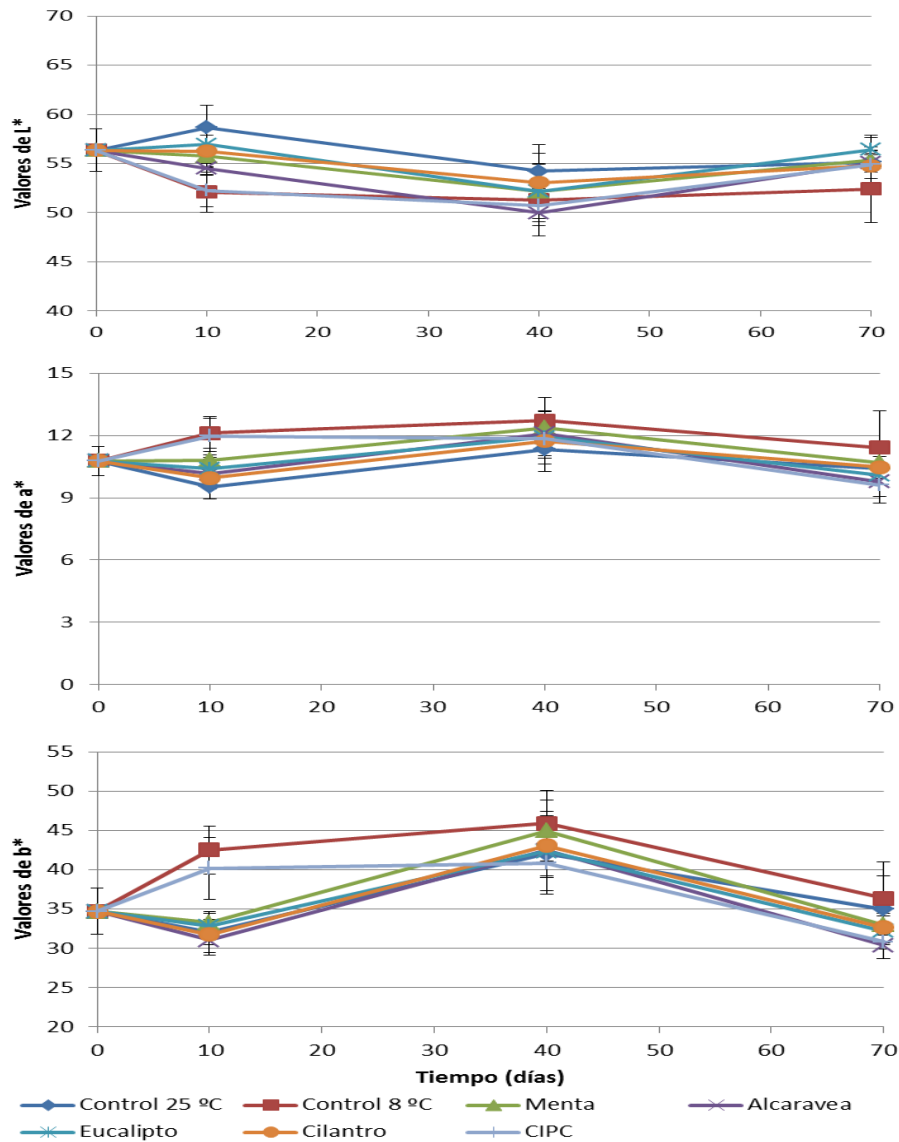
## **4.2. Color**

### **4.2.1 Variedades Industriales**

#### **4.2.1.1. Cultivar *Agria***

En la Figura 28 puede observarse la evolución que siguen las principales referencias en análisis de color en todos los días estudiados. Exceptuando los valores obtenidos en el parámetro  $b^*$ , los valores obtenidos a final del experimento en su mayoría se asemejan a los valores observados a día 0, en la caracterización de la materia prima.

A día 40 de almacenamiento es posible observar diferencias significativas en el parámetro  $L^*$  (Luminosidad) con la aplicación del tratamiento con AE de alcaravea. Los tubérculos de este tratamiento presentan valores más bajos (oscuros) que el control a 25 °C (ya germinado) y no hay diferencias significativas al compararlo con los resultados del control a 8 °C que para este día aun no presentaba mayor deterioro por germinación (Tabla 19).



**Figura 28.** Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) en tubérculos cultivar *Agría*, tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos.

**Tabla 19.** Análisis estadístico del color externo de la patata en el cultivar *Agria*.

Agria	Día 40			Día 70		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
<b>Control</b>	54.23 <sup>c</sup>	11.34 <sup>a</sup>	42.00 <sup>ab</sup>	55.13 <sup>b</sup>	10.42 <sup>ab</sup>	34.96 <sup>bc</sup>
<b>25 °C</b>	(2.67)**	(1.06)	(3.06)	(2.54)	(0.80)	(4.29)
<b>Menta</b>	52.15 <sup>abc</sup>	12.38 <sup>ab</sup>	44.98 <sup>ab</sup>	55.35 <sup>b</sup>	10.70 <sup>bc</sup>	33.00 <sup>ab</sup>
	(1.08)	(0.56)	(3.91)	(0.96)	(0.44)	(1.12)
<b>Alcaravea</b>	49.98 <sup>a</sup>	12.09 <sup>ab</sup>	42.46 <sup>ab</sup>	55.06 <sup>b</sup>	9.77 <sup>ab</sup>	30.40 <sup>a</sup>
	(1.30)	(1.05)	(3.45)	(0.94)	(0.70)	(1.74)
<b>Eucalipto</b>	52.16 <sup>abc</sup>	11.91 <sup>ab</sup>	42.36 <sup>ab</sup>	56.42 <sup>b</sup>	10.1 <sup>ab</sup>	32.20 <sup>ab</sup>
	(2.76)	(1.28)	(5.05)	(1.44)	(0.45)	(2.29)
<b>Cilantro</b>	53.06 <sup>bc</sup>	11.74 <sup>ab</sup>	43.05 <sup>ab</sup>	54.79 <sup>b</sup>	10.48 <sup>abc</sup>	32.66 <sup>ab</sup>
	(2.94)	(0.85)	(3.78)	(1.85)	(0.52)	(2.15)
<b>Control</b>	51.30 <sup>ab</sup>	12.71 <sup>b</sup>	45.88 <sup>b</sup>	52.43 <sup>a</sup>	11.41 <sup>c</sup>	36.36 <sup>c</sup>
<b>8°C</b>	(3.70)	(1.12)	(4.20)	(3.42)	(1.76)	(4.67)
<b>CIPC</b>	50.73 <sup>ab</sup>	11.93 <sup>ab</sup>	40.86 <sup>a</sup>	54.90 <sup>b</sup>	9.62 <sup>a</sup>	30.82 <sup>a</sup>
	(1.67)	(0.92)	(3.94)	(1.45)	(0.87)	(2.11)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*Coordenadas del espacio CIELab.

\*\*Desviación estándar de 5 muestras.

También existen diferencias entre los valores observados de este tratamiento y los valores obtenidos en el tratamiento de cilantro, probablemente debido a las diferentes tonalidades del compuesto o a algún cambio provocado en la luminosidad del tubérculo debido a la germinación observada cuando se aplicó AE de alcaravea y que no fue detectable en el caso del tratamiento con AE de cilantro. En el parámetro  $b^*$  solo se detectan diferencias significativas entre el tratamiento con CIPC y su respectivo control (8 °C).

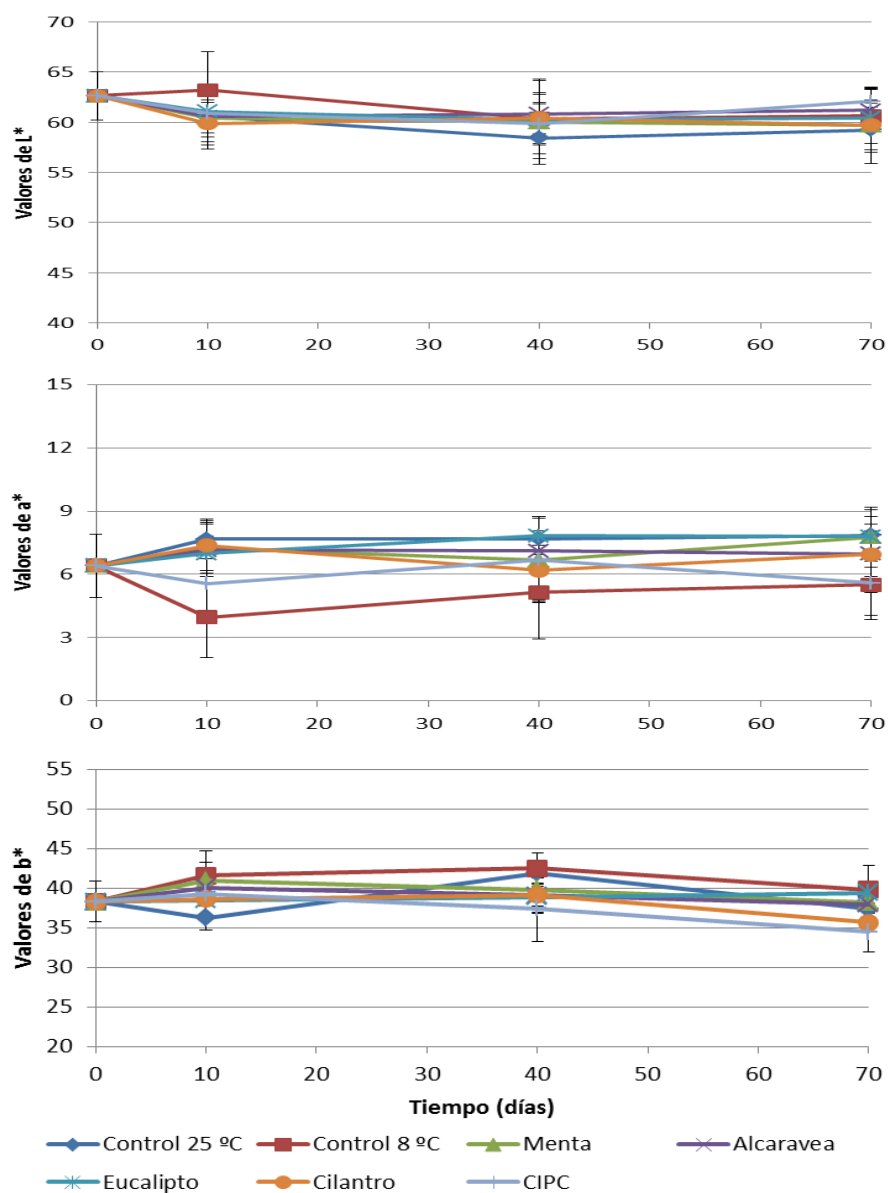
Como se puede observar en la Tabla 19, se encontraron diferencias significativas en el parámetro  $b^*$  a día 70 de almacenamiento al utilizar, el tratamiento de AE de alcaravea, presentando valores menos “amarillos” que el control a 25 °C y el control a 8 °C, sin embargo no se detectan diferencias significativas al compararlo con los valores observados de los otros tratamientos con AE.

Se encontraron diferencias significativas en el uso del CIPC como tratamiento antigerminante al comparar los valores obtenidos con su respectivo control. Sin embargo estas diferencias no podrían atribuirse a un deterioro o de la calidad en el tubérculo, debido a que existe la posibilidad de trazas del producto aplicado (CIPC en polvo) y que interfieran con las mediciones realizadas. A nivel comercial, las patatas que han sido tratadas con CIPC son debidamente lavadas y desinfectadas antes de ser puestas a la venta.

#### **4.2.1.2. Cultivar Kennebec**

En la Figura 29, puede observarse la evolución que siguen las principales referencias en análisis de color en todos los días estudiados.

Como se observa en la Tabla 20, el tratamiento con AE de eucalipto en el parámetro  $b^*$  a día 40 presenta diferencias significativas con respecto al control a 25 °C y el control a 8 °C y sin embargo no muestra diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores observados de los demás tratamientos con aceites esenciales.



**Figura 29.** Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) en tubérculos cultivar *Kennebec*, tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos.

## SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 2.

Esta diferencia observada no es debida a la germinación de los tubérculos ya que tanto los tratados con AE de eucalipto como el control a 25 °C y 8 °C cuentan con porcentajes altos de germinación a diferencia del resto de los tratamientos en los que no se encuentran diferencias., como lo es el tratamiento con AE de alcaravea, que también presentaba un porcentaje mayor del 40% de germinación, por lo que los resultados obtenidos podría estar influenciado por la tonalidad del aceite utilizado.

**Tabla 20.** Análisis estadístico del color externo de la patata en el cultivar *Kennebec*.

<i>Kennebec</i>	Día 40			Día 70		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
<b>Control 25 °C</b>	58.42 <sup>a</sup> (1.62)**	7.68 <sup>b</sup> (1.05)	41.87 <sup>bc</sup> (1.67)	59.21 <sup>a</sup> (2.25)	7.85 <sup>b</sup> (1.22)	37.37 <sup>bc</sup> (1.64)
<b>Menta</b>	59.99 <sup>a</sup> (4.17)	6.66 <sup>ab</sup> (1.98)	39.79 <sup>abc</sup> (2.11)	59.66 <sup>ab</sup> (3.80)	7.76 <sup>b</sup> (1.42)	38.18 <sup>bc</sup> (2.32)
<b>Alcaravea</b>	60.82 <sup>a</sup> (1.94)	7.14 <sup>b</sup> (1.25)	39.04 <sup>ab</sup> (2.16)	61.18 <sup>ab</sup> (2.08)	6.96 <sup>ab</sup> (1.08)	37.96 <sup>bc</sup> (1.80)
<b>Eucalipto</b>	60.24 <sup>a</sup> (1.58)	7.82 <sup>b</sup> (0.90)	38.89 <sup>a</sup> (1.70)	60.44 <sup>ab</sup> (1.41)	7.79 <sup>b</sup> (0.60)	39.40 <sup>c</sup> (1.25)
<b>Cilantro</b>	60.41 <sup>a</sup> (2.55)	6.19 <sup>ab</sup> (1.41)	39.10 <sup>ab</sup> (2.13)	59.72 <sup>ab</sup> (2.51)	6.94 <sup>ab</sup> (1.80)	36.65 <sup>ab</sup> (1.28)
<b>Control 8°C</b>	60.33 <sup>a</sup> (3.97)	5.15 <sup>a</sup> (2.22)	42.50 <sup>c</sup> (1.98)	60.64 <sup>ab</sup> (2.77)	5.51 <sup>a</sup> (1.64)	39.80 <sup>c</sup> (3.04)
<b>CIPC</b>	59.84 <sup>a</sup> (2.13)	6.69 <sup>ab</sup> (2.04)	37.40 <sup>a</sup> (4.22)	62.05 <sup>b</sup> (1.30)	5.59 <sup>a</sup> (1.54)	34.47 <sup>a</sup> (2.58)

<sup>a-c</sup>Por columnas diferente letra representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*Coordenadas del espacio CIELab.

\*\*Desviación estándar de 5 muestras.



Para este tratamiento se detectan colores menos “amarillos” en la piel de la patata al compararlos con el respetivo control. Si bien no hay contacto directo entre el aceite esencial y los tubérculos, la atmosfera saturada a la que se expuso los tubérculos pudo provocar que se crease una que modifique superficialmente el color de la piel, sin embargo estas diferencias no fueron posibles de detectar a la vista.

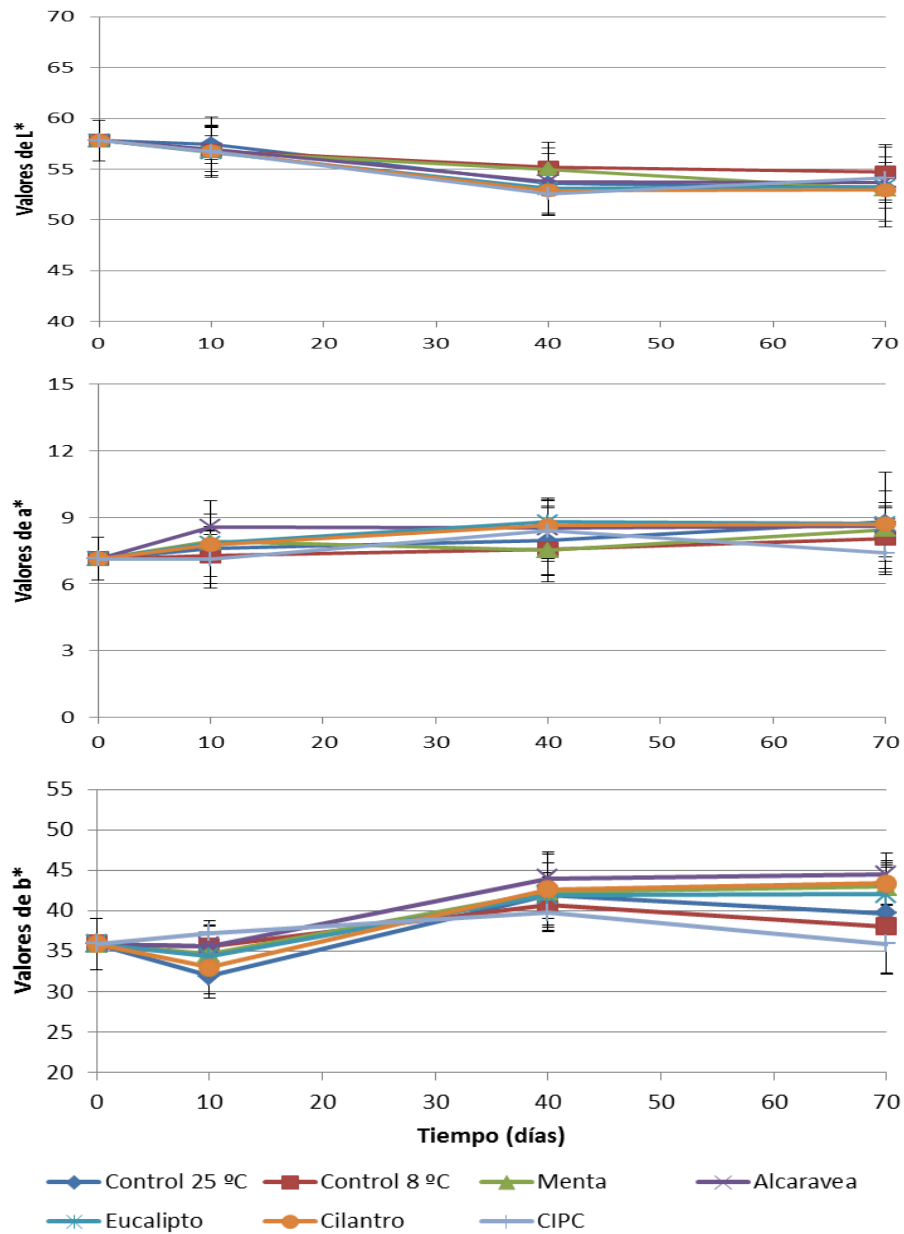
En el caso de los tubérculos tratados con CIPC tanto a día 40 como a día 70 se detectaron diferencias significativas en el parámetro  $b^*$ , estas diferencias encontradas podrían derivarse de la presencia de trazas del producto en polvo aplicado y por lo tanto disminuya los valores instrumentales obtenidos en este parámetro (Tabla 20).

#### **4.2.2 Variedades de mesa**

##### **4.2.1.1. Cultivar Agata**

En la Figura 30, se puede observar la evolución del color externo del tubérculo durante su almacenamiento. Los valores obtenidos en el parámetro  $L^*$  a día 0 son mayores que lo observado a día 70, por el contrario en el caso de los parámetro  $a^*$  y  $b^*$  el día “0” se detectaron valores mas bajos que lo dectado a día 70 de almacenamiento.

Como se muestra en la Tabla 21, en el parámetro  $L^*$  solo se observaron diferencias significativas tras la aplicación del tratamiento con CIPC a día 40, provocando una disminución en la luminosidad del tubérculo, probablemente dado por trazas del producto químico en la superficie del tubérculo y no por una pérdida de calidad en el mismo.



**Figura 30.** Evolución en el tiempo del color (L\*, a\*, b\*) en tubérculos cultivar *Agata*, tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos.

**Tabla 21.** Análisis estadístico del color externo del tubérculo en el cultivar *Agata*.

<i>Agata</i>	Día 40			Día 70		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
<b>Control 25 °C</b>	53.63 abc (2.92)**	7.94 a (1.86)	41.90 ab (4.00)	53.23 a (3.89)	8.78 a (2.26)	39.68 abc (7.50)
<b>Menta</b>	54.99 bc (2.61)	7.51 a (1.08)	42.36 ab (1.77)	53.02 a (3.15)	8.44 a (1.24)	42.99 bc (2.34)
<b>Alcaravea</b>	53.76 abc (1.29)	8.50 a (1.38)	43.99 b (3.21)	53.68 a (1.95)	8.61 a (1.59)	44.50 c (1.74)
<b>Eucalipto</b>	53.09 abc (0.46)	8.78 a (0.71)	41.88 ab (2.84)	53.30 a (0.85)	8.71 a (0.79)	42.04 bc (3.56)
<b>Cilantro</b>	52.90 ab (2.48)	8.63 a (0.79)	42.63 ab (4.36)	52.95 a (1.83)	8.68 a (0.75)	43.41 c (2.57)
<b>Control 8 °C</b>	55.17 c (1.89)	7.56 a (1.18)	40.71 ab (3.25)	54.69 a (2.70)	8.05 a (1.36)	38.08 ab (5.86)
<b>CIPC</b>	52.56 a (2.01)	8.39 a (1.37)	39.72 a (2.19)	54.14 a (1.53)	7.39 a (0.98)	35.91 a (3.56)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*Coordenadas del espacio CIELab.

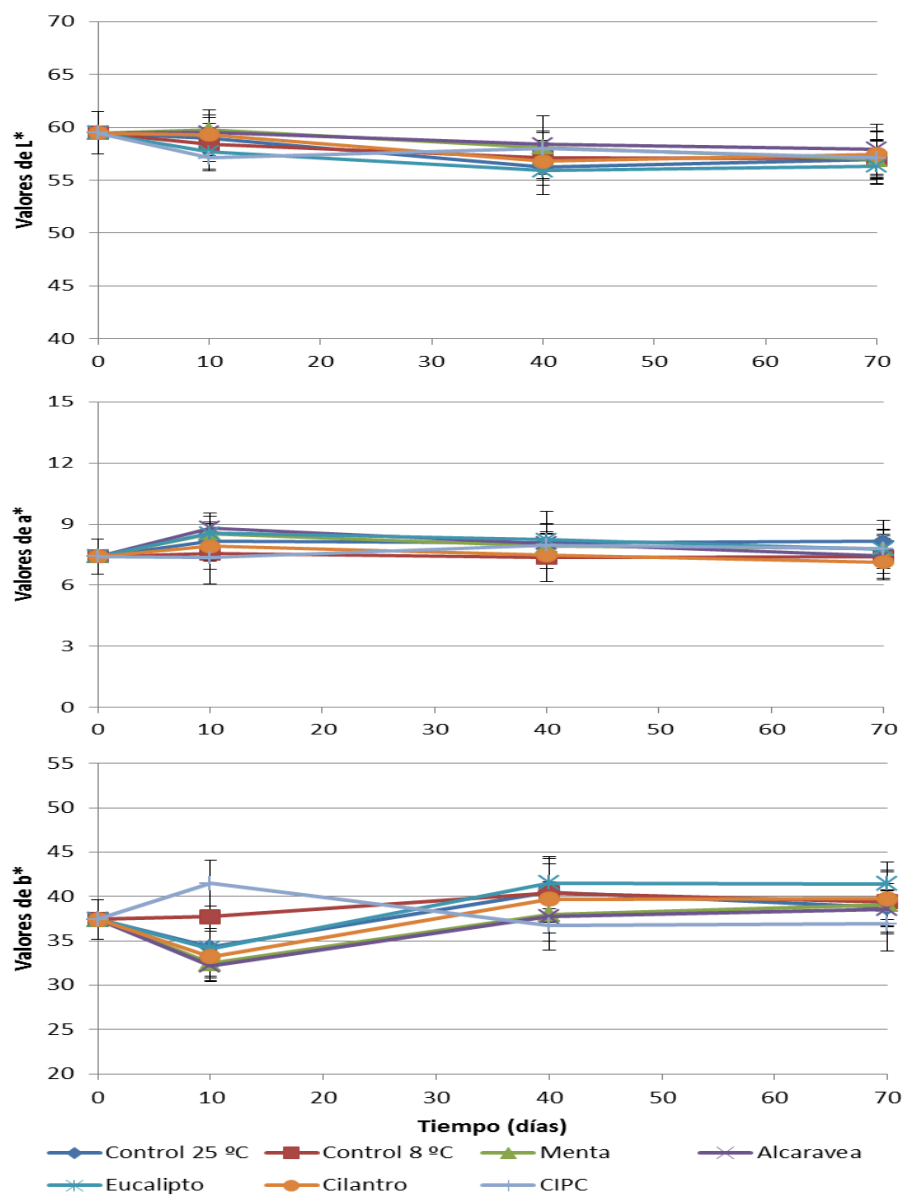
\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

Después de analizar los resultados obtenidos, se demuestra que no hay un efecto observable en el color externo del tubérculo, luego de la aplicación de tratamientos antigerminantes.

#### **4.2.1.2. Cultivar *Monalisa***

En la Figura 31, se observa la evolución del color a través del tiempo del almacenamiento y hasta el día 70. Es posible observar diferentes comportamientos en los valores donde los cambios de mayor magnitud se observan el día 10 del experimento debido a las condiciones en las que se encontraban las patatas durante los primeros días en la aplicación del tratamiento. Después del día 40 de almacenamiento el comportamiento de estos valores presenta menos variabilidad entre tratamientos.

A día 40 de almacenamiento de la patata, se encontraron diferencias significativas en el parámetro L\* tras la aplicación de los AEs de menta y alcaravea. Los valores obtenidos en “luminosidad” son mayores que los obtenidos en el control a 25 °C, sin embargo no muestra diferencias significativas con el control a 8 °C que apenas iniciaba a germinar. Es posible observar diferencias significativas cuando se aplicaron los tratamientos con AE de menta y alcaravea con respecto a los valores observados con otros tratamientos como eucalipto y cilantro.



**Figura 31.** Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) en tubérculos cultivar *Monalisa*, tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos.

## SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 2.

En este cultivar, los 4 tratamientos con AEs presentaban porcentajes similares de germinación por lo que la diferencia observada podría deberse a las características propias del aceite utilizado (Tabla 22)

**Tabla 22.** Análisis estadístico del color externo en el cultivar *Monalisa*

<i>Monalisa</i>	Día 40			Día 70		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
<b>Control 25 °C</b>	56.22 ab (1.67)**	8.07 a (0.94)	40.50 bc (3.77)	56.95 a (1.84)	8.15 b (1.05)	38.74 ab (2.74)
<b>Menta</b>	58.10 c (2.96)	7.90 a (1.09)	37.95 ab (2.99)	56.94 a (1.73)	7.79 ab (0.91)	39.08 ab (1.68)
<b>Alcaravea</b>	58.39 c (1.12)	8.04 a (0.50)	37.72 ab (1.85)	57.93 a (2.37)	7.44 ab (0.85)	38.60 ab (2.01)
<b>Eucalipto</b>	55.89 a (2.25)	8.22 a (1.40)	41.50 c (2.94)	56.32 a (1.61)	7.77 ab (0.97)	41.41 b (2.49)
<b>Cilantro</b>	56.76 abc (1.73)	7.47 a (0.39)	39.71 abc (1.89)	57.47 a (2.10)	7.13 a (0.86)	39.73 (3.05)ab
<b>Control 8 °C</b>	57.15 abc (1.60)	7.34 a (1.16)	40.40 bc (3.30)	57.01 a (1.82)	7.40 ab (1.08)	39.41 ab (3.59)
<b>CIPC</b>	57.97 bc (1.65)	7.96 a (0.67)	36.75 a (2.76)	57.10 a (2.51)	7.78 ab (0.62)	36.91 a (3.02)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

\*Coordenadas del espacio CIELab.

\*\*Desviación estándar de 5 muestras.

También es posible observar diferencias en el parámetro b\* cuando se utilizó el tratamiento químico con CIPC. En el tratamiento con CIPC los valores observados son más bajos que el control y podría deberse a la

presencia de polvo de CIPC en la piel de los tubérculos y que influya en la medición.

A día 70, solo se encontraron diferencias significativas en el parámetro  $a^*$  tras la aplicación del tratamiento con AE de cilantro, observando valores mas bajos (menos rojizos) que el control a 25 °C, pero no mostró diferencias significativas al compararlo con el control a 8 °C, ni tampoco diferencias al compararlos con los otros tratamientos.

### **4.3. Textura**

#### **4.3.1 Cultivares Industriales**

##### **4.3.1.1. Cultivar *Agria***

En el cultivar *Agria* y tras la aplicación de todos los tratamientos, solo es posible observar diferencias significativas con el uso del AE de cilantro como antigerminante en el parámetro distancia y al compararlo con el control a 25 °C. Este tratamiento (AE de cilantro) es el que consigue mantener a final del almacenamiento (día 70), una textura similar a los valores obtenidos en día 0 (Tabla 23).

En el día 70 de almacenamiento el tratamiento con AE de cilantro presentaba junto con el AE de menta los mejores resultados como antigerminantes para este cultivar por lo que la diferencia detectada no se debe a una pérdida de calidad de los tubérculos por germinación sino al efecto de la aplicación del AE de cilantro, que consigue mantener un mayor grado la textura original del tubérculo.

## SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 2.

Esto se queda corroborado con el hecho de que los valores observados en el tratamiento con AE de cilantro, no presentan diferencias significativas con otros tratamientos como alcaravea, eucalipto, el control a 8 °C que a día 70 ya presentaban aproximadamente un 80% de germinación.

**Tabla 23.** Análisis estadístico de la textura del tubérculo de patata en el cultivar *Agria*.

Cultivar <i>Agria</i>	Fuerza (N)		Distancia (mm)	
	Día 0	Día 70	Día 0	Día 70
Control 25 °C	47.90 (3.81)*	47.90 <sup>a</sup> (2.93)	4.54 (0.34)	3.61 <sup>a</sup> (0.49)
Menta	47.90 (3.81)	43.69 <sup>a</sup> (3.96)	4.54 (0.34)	3.66 <sup>a</sup> (0.57)
Alcaravea	47.90 (3.81)	44.82 <sup>a</sup> (3.94)	4.54 (0.34)	4.23 <sup>ab</sup> (0.63)
Eucalipto	47.90 (3.81)	44.28 <sup>a</sup> (2.95)	4.54 (0.34)	4.10 <sup>ab</sup> (0.58)
Cilantro	47.90 (3.81)	45.12 <sup>a</sup> (3.07)	4.54 (0.34)	4.49 <sup>b</sup> (0.53)
Control 8 °C	47.90 (3.81)	46.81 <sup>a</sup> (5.26)	4.54 (0.34)	3.82 <sup>ab</sup> (0.43)
CIPC	47.90 (3.81)	45.61 <sup>a</sup> (6.86)	4.54 (0.34)	4.24 <sup>ab</sup> (0.73)

<sup>a-c</sup> Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*Desviación estándar de 3 muestras.



**4.3.2.1. Cultivar Kennebec**

En el cultivar *Kennebec*, y tras la aplicación de todos los tratamientos como antigerminantes, se detectaron diferencias significativas en el parámetro Fuerza (N) cuando se utilizó el AE de alcaravea, obteniendo valores más bajos que el control de 25 °C, y que los demás tratamientos (Tabla 24).

Para el día 70 el control a 8 °C y el tratamiento con AE de eucalipto que presentaban para este momento porcentajes similares de germinación no se detectaron diferencias estadísticamente significativas. Por lo que la diferencia no estaría provocada ni por la temperatura del tratamiento ni por la germinación y se debería a algún cambio en la peridermis de la patata provocado por el uso del tratamiento con AE de alcaravea

**Tabla 24.** Análisis estadístico de la textura del tubérculo de patata en el cultivar *Kennebec*

Cultivar <i>Kennebec</i>	Fuerza (N)		Distancia (mm)	
	Día 0	Día 70	Día 0	Día 70
Control 25 °C	41.54 (4.26)*	43.95 <sup>b</sup> (4.44)	3.93 (0.99)	4.11 <sup>a</sup> (0.51)
Menta	41.54 (4.26)	44.27 <sup>b</sup> (3.92)	3.93 (0.99)	3.68 <sup>a</sup> (0.41)
Alcaravea	41.54 (4.26)	38.17 <sup>a</sup> (4.70)	3.93 (0.99)	3.92 <sup>a</sup> (0.80)
Eucalipto	41.54 (4.26)	41.62 <sup>ab</sup> (2.58)	3.93 (0.99)	3.67 <sup>a</sup> (0.57)
Cilantro	41.54 (4.26)	42.88 <sup>b</sup> (3.59)	3.93 (0.99)	3.82 <sup>a</sup> (0.53)
Control 8 °C	41.54 (4.26)	40.12 <sup>ab</sup> (3.06)	3.93 (0.99)	4.22 <sup>a</sup> (0.46)
CIPC	41.54 (4.26)	40.66 <sup>ab</sup> (3.77)	3.93 (0.99)	4.18 <sup>a</sup> (0.43)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*Desviación estándar de 3 muestras.

#### **4.3.2 Cultivares de mesa**

Como se observa en los datos de la Tabla 25 y de la Tabla 26, en los cultivares de mesa, no es posible observar diferencias estadísticamente significativas luego de la aplicación de los tratamientos con AEs y el tratamiento con CIPC como antigerminantes en patata, al compararlos con sus respectivos controles.

Es posible observar diferencias significativas en el parámetro distancia entre el control a 8 °C y los tratamientos con AEs de menta, alcaravea, eucalipto (día 70).

Estas diferencias observadas pueden deberse a las altas temperaturas a las que fueron sometidos estos tubérculos durante el tratamiento con AEs, así como a la capacidad de inhibición presentada por estos tratamientos.

Los valores obtenidos a día 70 de almacenamiento presentan valores mayores en los parámetros estudiados de textura con respecto a los valores observados a día 0 de inicio del tratamiento. Estos cambios se deben a la evolución “natural” del tubérculo con el tiempo.

**Tabla 25.** Análisis estadístico de la textura en el tubérculo de patata cultivar *Agata*

Cultivar <i>Agata</i>	Fuerza (N)		Distancia (mm)	
	Día 0	Día 70	Día 0	Día 70
Control 25 °C	36.21 (4.32)*	39.53 <sup>abc</sup> (6.33)	3.56 (0.39)	5.17 <sup>ab</sup> (1.02)
Menta	36.21 (4.32)	37.64 <sup>ab</sup> (2.71)	3.56 (0.39)	4.35 <sup>a</sup> (0.47)
Alcaravea	36.21 (4.32)	37.50 <sup>ab</sup> (6.76)	3.56 (0.39)	4.34 <sup>a</sup> (0.56)
Eucalipto	36.21 (4.32)	35.07 <sup>a</sup> (4.11)	3.56 (0.39)	4.32 <sup>a</sup> (1.06)
Cilantro	36.21 (4.32)	38.34 <sup>abc</sup> (5.72)	3.56 (0.39)	4.72 <sup>ab</sup> (0.84)
Control 8 °C	36.21 (4.32)	41.46 <sup>bc</sup> (4.93)	3.56 (0.39)	5.26 <sup>b</sup> (0.75)
CIPC	36.21 (4.32)	43.78 <sup>c</sup> (5.45)	3.56 (0.39)	4.73 <sup>ab</sup> (0.31)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*Desviación estándar de 3 muestras.

**Tabla 26.** Análisis estadístico de la textura en el tubérculo de patata cultivar *Monalisa*

Cultivar <i>Monalisa</i>	Fuerza (N)		Distancia (mm)	
	Día 0	Día 70	Día 0	Día 70
Control 25 °C	39.41 (3.85)*	42.46 <sup>a</sup> (6.26)	3.91 (0.53)	5.06 <sup>a</sup> (1.09)
Menta	39.41 (3.85)	38.84 <sup>a</sup> (3.25)	3.91 (0.53)	5.12 <sup>a</sup> (0.73)
Alcaravea	39.41 (3.85)	41.58 <sup>a</sup> (3.00)	3.91 (0.53)	4.70 <sup>a</sup> (0.51)
Eucalipto	39.41 (3.85)	39.64 <sup>a</sup> (3.66)	3.91 (0.53)	4.36 <sup>a</sup> (0.48)
Cilantro	39.41 (3.85)	43.16 <sup>a</sup> (4.56)	3.91 (0.53)	4.80 <sup>a</sup> (0.39)
Control 8°C	39.41 (3.85)	42.34 <sup>a</sup> (4.36)	3.91 (0.53)	4.41 <sup>a</sup> (1.04)
CIPC	39.41 (3.85)	40.76 <sup>a</sup> (3.26)	3.91 (0.53)	4.28 <sup>a</sup> (0.55)

<sup>a</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*Desviación estándar de 3 muestras.

## **5. Conclusiones del capítulo**

Los mejores resultados como antigerminantes están dados en los cultivares industriales por el tratamiento con AE de menta con porcentajes de inhibición mayores al 80% en caso de *Agria* y 91% en el caso del cultivar *Kennebec* tras 60 días de almacenamiento a 8 °C. Otro tratamiento que podría representar una alternativa es el uso del cilantro con porcentajes de inhibición mayores del 80% en ambos cultivares. Debido a la volatilidad del compuesto existe una pérdida de efectividad de ambos tratamientos después del día 40 de almacenamiento lo que haría necesario otra aplicación del producto.

En los cultivares de mesa los mejores resultados también se obtuvieron aplicando el tratamiento con AE de menta, que inhibe en su totalidad la germinación a día 70 en el caso del cultivar *Agata* y más de un 80% para el cultivar *Monalisa*. Otros tratamientos que podrían representar una alternativa es el uso de eucalipto con más de un 80% de inhibición en el cultivar *Agata* y un 95% de inhibición en el cultivar *Monalisa*. Excepto en el caso del tratamiento con AE de menta en el cultivar *Agata*, estas alternativas exigen otra aplicación del producto después del día 40 de almacenamiento.

Por lo indicado anteriormente, el efecto antigerminante obtenido por cada AE puede ser diferente en función de si el cultivar es industrial o de mesa.

Por otro lado, el desarrollo de un método de aplicación de los AEs a temperaturas inferiores a 25 °C y, por lo tanto más cercanas a las de almacenamiento, podría alargar los tiempos entre cada aplicación.

Con respecto al color es posible detectar algunas diferencias significativas a día 70 en el parámetro  $b^*$  tras la aplicación de los tratamientos con AEs de alcaravea (cultivar *Agria*) y eucalipto (cultivar *Kennebec*). Después del análisis realizado se puede concluir que estas diferencias detectadas a nivel instrumental, no se deben a la germinación de brotes o alteraciones mayores y visibles en el color, sino a la composición y otras características de estos AEs que además interactúan de una manera diferente en cada cultivar, afectando al color del tubérculo en diferente grado.

En el color del tubérculo en los cultivares de mesa, solo es posible detectar diferencias significativas en el parámetro  $L^*$  (luminosidad) en el cultivar *Monalisa* a día 40 de almacenamiento (tratamientos con menta y alcaravea). Al igual que en los cultivares industriales, estos cambios parecen provocados por las características del AE y no son detectables a la vista.

Los valores observados en la textura en los cultivares industriales mostraron diferencias significativas en el parámetro distancia (mm), en cultivar *Agria* cuando se utilizó el tratamiento con AE de cilantro y, en el parámetro Fuerza (N), en el cultivar *Kennebec* tras la aplicación del tratamiento con AE de alcaravea.



## **SECCIÓN 4. Resultados**

*Capítulo 3. Evaluación de la calidad culinaria  
y tecnológica de la patata.*

---





### CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN EN LA CALIDAD CULINARIA Y TECNOLÓGICA DE LA PATATA

#### 1. Introducción

La calidad culinaria y tecnológica se mide a través de una serie de parámetros que nos sirven de indicador para evaluar el estado de la patata según el uso final de las mismas. Dentro de los parámetros más importantes que determinan esta calidad se encuentran el color de las lonchas (muy importante si la patata se utilizará en productos mínimamente procesados), la textura, la materia seca, sólidos solubles y los azúcares reductores.

A este respecto se encuentran estudios como el realizado por Simón *et al.* (2002), en el que se ponen de manifiesto el valor del parámetro “materia seca” ya que su contenido, además de repercutir en el rendimiento del procesado, puede ser un limitador del uso del producto. A este respecto se establecen unos valores de peso específico mínimos deseables del orden de 1080 (unidades), lo que se corresponde con un 20,25% de materia seca.

Según este mismo autor, los sólidos solubles totales (especialmente sacarosa), pueden incrementar la cantidad de azúcares reductores (que pueden provocar alteraciones del color y sabor según las condiciones de preparación o procesado; según Kumar *et al.* (2004) para la elaboración de patatas fritas el contenido de azúcares reductores no deben superar el 0.5% del peso en fresco.

## **2. Objetivos**

Estudio del efecto de la utilización de aceites esenciales como potenciales agentes antigerminantes sobre la calidad culinaria y tecnológica de la patata.

Los parámetros de calidad que se pretenden estudiar son: de carácter analíticas como el color, textura, pH, sólidos solubles totales (SST), azúcares reductores, materia seca (MS); así como aquellos derivados de la aceptación del producto por el consumidor y que serán medidos a través de un análisis sensorial.

## **3. Diseño Experimental**

En la Figura 32 puede observarse el diseño experimental llevado a cabo para el estudio de la calidad culinaria y tecnológica de la patata en los cultivares de mesa y en la Figura 33 los cultivares industriales.

Con respecto a la calidad culinaria y tecnología se desarrollo un diseño factorial 7x5x4x3 (7 tratamientos, 5 días de análisis, 4 cultivares y 3 patatas como muestra para cada día de análisis de las determinaciones analíticas como SST, MS, textura, azúcares reductores).

Para el análisis sensorial de las 4 cultivares se eliminaron dos tratamientos (AE de eucalipto y control a 25 °C), por lo que el diseño experimental llevado a cabo fue de 5x25x4 (5 tratamientos, 25 tubérculos dedicados al análisis sensorial y 4 cultivares de patata).

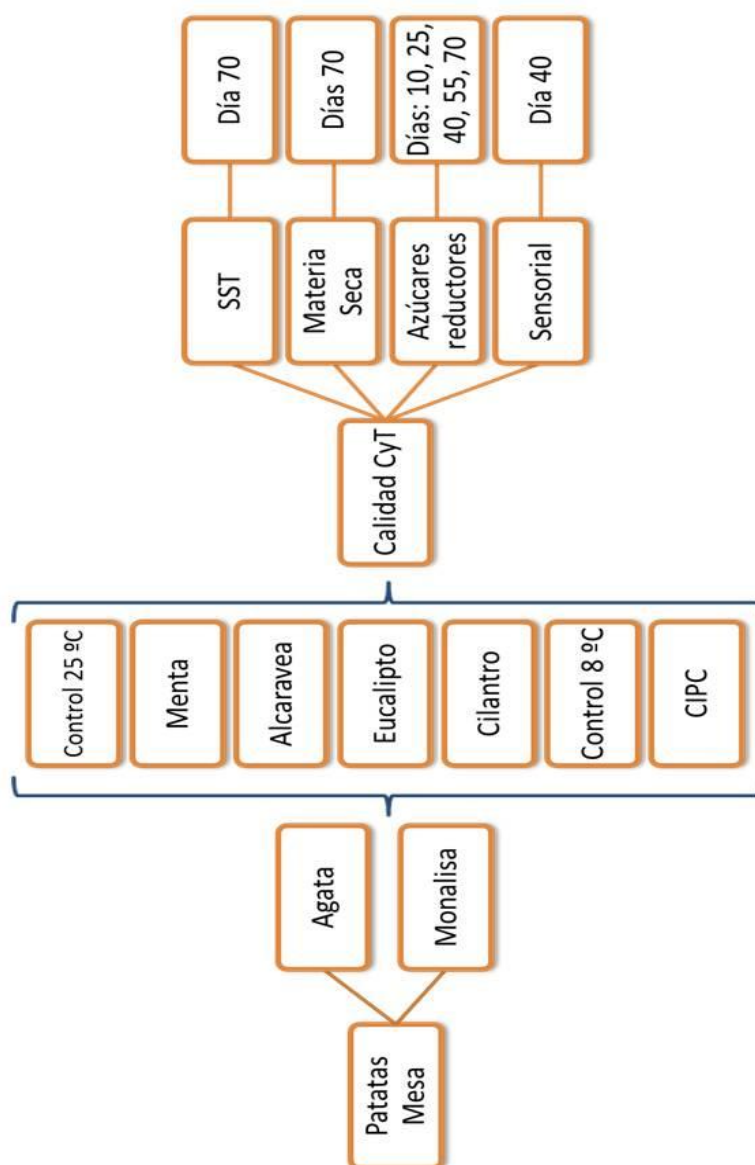


Figura 32. Diseño experimental de los estudios de calidad culinaria y tecnológica en cultivares de mesa

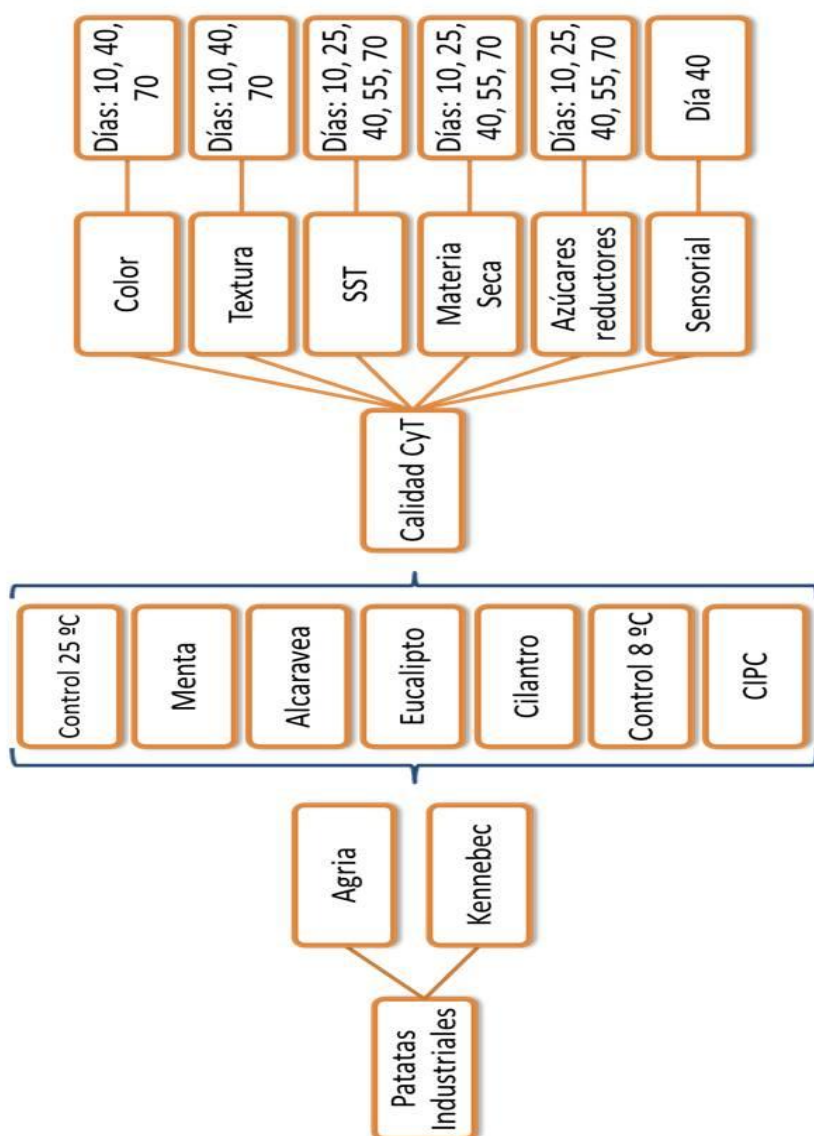


Figura 33. Diseño experimental de los estudios de calidad culinaria y tecnológica en los cultivares industriales

## **4. Resultados**

Debido a lo observado en los estudios preliminares y la poca influencia que tiene la aplicación de los AEs en el cultivar *Monalisa*, así como la mayor importancia de este parámetro en cultivares de uso industrial, se descarta la realización de análisis de color en las lonchas de variedades de mesa, limitándose el estudio a los cultivares industriales.

### **4.1. Color**

#### **4.1.1. Cultivares industriales**

##### **4.1.1.1. Cultivar *Agria***

En la Figura 34 se presenta la evolución en el tiempo del color en lonchas de patata, donde en general se presentan valores similares entre el día 0 y los valores observados a día 70 del experimento.

Se encontraron diferencias significativas a lo largo del tiempo tras la aplicación del tratamiento con AE de alcaravea para los parámetros de color estudiados (Tabla 27).

Las lonchas de patata tratadas con AE de alcaravea presentaron colores menos “luminosos”, más “rojizos” y más “amarillos” que el control. Teniendo en cuenta que estos resultados no pueden ser explicados por el estado evolutivo de la patata ya que en ese momento del almacenamiento los tubérculos no se encontraban completamente germinados; las variaciones en el color pueden ser debidas a la difusión

de compuestos del aceite hacia el interior de la patata, que modifican el color interno con respecto a los valores obtenidos por el control a 8 °C y a 25 °C.

**Tabla 27.** Análisis estadístico del color en lonchas de patata en el cultivar *Agria*

<i>Agria</i>	Día 40			Día 70		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
<b>Control 25 °C</b>	68.59 <sup>bc</sup> (2.03)**	2.27 <sup>abc</sup> (0.70)	36.30 <sup>ab</sup> (2.36)	68.82 <sup>b</sup> (2.33)	2.32 <sup>ab</sup> (0.58)	41.57 <sup>b</sup> (3.88)
<b>Menta</b>	69.34 <sup>c</sup> (3.12)	2.14 <sup>ab</sup> (0.37)	39.24 <sup>d</sup> (3.46)	69.11 <sup>b</sup> (2.03)	2.26 <sup>a</sup> (1.08)	37.30 <sup>a</sup> (2.60)
<b>Alcaravea</b>	67.26 <sup>a</sup> (2.28)	2.95 <sup>d</sup> (0.82)	39.92 <sup>cd</sup> (3.00)	66.05 <sup>a</sup> (1.75)	3.40 <sup>c</sup> (0.94)	43.49 <sup>c</sup> (4.80)
<b>Eucalipto</b>	67.68 <sup>ab</sup> (1.84)	2.55 <sup>cd</sup> (0.70)	37.44 <sup>bc</sup> (2.65)	68.86 <sup>a</sup> (1.87)	2.79 <sup>b</sup> (0.72)	37.55 <sup>a</sup> (2.40)
<b>Cilantro</b>	66.90 <sup>a</sup> (1.64)	2.12 <sup>ab</sup> (0.58)	35.08 <sup>a</sup> (2.21)	69.23 <sup>b</sup> (1.63)	2.12 <sup>a</sup> (0.70)	37.12 <sup>a</sup> (2.74)
<b>Control 8°C</b>	67.90 <sup>ab</sup> (1.67)	1.89 <sup>a</sup> (0.61)	37.72 <sup>bcd</sup> (2.27)	69.53 <sup>b</sup> (2.45)	1.89 <sup>a</sup> (0.86)	39.97 <sup>b</sup> (3.02)
<b>CIPC</b>	68.90 <sup>bc</sup> (1.56)	2.31 <sup>bc</sup> (0.75)	39.43 <sup>d</sup> (3.49)	68.77 <sup>b</sup> (2.15)	2.16 <sup>a</sup> (0.82)	37.36 <sup>a</sup> (1.78)

<sup>a-d</sup>Por columnas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

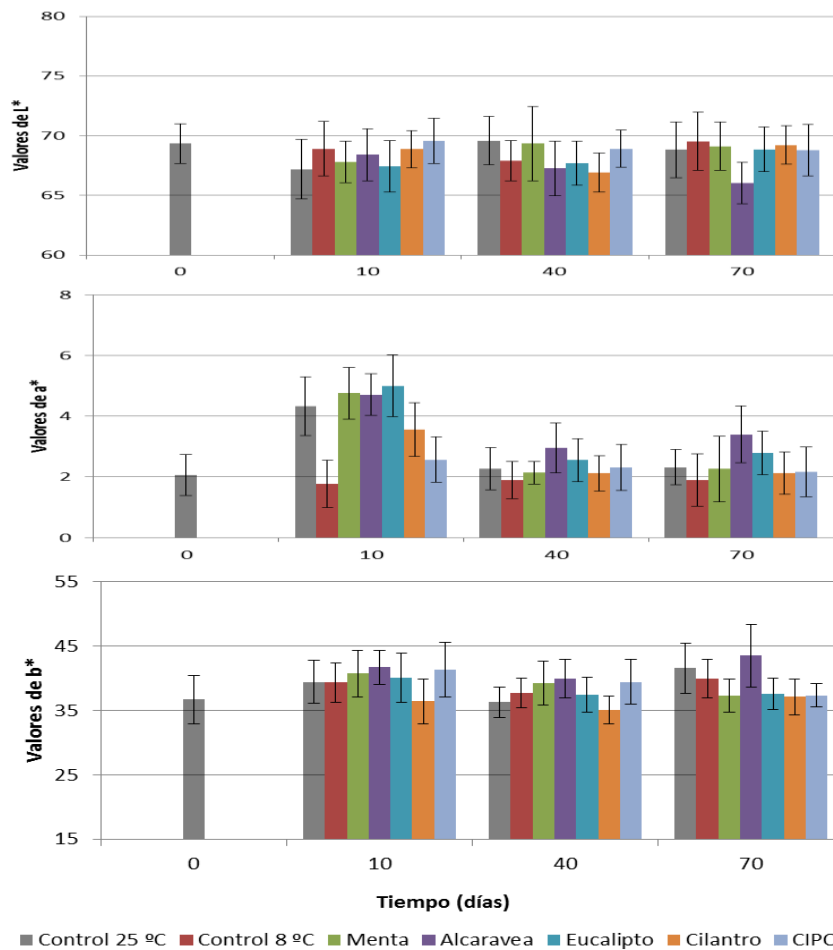
\*Coordenadas del espacio CIELab.

\*\*Desviación estándar de 15 muestras.

A día 70 del experimento no se encontraron diferencias significativas entre los controles estudiados. En todos los tratamientos utilizados se encontraron diferencias significativas en el parámetro b\* con respecto a los controles.

Debido a que esta diferencia observada se presenta con respecto a los dos controles utilizados, se podría decir que los tratamientos con antigerminantes utilizados provocan cambios en la pulpa de la patata

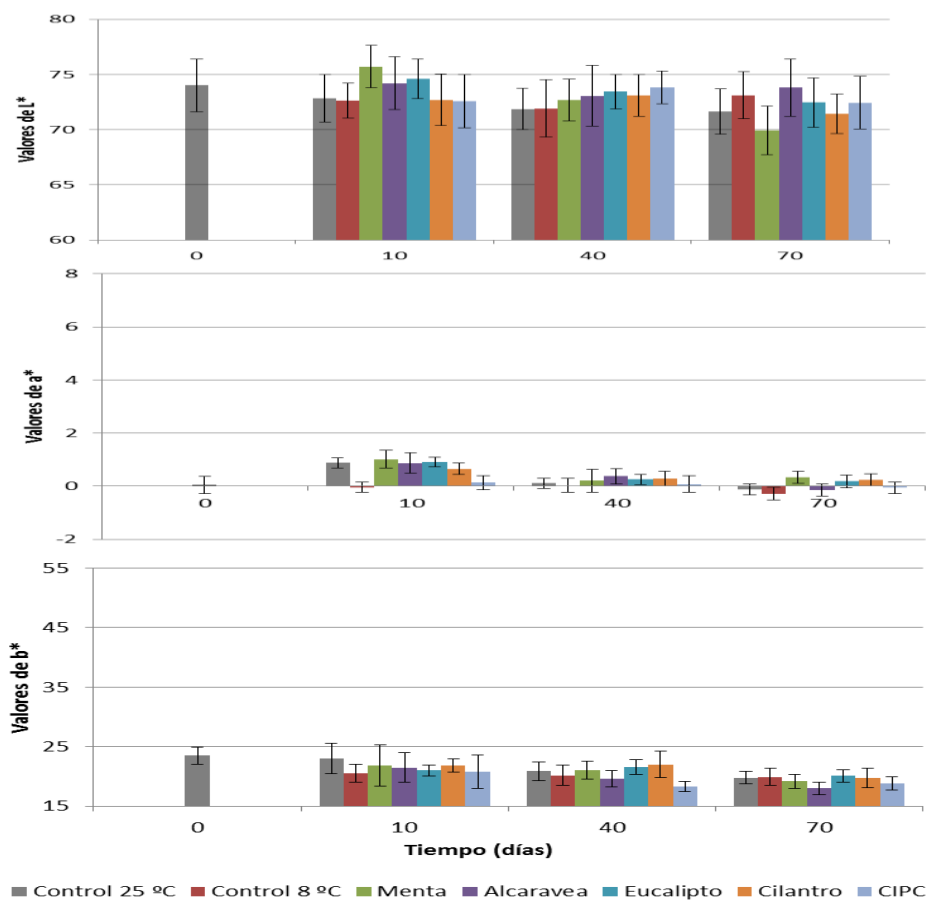
cultivar *Agria*. En el parámetro  $L^*$  se detectaron diferencias significativas con la aplicación de los tratamientos con AEs de eucalipto y alcaravea al final del experimento.



**Figura 34.** Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) en tubérculos cultivar *Agria*, tras la aplicación los tratamientos con AEs y los controles respectivos.

4.1.1.2. Cultivar *Kennebec*

La Figura 35, muestra la evolución del color de lonchas de patata cultivar *Kennebec*, se puede observar que los valores obtenidos en los parámetros  $a^*$  y  $b^*$ , son significativamente inferiores a los obtenidos en el cultivar *Agria*, como una de las características de la materia prima.



**Figura 35.** Evolución en el tiempo del color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) en tubérculos cultivar *Kennebec*, tras la aplicación los tratamientos con AEs.



En la Tabla 28 se presenta el análisis estadístico de los valores obtenidos en el cultivar *Kennebec*. Como puede observarse, a día 40 se detectan diferencias significativas en color en los tratamientos de alcaravea, cilantro y CIPC. En los tratamientos con aceites esenciales las diferencias observadas en el parámetro  $a^*$  provocan coloraciones más “rojas” en las lonchas que el control.

En el parámetro  $b^*$  los tratamientos con CIPC y alcaravea producen matices menos “amarillos” que los observados en el control. Las diferencias observadas tras la aplicación del aceite esencial de cilantro producen coloraciones más “amarillos” que el control.

Al final del experimento los tratamientos con AE de menta y alcaravea, así como el tratamiento con CIPC presentan diferencias en los parámetros de color estudiados con respecto al control. Las diferencias observadas en el parámetro  $L^*$  provocan coloraciones más “luminosas” en el caso del tratamiento con aceite esencial de alcaravea y menos “luminosas” tras la aplicación de aceite esencial de menta (Tabla 28).

En el parámetro  $a^*$  las diferencias observadas tras la aplicación del tratamiento con AE de menta, eucalipto y cilantro, producen coloraciones más “rojizas” que lo observado en el control. También se encuentran diferencias significativas entre el tratamiento con CIPC y el control a 8 °C en este parámetro.

Las diferencias se presentan en los dos tratamientos que presentaban mayor efectividad como antigerminantes (menta y cilantro), y un tratamiento con baja efectividad para prevenir la germinación (eucalipto), por lo que no podría decirse que las diferencias observadas se deban a la influencia de la germinación en los cambios observados en el

parámetro a\*. Las diferencias en el parámetro b\* las provocan los tratamiento con AE de alcaravea el CIPC produciendo matices menos “amarillos” que los observados en el control.

**Tabla 28.** Análisis estadístico del color en lonchas de patata en el cultivar *Kennebec*

<i>Kennebec</i>	Día 40			Día 70		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
<b>Control 25 °C</b>	71.87 <sup>a</sup> (1.88)**	0.11 <sup>abc</sup> (0.19)	20.85 <sup>cd</sup> (1.61)	71.66 <sup>b</sup> (2.06)	-0.13 <sup>b</sup> (0.20)	19.77 <sup>cd</sup> (1.05)
<b>Menta</b>	72.69 <sup>ab</sup> (1.91)	0.21 <sup>bcd</sup> (0.43)	21.06 <sup>cde</sup> (1.49)	69.94 <sup>a</sup> (2.22)	0.33 <sup>d</sup> (0.23)	19.17 <sup>bc</sup> (1.19)
<b>Alcaravea</b>	73.07 <sup>ab</sup> (2.75)	0.37 <sup>d</sup> (0.28)	19.58 <sup>b</sup> (1.40)	73.81 <sup>c</sup> (2.61)	-0.15 <sup>ab</sup> (0.22)	17.97 <sup>a</sup> (1.07)
<b>Eucalipto</b>	73.45 <sup>b</sup> (1.57)	0.25 <sup>bcd</sup> (0.20)	21.53 <sup>de</sup> (1.28)	72.46 <sup>bc</sup> (2.22)	0.18 <sup>c</sup> (0.24)	20.08 <sup>d</sup> (1.08)
<b>Cilantro</b>	73.10 <sup>ab</sup> (1.91)	0.29 <sup>cd</sup> (0.27)	22.00 <sup>e</sup> (2.22)	71.45 <sup>b</sup> (1.78)	0.24 <sup>cd</sup> (0.23)	19.70 <sup>cd</sup> (1.65)
<b>Control 8 °C</b>	71.91 <sup>a</sup> (2.60)	0.03 <sup>a</sup> (0.27)	20.17 <sup>bc</sup> (1.69)	73.12 <sup>c</sup> (2.13)	-0.29 <sup>a</sup> (0.24)	19.92 <sup>cd</sup> (1.41)
<b>CIPC</b>	73.83 <sup>b</sup> (1.46)	0.08 <sup>ab</sup> (0.31)	18.29 <sup>a</sup> (0.82)	72.45 <sup>bc</sup> (2.38)	-0.06 <sup>b</sup> (0.22)	18.77 <sup>b</sup> (1.11)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

\*Coordenadas del espacio CIELab.

\*\*Desviación estándar de 15 muestras.

#### 4.2. Textura

Debido a lo observado en los estudios preliminares y la poca influencia que tiene la aplicación de los AEs en el cultivar *Monalisa*, se descartan estos análisis de textura en lonchas en las variedades de mesa.

#### **4.2.1. Cultivares Industriales**

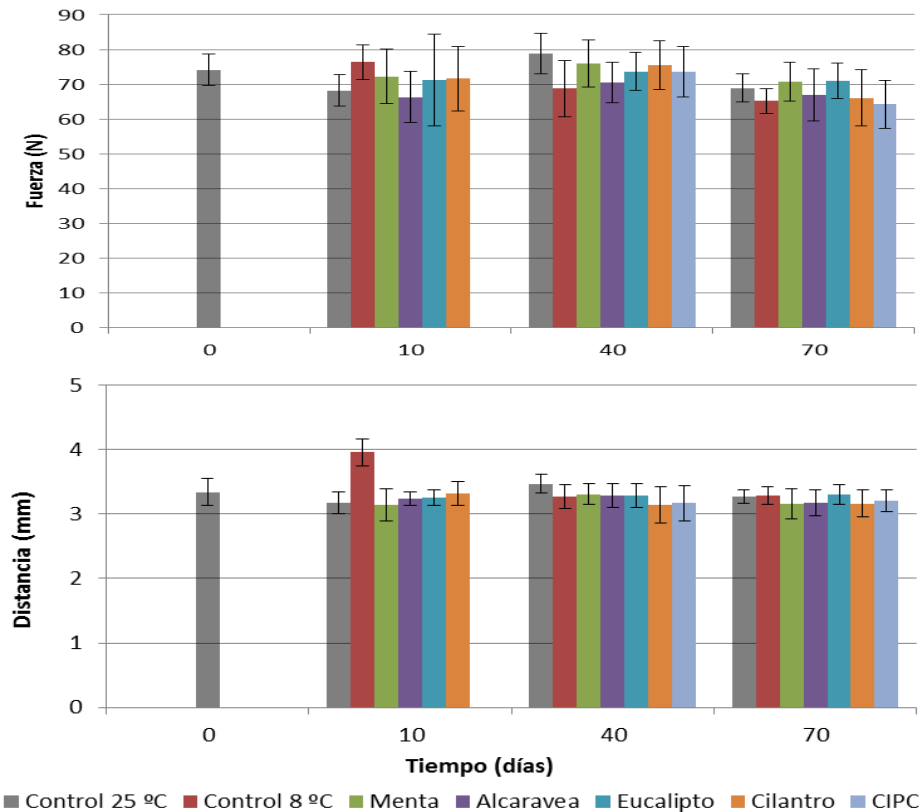
##### **4.2.1.1. Cultivar *Agria***

En la Figura 36 se muestra la evolución del parámetro textura a través del tiempo. Puede observarse como en general los valores a día 70 son inferiores que los observados a día 0 en la caracterización de la patata, por lo que el tiempo en almacenamiento y la senescencia natural del tubérculo inducen a menores valores de fuerza y distancia.

En cuanto a la textura de las lonchas de patata tras la aplicación de los tratamientos, solo fue posible detectar diferencias significativas a día 40, cuando los tratamientos como antigerminantes fueron los AEs de alcaravea y cilantro (Tabla 29).

En el caso del uso de AE de alcaravea, se observaron valores más bajos en fuerza de corte de la loncha, en comparación con los valores obtenidos por el control a 25 °C, y en el caso del tratamiento con AE de cilantro se observaron valores más bajos en la distancia recorrida de la cuchilla antes del corte.

Estas diferencias observadas no se detectaron al comparar ambos tratamientos con el control a 8 °C en condiciones normales de almacenamiento ni al compararlo con los valores obtenidos por los demás tratamientos en estos parámetros.



**Figura 36.** Evolución de la textura de la patata (Fuerza y Distancia) en cv. Agria.

A pesar de las pocas diferencias detectadas a nivel estadístico, es posible ver como las lonchas que provienen de patatas mantenidas a altas temperaturas y que presentan tubérculos muy germinados como es el caso del control a 25 °C, presentan valores más altos a día 40 en cuanto a fuerza y a distancia que el resto de tratamientos.

**Tabla 29.** Análisis estadístico de la textura en lonchas de patata del cultivar *Agria*

Cultivar <i>Agria</i>	Día 40		Día 70	
	Fuerza (N)	Dist (mm)	Fuerza (N)	Dist (mm)
<b>Control 25 °C</b>	78.76 <sup>b</sup> (5.87)**	3.47 <sup>b</sup> (0.15)	68.86 <sup>ab</sup> (4.05)	3.27 <sup>a</sup> (0.10)
<b>Menta</b>	75.96 <sup>ab</sup> (6.77)	3.31 <sup>ab</sup> (0.16)	70.77 <sup>ab</sup> (5.62)	3.16 <sup>a</sup> (0.24)
<b>Alcaravea</b>	70.44 <sup>a</sup> (5.81)	3.29 <sup>ab</sup> (0.19)	66.95 <sup>ab</sup> (7.44)	3.18 <sup>a</sup> (0.20)
<b>Eucalipto</b>	73.71 <sup>ab</sup> (5.47)	3.29 <sup>ab</sup> (0.19)	70.96 <sup>b</sup> (5.11)	3.30 <sup>a</sup> (0.15)
<b>Cilantro</b>	75.51 <sup>ab</sup> (7.04)	3.14 <sup>a</sup> (0.28)	66.09 <sup>ab</sup> (8.08)	3.16 <sup>a</sup> (0.21)
<b>Control 8 °C</b>	68.78 <sup>a</sup> (8.03)	3.27 <sup>ab</sup> (0.19)	65.22 <sup>ab</sup> (3.52)	3.29 <sup>a</sup> (0.14)
<b>CIPC</b>	73.62 <sup>ab</sup> (7.31)	3.17 <sup>a</sup> (0.27)	64.26 <sup>a</sup> (6.83)	3.20 <sup>a</sup> (0.17)

<sup>a-b</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 15 muestras.

A día 70 de almacenamiento no se detectaron diferencias entre los tratamientos al compararlos tanto con el control a 25 °C, como con el control a 8 °C, solo fue posible ver diferencias al comparar los tratamientos de CIPC con el tratamiento con AE de eucalipto, donde el en caso del uso de eucalipto como tratamiento antigerminante presentaba valores mas altos en el parámetro fuerza de corte de las lonchas de patata.

#### 4.2.1.2. Cultivar *Kennebec*

En la Figura 37 se muestra la evolución de la textura para el cultivar *Kennebec*. Los datos obtenidos en el parámetro fuerza a día 70 (final

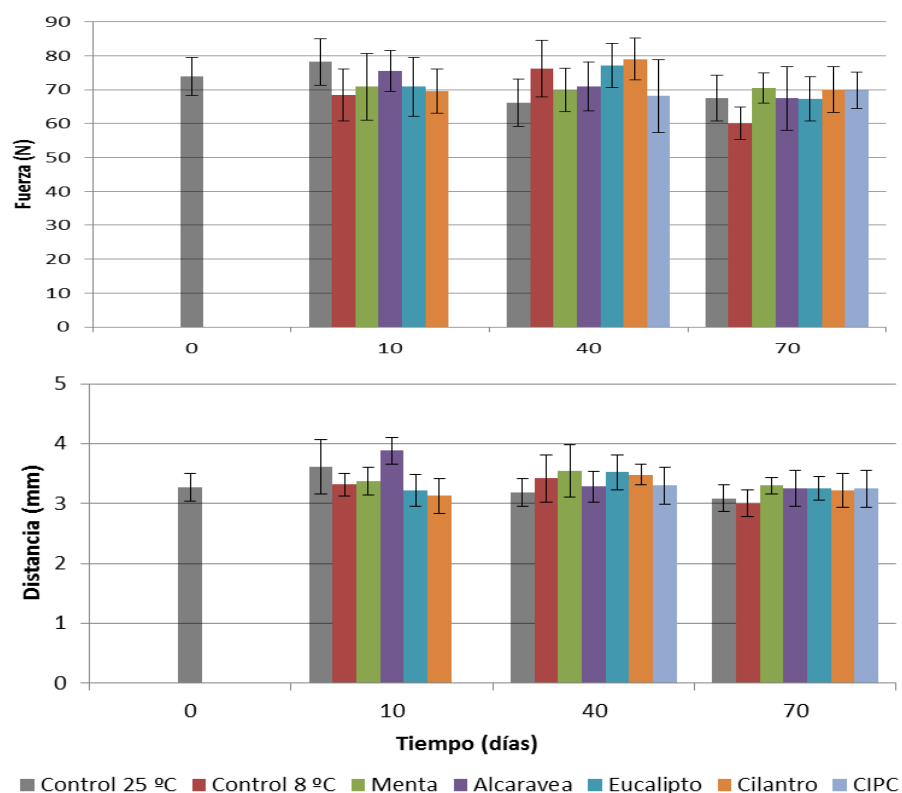
del almacenamiento), muestran valores menores que los observados al día 0 para todos los tratamientos (excepto el tratamiento con AE de menta), incluyendo ambos controles, caso contrario sucede en el parámetro distancia donde solo los controles muestran valores inferiores a los obtenidos a día 0, el resto de tratamientos presentan valores mas altos.

En la Tabla 30 se detalla el análisis estadístico de los parámetros estudiados en cuanto a textura.

En cultivar *Kennebec* se encontraron diferencias significativas a día 40 en el parámetro fuerza, tras la aplicación de los tratamientos con AEs de eucalipto y cilantro. En ambos casos los valores observados fueron mayores que los que se detectaron en el control a 25 °C (Tabla 30).

Las diferencias observadas no se deben a un cambio en la textura de la pulpa de la patata debido a la germinación, ya que otros tratamientos como el AE de menta en el mismo estado de germinación que el tratamiento de con AE de cilantro, no presentaba diferencias significativas con el control completamente germinado. Por otro lado no existen diferencias significativas de ningún tratamiento al compararlo con el control a 8 °C en condiciones normales de almacenamiento.

En cuanto al parámetro distancia a día 40, el tratamiento con AE de menta presentaba diferencias con el control a 25 °C completamente germinado pero no se detectaron diferencias al comparar este tratamiento con todos los tratamientos aplicados incluyendo el químico y el control a 8 °C.



**Figura 37.** Evolución del parámetro textura (Fuerza y distancia) en cv. *Kennebec*.

Aunque no se detectan diferencias al compararlo con algunos tratamientos antigermiñantes, el control a 25 °C presenta los valores más bajos en cuanto a Fuerza aplicada para el corte de la loncha de patata y la distancia recorrida por la cuchilla para realizar este corte, por lo que la posible deshidratación sufrida por las patatas a alta temperatura, así como el gran avance de la germinación influye en estos parámetros.

**Tabla 30.** Análisis estadístico de la textura en lonchas de patata del cultivar *Kennebec*

Cultivar <i>Kennebec</i>	Día 40		Día 70	
	Fuerza (N)	Dist (mm)	Fuerza (N)	Dist (mm)
<b>Control 25 °C</b>	66.17 <sup>a</sup>	3.19 <sup>a</sup>	67.43 <sup>b</sup>	3.09 <sup>ab</sup>
	(6.93)**	(0.23)	(6.76)	(0.23)
<b>Menta</b>	69.90 <sup>abc</sup>	3.55 <sup>b</sup>	70.46 <sup>b</sup>	3.30 <sup>b</sup>
	(6.45)	(0.44)	(4.52)	(0.14)
<b>Alcaravea</b>	70.89 <sup>abcd</sup>	3.28 <sup>ab</sup>	67.43 <sup>b</sup>	3.25 <sup>ab</sup>
	(7.23)	(0.25)	(9.33)	(0.30)
<b>Eucalipto</b>	77.03 <sup>cd</sup>	3.52 <sup>ab</sup>	67.38 <sup>b</sup>	3.25 <sup>ab</sup>
	(6.53)	(0.29)	(6.51)	(0.20)
<b>Cilantro</b>	79.01 <sup>d</sup>	3.48 <sup>ab</sup>	70.02 <sup>b</sup>	3.22 <sup>ab</sup>
	(6.17)	(0.17)	(6.82)	(0.28)
<b>Control 8 °C</b>	76.24 <sup>bcd</sup>	3.42 <sup>ab</sup>	60.04 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>
	(8.41)	(0.39)	(4.79)	(0.22)
<b>CIPC</b>	68.11 <sup>ab</sup>	3.30 <sup>ab</sup>	69.85 <sup>b</sup>	3.25 <sup>ab</sup>
	(10.83)	(0.31)	(5.37)	(0.31)

<sup>a-d</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 15 muestras.

A día 70 de tratamiento se encontraron diferencias en el parámetro fuerza tras la aplicación del CIPC al compáralo con el control a 8 °C, detectándose valores mas altos al utilizar CIPC. El comportamiento de los datos de este tratamiento a este día es semejante al encontrados a los tratamientos que estuvieron a altas temperaturas de conservación, en el caso del CIPC durante todo el tiempo de almacenamiento estuvo a 8 °C condiciones industriales de almacenamiento.



### **4.3. Materia Seca**

#### **4.3.1. Cultivares industriales**

En ambos cultivares industriales utilizados se parte de porcentajes de materia seca altos o al menos mayores al 25 % requerido para una patata de uso industrial. Se evalúan diferentes tratamientos antigerminantes para estudiar el efecto de los mismos sobre este parámetro de la calidad culinaria y tecnológica de la patata.

##### **4.3.1.1. Cultivar *Agria***

Es importante señalar como tanto a día 10 y día 70 el contenido de materia seca es mayor en el control a 25 °C que en el control a 8 °C debido a la pérdida de agua que pudo estimularse al utilizar altas temperaturas para la aplicación del tratamiento en el caso del control a 25 °C (Tabla 31).

También y debido a la evolución natural del tubérculo en almacenamiento, hay un aumento entre el porcentaje de materia seca del día 0 al día 70 en todos los casos, producido por la respiración y transpiración del tubérculo durante los 70 días de almacenamiento de la patata.

No se detectan diferencias significativas entre los tratamientos y su respectivo control a través del tiempo, por lo que no hay una influencia negativa de los tratamientos aplicados en el porcentaje de materia seca de la patata.

**Tabla 31.** Análisis estadístico del % de materia seca en cultivar *Agria*

<i>Agria</i>	D0	D10	D70
<b>Control 25 °C</b>	34.78 (2.93)**	36.56 <sup>bc</sup> (1.96)	34.68 <sup>a</sup> (3.51)
<b>Menta</b>	34.78 (2.93)	37.74 <sup>c</sup> (3.30)	36.93 <sup>a</sup> (3.02)
<b>Alcaravea</b>	34.78 (2.93)	36.38 <sup>bc</sup> (2.57)	35.50 <sup>a</sup> (3.84)
<b>Eucalipto</b>	34.78 (2.93)	35.48 <sup>abc</sup> (1.91)	34.63 <sup>a</sup> (2.75)
<b>Cilantro</b>	34.78 (2.93)	32.83 <sup>ab</sup> (3.09)	35.21 <sup>a</sup> (5.13)
<b>Control 8 °C</b>	34.78 (2.93)	32.12 <sup>a</sup> (3.50)	35.98 <sup>a</sup> (2.48)
<b>CIPC</b>	34.78 (2.93)		34.57 <sup>a</sup> (2.01)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

En el día 10, se detectan diferencias significativas entre los tratamientos con AEs de menta y alcaravea al compararlos con los valores observados del control 8 °C, como se mencionó anteriormente los tratamientos sometidos a temperaturas altas estimulan la pérdida de agua y por ello presentan valores mas altos de materia seca que los obtenidos para el control a 8 °C.

Los valores mas bajos en contenido de materia seca están dados por el tratamiento con AE de eucalipto.

**4.3.1.2. Cultivar Kennebec**

En el caso del cultivar *Kennebec*, y como se observa en la Tabla 32, a día 70 hay un aumento de la materia seca con respecto a los valores observados a día 0, provocada por la pérdida de agua producto de la respiración y transpiración de la patata durante el almacenamiento.

**Tabla 32.** Análisis estadístico del % de materia seca en cultivar *Kennebec*

<i>Kennebec</i>	D0	D10	D70
<b>Control 25 °C</b>	36.39 (2.32)**	33.83 <sup>a</sup> (8.35)	42.53 <sup>b</sup> (5.12)
<b>Menta</b>	36.39 (2.32)	34.63 <sup>a</sup> (2.15)	40.58 <sup>ab</sup> (2.33)
<b>Alcaravea</b>	36.39 (2.32)	38.50 <sup>a</sup> (2.35)	40.49 <sup>ab</sup> (1.96)
<b>Eucalipto</b>	36.39 (2.32)	35.33 <sup>a</sup> (3.71)	37.47 <sup>a</sup> (3.96)
<b>Cilantro</b>	36.39 (2.32)	37.20 <sup>a</sup> (1.29)	40.58 <sup>ab</sup> (3.12)
<b>Control 8 °C</b>	36.39 (2.32)	36.69 <sup>a</sup> (1.74)	38.28 <sup>ab</sup> (4.20)
<b>CIPC</b>	36.39 (2.32)		38.00 <sup>ab</sup> (1.86)

<sup>a-b</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

Se detectan diferencias significativas entre el tratamiento con AE de eucalipto y su respectivo control a día 70 de almacenamiento. Los valores más bajos observados en el eucalipto podría deberse a compuestos propios del aceite esencial que han migrado desde la atmósfera saturada durante la aplicación del tratamiento, hacia la pulpa

de la patata y por ende pareciera que estos tubérculos presentarían menos porcentaje de materia seca (mayor humedad).

Si bien los compuestos que pudieron migrar al interior de la patata no afectan el color como ya fue explicado, a través de apreciaciones sensoriales realizadas fue posible detectar un fuerte olor en la pulpa de la patata tratada con aceite esencial de eucalipto y que evidencia la presencia de compuestos en el interior de la patata.

#### **4.3.2. Cultivares de mesa**

Los cultivares de mesa estudiados parten de unos porcentajes de materia seca más bajos que los observados a día 0 en los cultivares industriales.

##### **4.3.2.1. Cultivar Agata**

En el cultivar *Agata* no se detectan diferencias significativas ni entre tratamientos ni al comparar cada tratamiento con su control, por lo que no existe una influencia de los tratamientos en el contenido de materia seca en este cultivar (Tabla 33). A día 70, el tratamiento con AE que presenta los menores valores de contenido de materia seca, es el tratamiento con AE de eucalipto, coincidiendo con la tendencia encontrada en los cultivares industriales para este tratamiento.

**Tabla 33.** Análisis estadístico del % de materia seca en cultivar *Agata*.

<i>Agata</i>	D0	D70
Control 25 °C	33.35 (1.91)**	33.15 <sup>a</sup> (4.35)
Menta	33.35 (1.91)	35.33 <sup>a</sup> (3.11)
Alcaravea	33.35 (1.91)	36.26 <sup>a</sup> (3.67)
Eucalipto	33.35 (1.91)	34.90 <sup>a</sup> (1.65)
Cilantro	33.35 (1.91)	36.10 <sup>a</sup> (1.88)
Control 8 °C	33.35 (1.91)	34.92 <sup>a</sup> (3.79)
CIPC	33.35 (1.91)	32.52 <sup>a</sup> (0.79)

<sup>a</sup> Por columnas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

#### 4.3.2.2. Cultivar *Monalisa*

Se detectan diferencias significativas después de usar como tratamiento antigerminante el AE de eucalipto, al compararlo con el control a 25 °C y con el tratamiento con AE de cilantro, porcentualmente los valores observados son menores que los valores obtenidos en los demás tratamientos (Tabla 34).

A día 70 y en todos los tratamientos con AEs el porcentaje de germinación era menor del 20%, por lo que las diferencias encontradas no estarían influenciadas por la germinación del tubérculo y podría deberse a la difusión de los compuestos volátiles presentes en el AE

hacia el interior del tubérculo. Estos resultados coinciden con la tendencia vista en los demás cultivares estudiados.

**Tabla 34.** Análisis estadístico del % de materia seca en cultivar *Monalisa*

<b>Monalisa</b>	<b>D0</b>	<b>D70</b>
Control 25 °C	31.43 (2.21)**	31.53 <sup>bc</sup> (2.10)
Menta	31.43 (2.21)	28.67 <sup>ab</sup> (2.80)
Alcaravea	31.43 (2.21)	29.38 <sup>ab</sup> (2.17)
Eucalipto	31.43 (2.21)	28.02 <sup>a</sup> (3.13)
Cilantro	31.43 (2.21)	31.77 <sup>bcd</sup> (1.77)
Control 8 °C	31.43 (2.21)	33.54 <sup>cd</sup> (3.02)
CIPC	31.43 (2.21)	34.70 <sup>d</sup> (1.35)

<sup>a-d</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

En todos los cultivares estudiados nunca se observaron valores por debajo del límite apto para patatas de industria del 25% de materia seca. Los porcentajes por encima de este valor permiten menos retención del aceite en el momento de la fritura, así como un mayor rendimiento en la industrialización de la patata debido a que se reducen las pérdidas por agua por evaporación en el procesado, obteniendo productos fritos más homogéneos y consistentes.

#### **4.4. Sólidos Solubles**

El porcentaje de sólidos solubles (SST) es un indicador de la cantidad de sacarosa presente en los tubérculos y podría darnos una referencia general del comportamiento de la acumulación de azúcares en la patata durante el periodo de almacenamiento y de la cantidad de glucosa y fructosa.

##### **4.4.1. Cultivares industriales**

###### **4.4.1.1. Cultivar *Agria***

Al final del almacenamiento estudiado, se detectan diferencias significativas en los tratamientos de menta, alcaravea y CIPC. En todos estos casos los valores obtenidos son mayores que los observados en sus respectivos controles (Tabla 35).

A pesar de las diferencias observadas los valores obtenidos se encuentran en el rango de 5-6.33 % de sólidos solubles totales, valores esperados en un producto de bajo contenido de azúcar como la patata.

En los tratamientos donde se detectan diferencias significativas con respecto al control como los tratamientos de menta y alcaravea, es importante tenerlos en consideración en el momento de evaluar el contenido de azúcares reductores y ver si este aumento podría derivar en mayores contenidos de glucosa y fructosa.

**Tabla 35.** Análisis estadístico del % SST en cultivar *Agria*

<i>Agria</i>	D0	D10	D70
<b>Control 25 °C</b>	5.27 (0.13)**	5.00 <sup>a</sup> (0.00)	5.40 <sup>ab</sup> (0.46)
<b>Menta</b>	5.27 (0.13)	6.00 <sup>b</sup> (0.87)	6.33 <sup>c</sup> (0.50)
<b>Alcaravea</b>	5.27 (0.13)	6.09 <sup>b</sup> (0.50)	6.33 <sup>c</sup> (0.50)
<b>Eucalipto</b>	5.27 (0.13)	6.00 <sup>b</sup> (0.00)	5.40 <sup>ab</sup> (0.15)
<b>Cilantro</b>	5.27 (0.13)	5.20 <sup>a</sup> (0.00)	5.00 <sup>a</sup> (0.00)
<b>Control 8°C</b>	5.27 (0.13)	5.33 <sup>a</sup> (0.50)	5.53 <sup>b</sup> (0.30)
<b>CIPC</b>	5.27 (0.13)		6.24 <sup>c</sup> (0.09)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

#### 4.4.1.2. Cultivar *Kennebec*

Para el caso del cultivar *Kennebec*, se detectan diferencias significativas en el día 70 en el tratamiento con AE de cilantro al compararlo con su respectivo control. Este tratamiento presenta valores menores de sólidos solubles totales y que podrían estar relacionados con niveles bajos de azúcares reductores (Tabla 36).

Las patatas tratadas con AE de cilantro y menta eran las que presentaban los mejores resultados como antigerminantes por lo que, analizando los valores mayores observados en el tratamiento con AE de menta, no podría concluirse que las diferencias son debido a la germinación y por la tanto son un efecto directo del uso de AE de cilantro como antigerminante.



**Tabla 36.** Análisis estadístico del % de SST en el cultivar *Kennebec*

<i>Kennebec</i>	D0	D10	D70
<b>Control 25 °C</b>	6.36 (0.40)**	5.67 <sup>a</sup> (0.50)	6.47 <sup>bc</sup> (0.40)
<b>Menta</b>	6.36 (0.40)	6.00 <sup>a</sup> (0.00)	6.33 <sup>abc</sup> (0.50)
<b>Alcaravea</b>	6.36 (0.40)	5.98 <sup>a</sup> (0.07)	6.50 <sup>c</sup> (0.43)
<b>Eucalipto</b>	6.36 (0.40)	6.67 <sup>b</sup> (0.60)	6.67 <sup>c</sup> (0.50)
<b>Cilantro</b>	6.36 (0.40)	6.00 <sup>a</sup> (0.00)	5.87 <sup>a</sup> (0.10)
<b>Control 8 °C</b>	6.36 (0.40)	7.00 <sup>b</sup> (0.00)	6.42 <sup>abc</sup> (0.46)
<b>CIPC</b>	6.36 (0.40)		5.93 <sup>ab</sup> (0.10)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

#### 4.4.2. Cultivares de mesa

##### 4.4.2.1. Cultivar *Agata*

En el cultivar *Agata* no se detectaron diferencias significativas tras la aplicación de tratamientos antigerminantes de origen natural, ni tampoco se detectaron diferencias en los sólidos solubles totales con el empleo del CIPC al compararlos con su control respectivo (Tabla 37).

Como puede observarse en la Tabla 37, se detectan diferencias entre los valores observados de los tratamientos con AE de cilantro y los valores obtenidos en los tratamientos con AEs de alcaravea y eucalipto. Los valores obtenidos en tratamientos como los AEs de menta y cilantro

podrían indicar un aumento en el contenido de azúcares y repercutir en la calidad del producto según el uso final del mismo.

**Tabla 37.** Análisis estadístico del % de SST en el cultivar *Agata*

<i>Agata</i>	D0	D70
<b>Control 25 °C</b>	6.78 (0.99)**	7.50 <sup>cd</sup> (0.51)
<b>Menta</b>	6.78 (0.99)	7.27 <sup>bcd</sup> (0.67)
<b>Alcaravea</b>	6.78 (0.99)	7.00 <sup>bc</sup> (0.00)
<b>Eucalipto</b>	6.78 (0.99)	7.00 <sup>bc</sup> (0.00)
<b>Cilantro</b>	6.78 (0.99)	7.83 <sup>d</sup> (0.25)
<b>Control 8 °C</b>	6.78 (0.99)	6.72 <sup>ab</sup> (0.78)
<b>CIPC</b>	6.78 (0.99)	6.29 <sup>a</sup> (0.18)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

En este cultivar puede observarse como las patatas que estuvieron más tiempo a temperaturas de 8 °C (tratamiento con CIPC y control a 8 °C) son las que presentan los valores más bajos de sólidos solubles totales. En este caso el efecto de la alta temperatura en las patatas tratadas con AEs y el control a 25 °C podrían acelerar el período de senescencia del tubérculo y los valores observados se deberían a un edulcorado natural por la evolución del tubérculo.

**4.4.2.2. Cultivar Monalisa**

En el cultivar *Monalisa* se detectan diferencias significativas al utilizar AEs de menta y eucalipto como tratamientos antigerminantes al compararlos con su respectivo control (Tabla 38).

**Tabla 38.** Análisis estadístico del % de SST en el cultivar *Monalisa*

<i>Monalisa</i>	D0	D70
<b>Control 25 °C</b>	6.44 (0.85)**	6.58 <sup>b</sup> (0.31)
<b>Menta</b>	6.44 (0.85)	6.00 <sup>a</sup> (0.00)
<b>Alcaravea</b>	6.44 (0.85)	6.17 <sup>ab</sup> (0.25)
<b>Eucalipto</b>	6.44 (0.85)	7.53 <sup>c</sup> (0.44)
<b>Cilantro</b>	6.44 (0.85)	6.53 <sup>b</sup> (0.44)
<b>Control 8 °C</b>	6.44 (0.85)	6.17 <sup>ab</sup> (0.65)
<b>CIPC</b>	6.44 (0.85)	6.17 <sup>ab</sup> (0.25)

<sup>a-c</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

En el caso del tratamiento con AE de eucalipto presenta valores mayores que los obtenidos en el control, este aumento en los SST podría indicar un aumento en los azúcares de la patata y que luego podrían provocar problemas según el uso final de esta patata.

El tratamiento con AE de menta presenta valores inferiores de SST que su respectivo control y no muestra diferencia estadística con los valores

observados en el control a 8 °C ni con el uso del tratamiento químico (CIPC).

Las variedades de uso industrial estudiadas presentan menos contenido de SST que las variedades de mesa utilizadas en este estudio. Un contenido bajo en azúcares totales es recomendable en patatas de uso industrial y que a posterior serán sometidas a condiciones de altas temperaturas pudiendo propiciar reacciones no enzimáticas que afecten la calidad culinaria y tecnológica de la patata.

#### **4.5. Azúcares Reductores**

##### **4.5.1. Cultivares industriales**

Una de las características de los cultivares industriales que las hacen aptas para industrialización y procesado es el bajo contenido de azúcares que disminuya la probabilidad de pardeamientos no enzimáticos en el momento de someter el producto a altas temperaturas durante su procesamiento.

###### **4.5.1.1. Cultivar *Agria***

En el cultivar *Agria* y como se muestra en la Tabla 39, no se detectaron diferencias significativas en el contenido de glucosa, fructosa y azúcares reductores totales tras la aplicación de tratamientos antigerminantes. En algunos casos los valores obtenidos se encuentran por debajo del

límite de detección del equipo (<0.01), debido al poco contenido de azúcares reductores que poseen, como una característica de la materia prima utilizada.

**Tabla 39.** Análisis estadístico del contenido de azúcares reductores en el cultivar *Agria* (gr/100 gr de materia fresca)

AGRIA	Día 40			Día 70		
	Glucosa	Fructosa	Reductores	Glucosa	Fructosa	Reductores
<b>Control 25 °C</b>	0.21 <sup>ab</sup> (0.16)**	0.16 <sup>a</sup> (0.26)	0.37 <sup>a</sup> (0.37)	0.12 <sup>a</sup> (0.04)	0.08 <sup>a</sup> (0.12)	0.20 <sup>a</sup> (0.16)
<b>Menta</b>	< 0.01 <sup>a</sup>	< 0.01 <sup>a</sup>	< 0.01 <sup>a</sup>	0.18 <sup>a</sup> (0.06)	0.23 <sup>a</sup> (0.26)	0.40 <sup>a</sup> (0.24)
<b>Alcaravea</b>	< 0.01 <sup>a</sup>	< 0.01 <sup>a</sup>	< 0.01 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup> (0.04)	0.15 <sup>a</sup> (0.08)	0.17 <sup>a</sup> (0.12)
<b>Eucalipto</b>	0.01 <sup>a</sup> (0.02)	< 0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup> (0.02)	0.14 <sup>a</sup> (0.01)	0.05 <sup>a</sup> (0.04)	0.14 <sup>a</sup> (0.12)
<b>Cilantro</b>	0.25 <sup>ab</sup> (0.00)	< 0.01 <sup>a</sup>	0.25 <sup>a</sup> (0.00)	0.09 <sup>a</sup> (0.10)	< 0.01 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup> (0.10)
<b>Control 8 °C</b>	0.23 <sup>ab</sup> (0.16)	0.03 <sup>a</sup> (0.07)	0.26 <sup>a</sup> (0.20)	0.09 <sup>a</sup> (0.09)	0.07 <sup>a</sup> (0.14)	0.15 <sup>a</sup> (0.21)
<b>CIPC</b>	0.36 <sup>b</sup> (0.08)	0.28 <sup>a</sup> (0.25)	0.52 <sup>a</sup> (0.47)	0.11 <sup>a</sup> (0.04)	0.20 <sup>a</sup> (0.06)	0.31 <sup>a</sup> (0.10)

<sup>a-b</sup>Por columnas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

Al día 40 de almacenamiento, aunque no existen diferencias significativas con respecto al control, las patatas tratadas con CIPC mostraban valores por encima del límite deseado de 0.5% de azúcares reductores en la patata destinada a industrialización, sin embargo a día 70 no es posible detectar esta diferencia debido a la disminución de los contenidos de glucosa para este tratamiento.

Los valores mas altos en contenido de azúcares reductores en esta variedad fueron detectados en el tratamiento con AE de Menta, y aunque estos valores se encuentren en los límites deseados es

importante valorar que este tratamiento pueda tener una tendencia a aumentar los niveles principalmente de fructosa.

#### 4.5.1.2. Cultivar *Kennebec*

En el cultivar *Kennebec* y tras la aplicación de tratamientos antigerminantes se detectaron diferencias significativas a día 70 en el contenido de glucosa del tratamiento con AE de menta con respecto al control. Los valores observados son mayores que los obtenidos en el control aunque estos no sobrepasan el límite del 0.5% deseado para patatas destinadas a la industria. Estos altos contenidos en glucosa provocan a su vez altos contenidos en los azúcares reductores totales (Tabla 40).

**Tabla 40.** Análisis estadístico del contenido de azúcares reductores en el cultivar *Kennebec* (gr/100 gr de materia fresca)

<i>Kennebec</i>	Día 40			Día 70		
	Glucosa	Fructosa	Total	Glucosa	Fructosa	Total
<b>Control 25 °C</b>	0.33 <sup>a</sup> (0.22)**	< 0.01 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup> (0.22)	0.07 <sup>a</sup> (0.08)	0.03 <sup>ab</sup> (0.06)	0.10 <sup>a</sup> (0.11)
<b>Menta</b>	0.13 <sup>a</sup> (0.11)	0.01 <sup>ab</sup> (0.03)	0.14 <sup>a</sup> (0.13)	0.42 <sup>b</sup> (0.23)	0.04 <sup>ab</sup> (0.03)	0.47 <sup>a</sup> (0.23)
<b>Alcaravea</b>	0.19 <sup>a</sup> (0.03)	0.02 <sup>ab</sup> (0.03)	0.21 <sup>a</sup> (0.04)	0.04 <sup>a</sup> (0.06)	< 0.01 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup> (0.06)
<b>Eucalipto</b>	0.39 <sup>a</sup> (0.06)	0.05 <sup>ab</sup> (0.03)	0.44 <sup>a</sup> (0.08)	0.15 <sup>ab</sup> (0.11)	< 0.01 <sup>a</sup>	0.15 <sup>a</sup> (0.11)
<b>Cilantro</b>	0.33 <sup>a</sup> (0.10)	< 0.01 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup> (0.10)	0.22 <sup>ab</sup> (0.22)	< 0.01 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup> (0.22)
<b>Control 8 °C</b>	0.27 <sup>a</sup> (0.20)	0.13 <sup>ab</sup> (0.11)	0.39 <sup>a</sup> (0.19)	0.25 <sup>ab</sup> (0.10)	0.12 <sup>ab</sup> (0.15)	0.37 <sup>a</sup> (0.14)
<b>CIPC</b>	0.12 <sup>a</sup> (0.10)	0.17 <sup>b</sup> (0.11)	0.29 <sup>a</sup> (0.20)	0.16 <sup>ab</sup> (0.04)	0.17 <sup>b</sup> (0.05)	0.33 <sup>a</sup> (0.09)

<sup>a-b</sup>Por columnas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

En los cultivares industriales los tratamientos con CIPC y con AE de mesa presentan los mayores valores de contenido de azúcares reductores y que según la dosis a aplicar del tratamiento, podrían representar un problema en la industrialización y el procesado de la patata.

Tras la aplicación del tratamiento, es importante considerar el tiempo de almacenamiento adecuado en el que las patatas puedan usarse en la industria para minimizar pérdidas del producto y productos con calidades no deseadas. Como hemos visto en algunos casos se presentan valores fuera de los límites deseables a día 40 y que luego a día 70 los valores obtenidos son menores.

Al definirse las dosis a utilizar en industria también deben evaluarse los tiempos de espera adecuados para el uso de la patata según el mercado al que esta vaya dirigida.

#### **4.5.2. Cultivares de mesa**

Los cultivares de mesa, presentan valores mas altos en el contenido de azúcares reductores que los cultivares de uso industrial. Tambien los valores óptimos para estas variedades son superiores.

##### **4.5.2.1. Cultivar Agata**

En la tabla Tabla 41, se indican los valores obtenidos de glucosa, fructosa y azúcares reductores totales (gr/100 gramos de materia

fresca). Se detectan diferencias significativas a día 70 tras la aplicación del tratamiento con AE de eucalipto presentando valores más bajos en el contenido de fructosa al compararlo con su respectivo control.

**Tabla 41.** Análisis estadístico del contenido de azúcares reductores en cultivar *Agata* (gr / 100 gr de materia fresca)

<i>Agata</i>	Día 40			Día 70		
	Glucosa	Fructosa	Reductores	Glucosa	Fructosa	Reductores
<b>Control 25 °C</b>	0.39 <sup>a</sup> (0.23)**	0.25 <sup>a</sup> (0.11)	0.63 <sup>a</sup> (0.19)	0.41 <sup>a</sup> (0.30)	0.28 <sup>b</sup> (0.06)	0.69 <sup>a</sup> (0.31)
<b>Menta</b>	0.31 <sup>a</sup> (0.15)	0.23 <sup>a</sup> (0.06)	0.54 <sup>a</sup> (0.20)	0.10 <sup>a</sup> (0.03)	0.22 <sup>ab</sup> (0.06)	0.32 <sup>a</sup> (0.02)
<b>Alcaravea</b>	0.33 <sup>a</sup> (0.16)	0.34 <sup>a</sup> (0.11)	0.68 <sup>a</sup> (0.26)	0.26 <sup>a</sup> (0.07)	0.19 <sup>ab</sup> (0.03)	0.45 <sup>a</sup> (0.10)
<b>Eucalipto</b>	0.44 <sup>a</sup> (0.08)	0.09 <sup>a</sup> (0.03)	0.53 <sup>a</sup> (0.11)	0.17 <sup>a</sup> (0.07)	0.13 <sup>a</sup> (0.03)	0.30 <sup>a</sup> (0.08)
<b>Cilantro</b>	0.42 <sup>a</sup> (0.08)	0.19 <sup>a</sup> (0.06)	0.61 <sup>a</sup> (0.14)	0.12 <sup>a</sup> (0.06)	0.18 <sup>ab</sup> (0.04)	0.30 <sup>a</sup> (0.07)
<b>Control 8 °C</b>	0.33 <sup>a</sup> (0.09)	0.37 <sup>a</sup> (0.20)	0.70 <sup>a</sup> (0.27)	0.28 <sup>a</sup> (0.17)	0.19 <sup>ab</sup> (0.08)	0.43 <sup>a</sup> (0.18)
<b>CIPC</b>	0.27 <sup>a</sup> (0.14)	0.20 <sup>a</sup> (0.13)	0.47 <sup>a</sup> (0.27)	0.39 <sup>a</sup> (0.09)	0.11 <sup>a</sup> (0.05)	0.50 <sup>a</sup> (0.14)

<sup>a-b</sup>Por columnas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

No existen diferencias significativas al comparar los valores obtenidos de todos los tratamientos como antigerminantes con AEs y con CIPC, por lo que no hay una influencia clara del tratamiento con respecto al contenido de azúcares reductores totales.

A día 40 puede observarse como en todos los casos se supera el límite máximo permitido para patatas de uso industrial, sin embargo no se detectaron valores mayores al límite máximo deseado para los cultivares de mesa del 0.8% de azúcares reductores totales en materia fresca.



#### **4.5.2.2. Cultivar *Monalisa***

En el cultivar *Monalisa*, tal y como se observa en la Tabla 42, se detectan diferencias significativas a día 40 en el contenido de fructosa tras la aplicación del CIPC, obteniendo valores mas bajos que los detectados en el control respectivo.

No hay una influencia clara en el uso de los tratamientos con AEs en cuanto al aumento o disminución del contenido de azúcares debido a la ausencia de diferencias significativas con respecto al control.

Se puede observar como los valores obtenidos de azúcares reductores totales en el caso de los tratamientos con AEs de eucalipto y cilantro sobrepasan los límites deseados del 0.8% de azúcares reductores totales, así como el control a 25 °C también presentan valores altos muy cerca del límite máximo permitido.

Estos altos contenidos en azúcares se traducen en sabores dulces al someterlos a altas temperaturas, y podrían provocar pardeamientos no enzimáticos indeseables.

A pesar de que no existen diferencias estadísticamente significativas, los tratamientos con AEs de alcaravea, menta y así como el tratamiento químico CIPC presentan los valores mas bajos en cuanto a contenido de azúcares reductores totales al final del almacenamiento.

**Tabla 42.** Análisis estadístico del contenido de azúcares reductores en cultivar *Monalisa* (gr / 100 gr de materia fresca)

<i>Monalisa</i>	Día 40			Día 70		
	Glucosa	Fructosa	Reductores	Glucosa	Fructosa	Reductores
<b>Control 25 °C</b>	0.46 <sup>abc</sup> (0.20)**	0.31 <sup>ab</sup> (0.18)	0.77 <sup>abc</sup> (0.37)	0.44 <sup>ab</sup> (0.20)	0.29 <sup>a</sup> (0.31)	0.73 <sup>a</sup> (0.50)
<b>Menta</b>	0.39 <sup>abc</sup> (0.10)	0.25 <sup>ab</sup> (0.05)	0.63 <sup>abc</sup> (0.10)	0.24 <sup>a</sup> (0.12)	<0.01 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup> (0.12)
<b>Alcaravea</b>	0.17 <sup>a</sup> (0.03)	0.16 <sup>a</sup> (0.07)	0.33 <sup>a</sup> (0.07)	0.33 <sup>ab</sup> (0.19)	0.04 <sup>a</sup> (0.04)	0.37 <sup>a</sup> (0.22)
<b>Eucalipto</b>	0.68 <sup>c</sup> (0.14)	0.46 <sup>ab</sup> (0.08)	1.14 <sup>c</sup> (0.21)	0.60 <sup>b</sup> (0.07)	0.45 <sup>a</sup> (0.15)	1.05 <sup>a</sup> (0.21)
<b>Cilantro</b>	0.54 <sup>bc</sup> (0.01)	0.44 <sup>ab</sup> (0.07)	0.98 <sup>bc</sup> (0.08)	0.53 <sup>ab</sup> (0.09)	0.44 <sup>a</sup> (0.08)	0.97 <sup>a</sup> (0.16)
<b>Control 8 °C</b>	0.57 <sup>bc</sup> (0.13)	0.49 <sup>b</sup> (0.14)	1.07 <sup>c</sup> (0.26)	0.50 <sup>ab</sup> (0.11)	0.34 <sup>a</sup> (0.27)	0.84 <sup>a</sup> (0.34)
<b>CIPC</b>	0.24 <sup>ab</sup> (0.05)	0.14 <sup>a</sup> (0.07)	0.39 <sup>ab</sup> (0.05)	0.40 <sup>ab</sup> (0.12)	0.19 <sup>a</sup> (0.03)	0.58 <sup>a</sup> (0.13)

<sup>a-b</sup> Por columnas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

#### 4.6. Análisis Sensorial

El análisis sensorial se llevó a cabo bajo los lineamientos de la normativa ISO 4120:2004, en cuanto a la codificación de las muestras y el orden de presentación de las mismas al panel de cata.

Los cuatro cultivares estudiados se llevaron a las mismas condiciones en cuanto a temperatura y tiempo de fritura. Se descartó el tratamiento con AE de eucalipto debido al bajo porcentaje de inhibición mostrado en los cultivares industriales de los primeros días de almacenamiento.

Las pruebas de análisis sensorial se realizaron en el día 40 de almacenamiento. Se determinó este tiempo debido a que es el momento estimado en que las patatas tratadas con aceites esenciales y el control a 8°C se encuentran en condiciones de apariencia visual similar, manteniendo una calidad adecuada visual y al tacto.

Según la normativa ISO 4120:2000 establece que a un 95% de confiabilidad, en una prueba triangular con un panel de cata de 22 jueces es necesario que el número mínimo de respuestas necesarias para concluir que existen diferencias perceptibles es de 12.

#### **4.6.1. Cultivares industriales**

En los cultivares industriales no se detectan diferencias significativas tras la aplicación de los diferentes tratamientos. En la Tabla 43 se indican los valores obtenidos después del análisis sensorial realizado.

Es importante resaltar como los tratamientos con AE de alcaravea en ambos cultivares y el tratamiento con AE de cilantro en el cultivar *Kennebec* presentan grandes porcentajes de acierto y que podría generar diferencias según la dosis aplicada a nivel industrial.

**Tabla 43.** Análisis estadístico del estudio sensorial realizado en los cultivares industriales.

Cultivar	Tratamiento	Respuestas correctas
<b>Kennebec</b>	Menta vs Control	6* (27%)**
	Alcaravea vs Control	10 (45%)
	Cilantro vs Control	11 (50%)
	CIPC vs control	4 (18%)
<b>Agria</b>	Menta vs Control	8 (36%)
	Alcaravea vs Control	10 (45%)
	Cilantro vs Control	7 (32%)
	CIPC vs control	8 (36%)

\*Respuestas acertadas por el panel de cata.

\*\* Porcentaje de acierto del panel de cata

#### 4.6.2. Cultivares de mesa

El los cultivares mesa estudiados, se detectaron diferencias significativas tras la aplicación del tratamiento con AE de menta. En el cultivar *Monalisa* se observó un 77% de respuestas correctas, por lo que el tratamiento con AE menta afecta la percepción sensorial de la patata (Tabla 44). Dentro de los comentarios aportados por el panel de cata, la principal diferencia encontrada fue la presencia de un sabor amargo en las patatas tratadas con este tratamiento.

A pesar de que no se detectan diferencias tras la aplicación del CIPC en ambos cultivares de mesa, es posible observar como el panel de cata detectó en un 40%, la muestra diferente luego de la evaluación.

**Tabla 44.** Análisis estadístico del análisis sensorial en los cultivares de mesa.

Cultivar	Tratamiento	Respuestas correctas
<b>Agata</b>	Menta vs Control	4* (18%)**
	Alcaravea vs Control	3 (14%)
	Cilantro vs Control	6 (27%)
	CIPC vs control	9 (41%)
<b>Monalisa</b>	Menta vs Control	17 (77%)
	Alcaravea vs Control	8 (36%)
	Cilantro vs Control	8 (36%)
	CIPC vs control	10 (45%)

\*Respuestas acertadas por el panel de cata.

\*\* Porcentaje de acierto del panel de cata

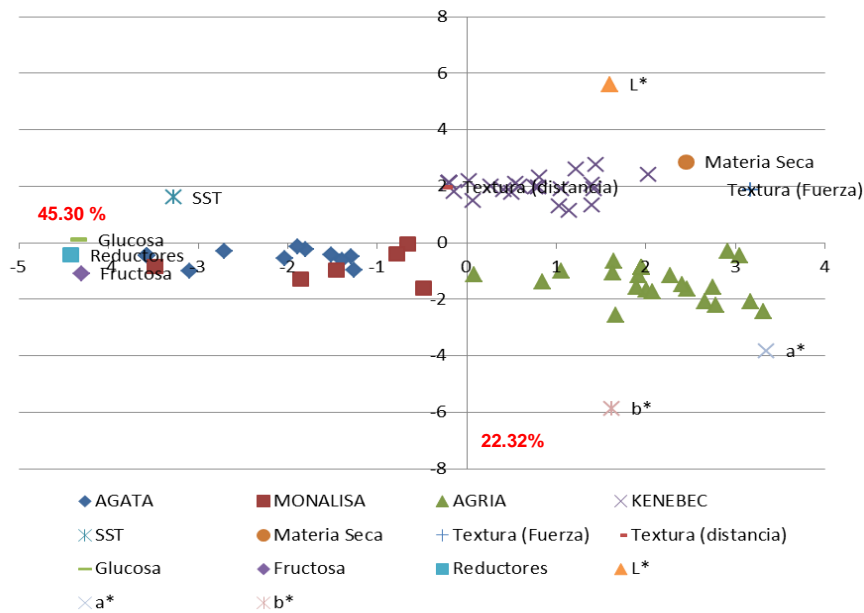
#### 4.7. Estudio de correlación entre los parámetros de calidad estudiados

Después de realizar un análisis de agrupación (Figura 38), se determinó que los componentes principales explicaban juntos el 67.63% de la varianza de los datos.

El primero de ellos parece fuertemente correlacionado con los parámetros de textura (Fuerza y Distancia) y contenido de materia seca, en los cultivares industriales (*Agria* y *Kennebec*), mientras que el segundo parece más relacionado con el contenidos de azúcares (glucosa, fructosa, sólidos solubles totales) en los cultivares de mesa (*Agata* y *Monalisa*).

#### SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 3.

Las relaciones encontradas pueden ser explicadas por el cultivar utilizado y no dependen de la influencia de los tratamientos aplicados.



**Figura 38.** Análisis de componentes principales de los parámetros de calidad culinaria y tecnológica estudiados.

Para poder explicar la relación entre estos parámetros se procedió a realizar un análisis a través de correlaciones de Pearson y así determinar las magnitudes y tendencias de estas correlaciones.

En general en el cultivar *Monalisa* existe una correlación positiva perfecta entre el contenido de glucosa, fructosa, materia seca y sólidos solubles totales (control a 8 °C, tratamientos con AEs de menta, alcaravea, cilantro), no fue posible establecer ninguna correlación en el uso del CIPC.

En el cultivar *Agata* se encontró una correlación negativa entre el contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa) en relación a los contenidos de sólidos solubles totales y contenido de materia seca.

También se observó una correlación positiva entre el contenido de sólidos solubles totales y materia seca (tratamientos con AEs de menta, alcaravea, eucalipto y cilantro). Tras la aplicación del CIPC en el cultivar *Agata* solo fue posible detectar una correlación positiva (0.99) significativa al 95% entre el contenido de glucosa y de sólidos solubles totales.

En el cultivar industrial *Kennebec* se encontró una correlación positiva significativa entre los parámetros de textura ( $>0.95$ ) (control 25 °C, control 8 °C, tratamientos con AEs de alcaravea y cilantro). El tratamiento con AE de menta presentó una correlación positiva significativa entre el contenido de materia seca y la textura (0.96), al contrario de lo que sucediera en controles estudiados (control a 25 °C y control a 8 °C) donde la correlación en estos parámetros fue positiva.

En el caso del cultivar *Agria* no fue posible detectar correlaciones significativas en los parámetros estudiados.

## 5. Conclusiones del capítulo

**Color.** En el cultivar *Agría* el tratamiento con AE de alcaravea afecta el color en las lonchas en los tres parámetros estudiados ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), la porosidad de la patata permite una difusión de los compuestos presentes en la atmósfera saturada durante la aplicación de los tratamientos con AEs hacia el interior del tubérculo. Esto podría representar un problema en el procesamiento de las patatas según el destino final del producto. En general se obtuvieron tonalidades menos “luminosas” más “rojizas” y más “amarillas” que su respectivo control.

En el cultivar *Kennebec* se detectaron diferencias significativas a través del tiempo estudiado tras la aplicación de los tratamientos con alcaravea, eucalipto y CIPC principalmente. Al contrario de lo sucedido con el cultivar *Agría*, el tratamiento con AE de alcaravea le proporciona a la pulpa de la patata tonalidades más “luminosas”.

**Textura.** En el cultivar *Agría* la aplicación de los tratamientos antigerminantes y a pesar de las diferencias importantes en germinación de algunos de los tratamientos aplicados, no existe una influencia de los mismos sobre la textura de las lonchas de patata, coincidiendo con los estudios previos realizados en el cultivar de mesa *Monalisa*.

Los valores observados en el cultivar *Kennebec* difieren del control hasta la mitad del tiempo del almacenamiento estudiado, sin embargo las diferencias observadas no se presentan con tubérculos en condiciones normales de almacenamiento (control a 8 °C) ni con respecto a tubérculos poco germinados (AE de menta) por lo que podría decirse que estos tratamientos mantienen la textura de un tubérculo en buenas



condiciones pese a haber sido sometido a condiciones de altas temperaturas.

**Materia seca.** En general todos los tratamientos aplicados mantienen el contenido de materia seca en porcentajes óptimos para uso a nivel industrial y de consumo en mesa. También los contenidos de materia seca no fueron superiores al respectivo control y que un aumento importante podría haber provocado patatas muy fibrosas y que dificultarían su uso a nivel culinario y tecnológico.

**Sólidos solubles totales.** A pesar de que existen diferencias significativas entre algunos tratamientos con AE y el CIPC, los valores observados no son de una magnitud que indiquen algún problema en el aumento inesperado del contenido de sacarosa o azúcares en la patata, las mayores diferencias se encontraron en torno a un grado brix en todos los cultivares estudiados.

**Azúcares reductores.** En los cultivares industriales en todos los casos y considerando principalmente el día 40 (donde se realizó posteriormente el análisis sensorial) y al día 70 (final del experimento), el contenido de azúcares reductores siempre fue inferior al nivel deseado del 0.5% del peso fresco para uso industrial. Es posible observar como el tratamiento con AE de menta presenta valores muy cercanos a este límite, por lo que su utilización a nivel industrial podría estar limitado según la dosis del producto que se utilice. En el caso de las variedades industriales el aumento observado en los SST no se ven reflejados en un aumento en el contenido de azúcares reductores.

En los cultivares de mesa los valores obtenidos de azúcares reductores totales fueron superiores al límite máximo óptimo del 0.8% del peso en fresco en los tratamientos con AE de cilantro, eucalipto, pero también en el control a 8 °C. Estos valores no superan el 2% del peso en fresco que provocarían un descarte en la patata por las altas posibilidades de provocar sabores anormales durante la preparación para su consumo.

**Análisis sensorial.** Tras el análisis sensorial y bajo las condiciones estudiadas, solo en el caso del tratamiento con AE de menta y en el caso del cultivar de mesa Monalisa se detectaron sabores extraños por el panel de cata. En todos los demás tratamientos no fue posible detectar variación alguna con respecto al control que indicará que los tratamientos alteraran negativamente las características sensoriales de la patata en los cultivares estudiados.

## **SECCIÓN 4. Resultados**

*Capítulo 4. Estudio de la capacidad antimicrobiana.*

---



## CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA

### 1. Introducción

Los AEs y sus constituyentes tienen un amplio espectro de acción antimicrobiana, donde la composición específica de cada AE así como la estructura y grupos funcionales de sus componentes juegan un papel fundamental en su grado de reactividad.

La composición química de los AEs es compleja y depende en gran medida de la parte de la planta seleccionada para la extracción, el momento y temporada de la cosecha y su origen geográfico. Los principales componentes de los AEs son sustancias fenólicas, que además son las responsables de conferir actividad antimicrobiana (Burt, 2004). Sin embargo, se ha informado de que otros componentes menores tienen una influencia crítica en la actividad antimicrobiana y antioxidante, actuando sinérgicamente con otros componentes (Nakatsu *et al.*, 2000; van Vuuren *et al.*, 2007).

Se ha probado que los terpenos son los principales responsables de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales. Su efecto antimicrobiano está basado en su capacidad para dañar las biomembranas.

Aunque el mecanismo exacto de acción de las posibles fracciones de los AEs todavía no está claro, su actividad antimicrobiana puede atribuirse a las propiedades de los diferentes compuestos biológicamente activos que contienen como pueden ser carvacrol, p-cimeno,  $\gamma$ -terpineno, timol,

eugenol (clavo), linalol (cilantro) , alcanfor o 1,8-cineol (eucalipto), y cuya acción antimicrobiana frente a diferentes microorganismos se ha demostrado en estudios realizados *in vitro* (Bakkali *et al.*, 2008; Burt, 2004; Lang *et al.*, 2012; Tajkarimi *et al.*, 2010; Tiwari *et al.*, 2009)

Los aceites utilizados en este capítulo fueron seleccionados en función de sus características como antigerminantes en patata con el objetivo de determinar si poseen propiedades antifúngicas y antibacterianas frente a los principales fitopatógenos en almacenamiento de patata.

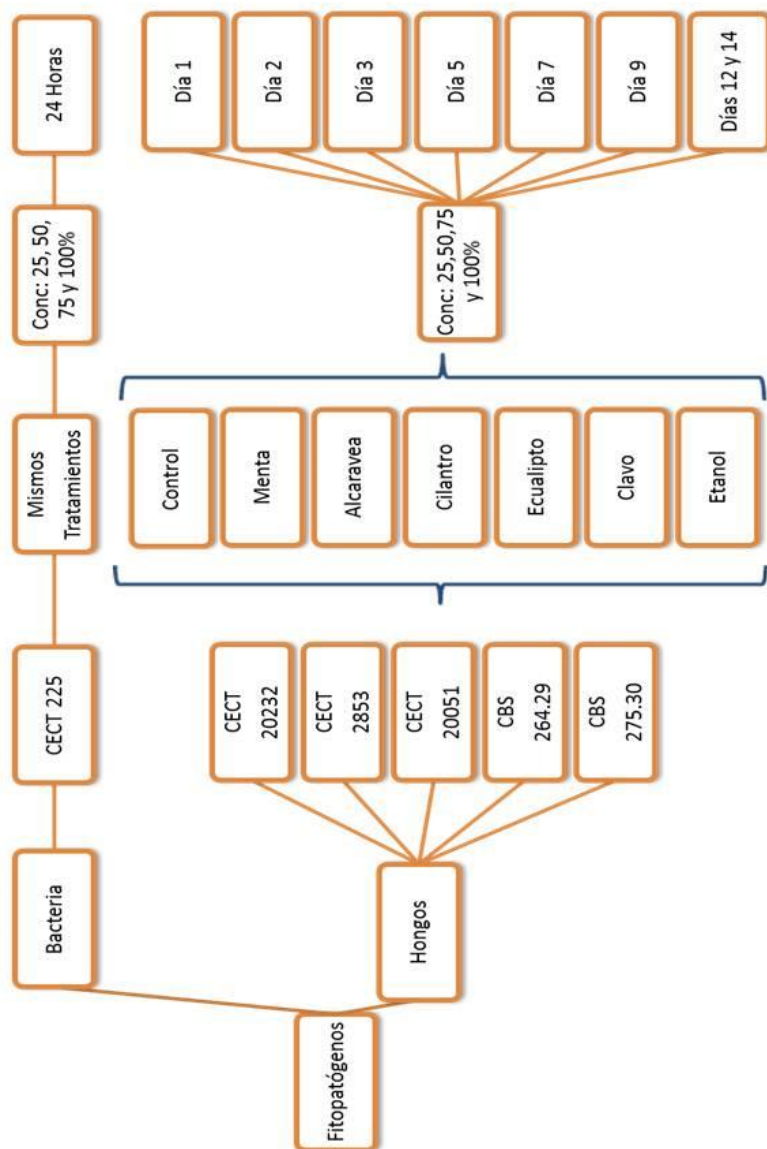
## **2. Objetivos**

Estudiar el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales seleccionados sobre los principales fitopatógenos que afectan la calidad de la patata durante su almacenamiento.

Se estudiará el efecto antibacteriano, bacteriostático, antifúngico y fungistático de los aceites esenciales seleccionados sobre los principales fitopatógenos en almacenamiento de patata (bacteria *Pectobacterium carotovorum* y hongos *Fusarium solani*, *Colletotricum coccodes*, *Phoma exigua*, *Polyscytalum pustulans*, *Helminthosporium solani*)

## **3. Diseño experimental**

En la Figura 39 se indica gráficamente el diseño experimental llevado a cabo en el estudio del efecto antimicrobiano de los tratamientos con AEs utilizados como antigerminantes.



**Figura 39.** Diseño experimental del estudio antimicrobiano de los AEs utilizados.

El análisis antibacteriano se llevó a cabo mediante un diseño factorial 1x6x4x3 (una bacteria fitopatogena, 6 tratamientos, 4 concentraciones y tres repeticiones). En total se prepararon 72 placas con medio de cultivo para el estudio antibacteriano con aceites esenciales y 5 placas como control de etanol y 3 placas como control del crecimiento de la bacteria.

El estudio antifúngico se llevó a cabo mediante un diseño factorial 5x6x4x3 (5 hongos fitopatogénos, 6 tratamientos, 4 concentraciones y por triplicado). En total se prepararon 360 placas. (El medio de cultivo variaba según la cepa en estudio). Se mantuvieron 3 placas como control del crecimiento del hongo y 3 placas como control con etanol.

## **4. Resultados y discusión**

### **4.1. Actividad antibacteriana**

Frente a una misma cepa bacteriana se observó el efecto antibacteriano producido por cada tipo de AE ensayado.

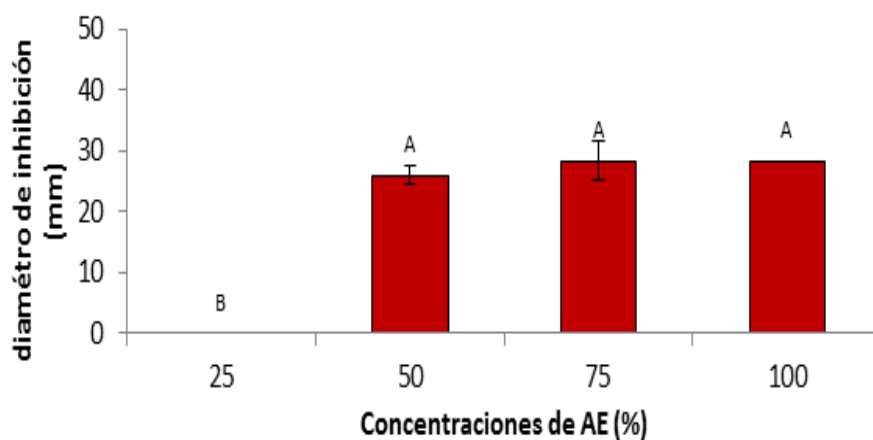
#### **4.1.1. Efecto de la utilización de AE de menta piperita**

En el caso del tratamiento con AE de menta, se encontró efectividad antibacteriana a concentraciones del 50% o superiores (Figura 40).

Las concentraciones de 50, 75, y 100% presentaron efecto inhibidor para *P. carotovorum*. con diámetros de inhibición de 26, 28.33 y 28.33



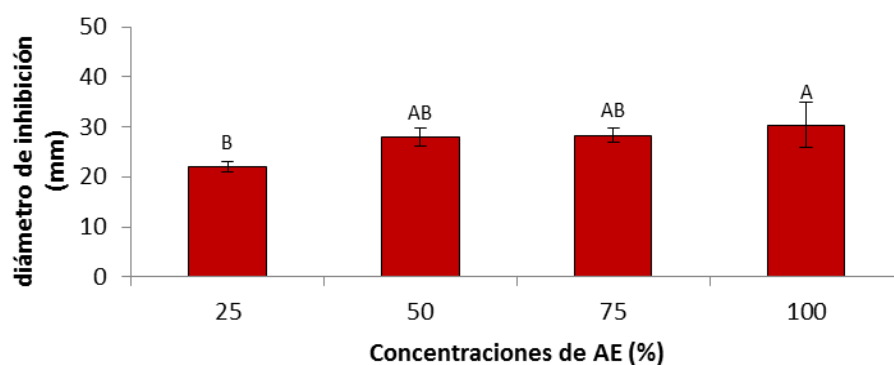
mm respectivamente, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas en dicho efecto al aumentar la concentración del AE.



**Figura 40.** Diámetro de inhibición en mm debido al efecto producido por diferentes concentraciones de AE de menta frente a *Pectobacterium carotovorum subs carotovorum*. Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

#### 4.1.2. Efecto de la utilización de AE de alcaravea

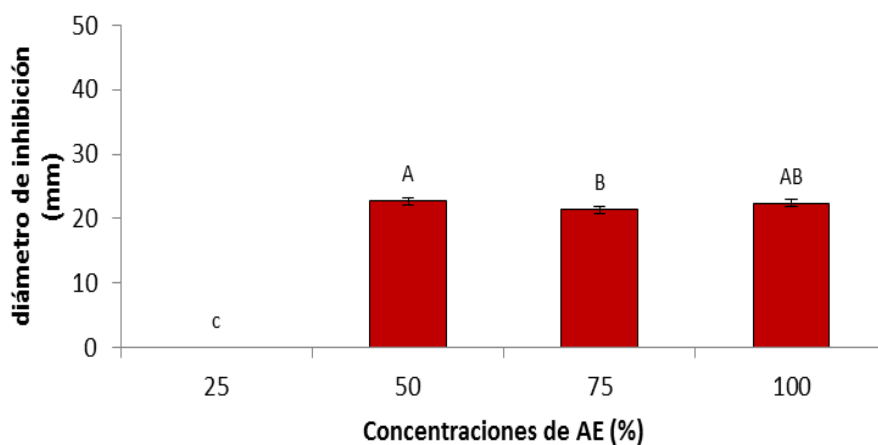
El AE de alcaravea presentó efecto inhibitor en todas las concentraciones, obteniendo el mayor diámetro de inhibición en la concentración mas alta (30.33 mm). Las dosis del 50, 75 y 100% no presentan diferencias significativas en cuanto al efecto de inhibición de *P. carotovorum* 24 horas después de aplicado el tratamiento (Figura 41).



**Figura 41.** Diámetro de inhibición en mm debido al efecto producido por diferentes concentraciones de AE de alcaravea frente a *Pectobacterium carotovorum subs carotovorum*. Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

#### 4.1.3. Efecto de la utilización de AE de eucalipto

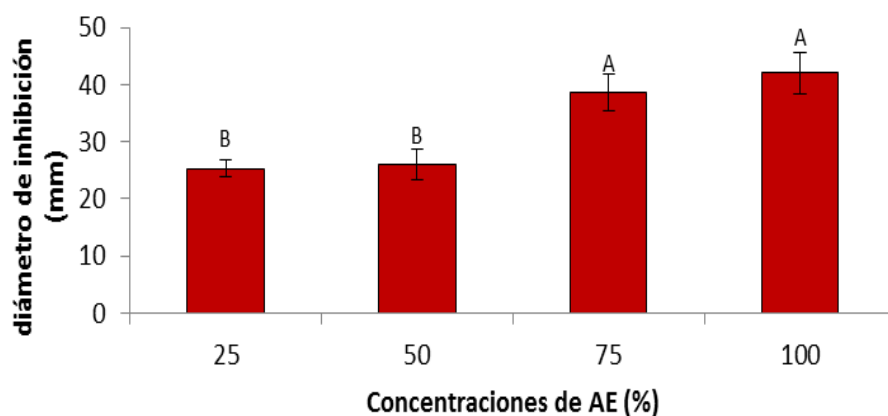
Como se observa en la Figura 42, no se detectó ningún efecto inhibitor a bajas concentraciones de AE de eucalipto, iniciándose la actividad antibacteriana a concentraciones iguales o superiores al 50%. Las concentraciones de 50, 75, y 100% presentaron diámetros de inhibición de 22.67, 21.33 y 22.33 mm respectivamente. Se encontraron diferencias significativas entre concentraciones de 50 y 75% frente a *P. carotovorum*, donde el mayor diámetro de inhibición se detectó cuando la concentración utilizada de aceite esencial fue del 50%.



**Figura 42.** Diámetro de inhibición en mm debido al efecto producido por el AE de eucalipto a diferentes concentraciones frente a *Pectobacterium carotovorum subs carotovorum*. Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

#### 4.1.4. Efecto de la utilización de AE de cilantro

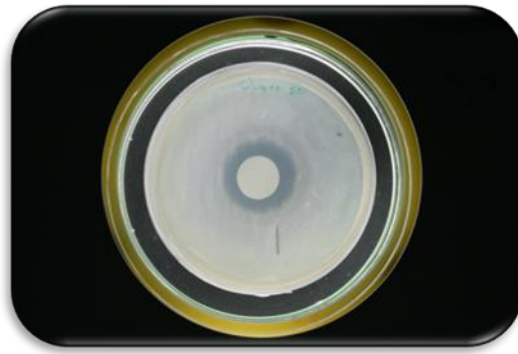
Se detectó efecto inhibitor del tratamiento con AE de cilantro frente al crecimiento de *P. carotovorum*. en todas las concentraciones utilizadas. El mayor diámetro de inhibición de detectó cuando se utilizaron las concentraciones de 75 y 100% (Figura 43). Para este tratamiento, se encontró diferencias estadísticamente significativas en el efecto inhibitor al utilizar concentraciones bajas (25 y 50%) en comparación con los resultados obtenidos a concentraciones más altas (75 y 100%)



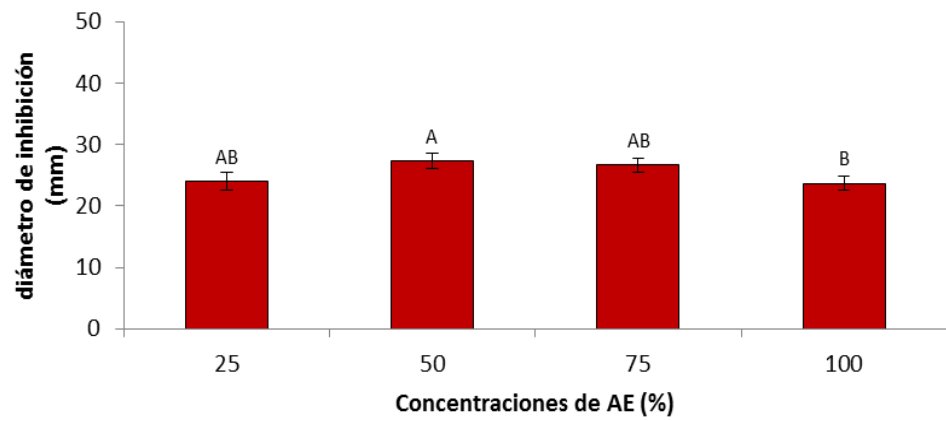
**Figura 43.** Diámetro de inhibición en mm del efecto producido por diferentes concentraciones de AE de cilantro frente a *Pectobacterium carotovorum subs carotovorum*. Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

#### 4.1.5. Efecto de la utilización de AE de clavo

Se detectó efecto inhibitorio tras el uso de las diferentes concentraciones utilizadas de AE de clavo. La mayor eficacia se logra con la utilización de la concentración del 50% (27.33 mm) (Figura 44), y no presenta diferencias significativas con las concentraciones de 25 y 75%. La concentración al 100% de AE de clavo fue la que presentó el menor efecto inhibitorio con un diámetro de inhibición de 23.67 mm (Figura 45).



**Figura 44.** Halo de inhibición del AE de clavo frente a *P. carotovorum* (concentración 50%)



**Figura 45.** Diámetro de crecimiento en mm y el efecto producido por el AE de clavo frente a *Pectobacterium carotovorum subs carotovorum* a diferentes concentraciones. Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

#### **4.1.6. Susceptibilidad de la cepa bacteriana a los diferentes AEs**

La zona de inhibición del crecimiento bacteriano desarrollada por los AEs depende tanto de sus compuestos activos principales como de las posibles interacciones entre compuestos incluso a bajas concentraciones.

Los diferentes AEs ensayados muestran una actividad antibacteriana de mayor o menor grado frente a *P. Carotovorum* en función de la sensibilidad específica de esta cepa bacteriana (Tabla 45).

El mayor diámetro de inhibición de crecimiento de *P. carotovorum*, se obtuvo con la utilización de aceite esencial de cilantro al 100% de concentración.

El AE de cilantro muestra los mejores resultados en cuanto a diámetro de inhibición para cada concentración seguido por los resultados obtenidos con la utilización del AE de alcaravea. Sin embargo, a bajas concentraciones, no existen diferencias significativas en cuanto al efecto antibacteriano conseguido por cilantro y clavo (50%) y cilantro y el resto de los aceites (25%). utilizados frente a *P. carotovorum*.

**Tabla 45** Sensibilidad de *Pectobacterium carotovorum subs carotovorum* a cada aceite esencial ensayado y a diferentes concentraciones (halos de inhibición en mm)

Conc	Menta	Alcaravea	Eucalipto	Cilantro	Clavo
<b>25%</b>	0 <sup>cB</sup>	22.00 <sup>bA</sup> (1.00)**	0 <sup>cC</sup>	25.33 <sup>aB</sup> (1.53)	24.00 <sup>aAB</sup> (1.41)
<b>50%</b>	26.00 <sup>aA</sup> (3.61)	28.00 <sup>aAB</sup> (1.73)	<b>22.67</b> <sup>aA</sup> (0.58)	26.00 <sup>aB</sup> (2.65)	<b>27.33</b> <sup>aA</sup> (1.15)
<b>75%</b>	<b>28.33</b> <sup>bA</sup> (2.89)	28.33 <sup>bAB</sup> (1.53)	21.33 <sup>cB</sup> (0.58)	38.67 <sup>aA</sup> (3.21)	26.67 <sup>bcAB</sup> (1.15)
<b>100%</b>	28.33 <sup>bcA</sup> (2.89)	<b>30.33</b> <sup>bA</sup> (4.51)	22.33 <sup>cAB</sup> (0.58)	<b>42.00</b> <sup>aA</sup> (3.61)	23.67 <sup>bcB</sup> (1.15)

<sup>a-c</sup>En filas, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) debido al AE.

<sup>A-B</sup>En columnas, diferentes letras mayúsculas indica diferencias significativas (P<0.05) por concentración.

\*\* Desviación estándar de tres repeticiones.

Algunos autores atribuyen el efecto antimicrobiano de los AEs a las propiedades de los diferentes compuestos biológicamente activos que contienen eugenol (clavo), linalol (cilantro), limoneno (alcaravea y cilantro), mentol (menta), carvona (alcaravea), 1,8-cineol (eucalipto), entre otros, y cuya acción antimicrobiana frente a diferentes microorganismos se ha reconocido en estudios realizados *in vitro* (Bakkali *et al.*, 2008; Burt, 2004; Lang *et al.*, 2012; Tajkarimi *et al.*, 2010; Tiwari *et al.*, 2009).

Así, el limoneno (alcaravea y cilantro), y el  $\alpha$ -pineno (cilantro) inhiben el consumo de oxígeno (Montes-Belmont, 2009; Peñuelas *et al.*, 1996); Por otro lado, Koitabashi *et al.* (1997) Demostraron que el 1,8- cineol (eucalipto) inhibe la respiración mitocondrial, la fosforilación oxidativa y la síntesis de ADN.

Por otra parte, Gustafson *et al.* (1998) señalaron que los AEs pueden actuar degradando la pared celular, dañando la membrana citoplasmática, provocando la liberación de contenidos celulares o su coagulación y afectando al transporte de protones. Una característica importante de los aceites esenciales y sus componentes es su hidrofobicidad, que les permite dividir los lípidos de la membrana celular y las mitocondrias, provocando el escape de iones y otros contenidos celulares, que conducirán a la muerte celular.

#### **4.2. Actividad antifúngica**

Se observó el efecto antifúngico producido por cada tipo de AE ensayado frente a diferentes cepas fúngicas.

No se obtuvieron resultados tras los estudios de las cepas fúngicas *H. solani* y *P.Pustulans*. El crecimiento de los controles de ambas cepas fue nulo en las condiciones y tiempo estudiados. Ambos hongos se caracterizan por un crecimiento lento y que no fue posible de observar durante 4 meses de mantenimiento de las cepas.

##### **4.2.1. Efecto de la utilización de AE de menta**

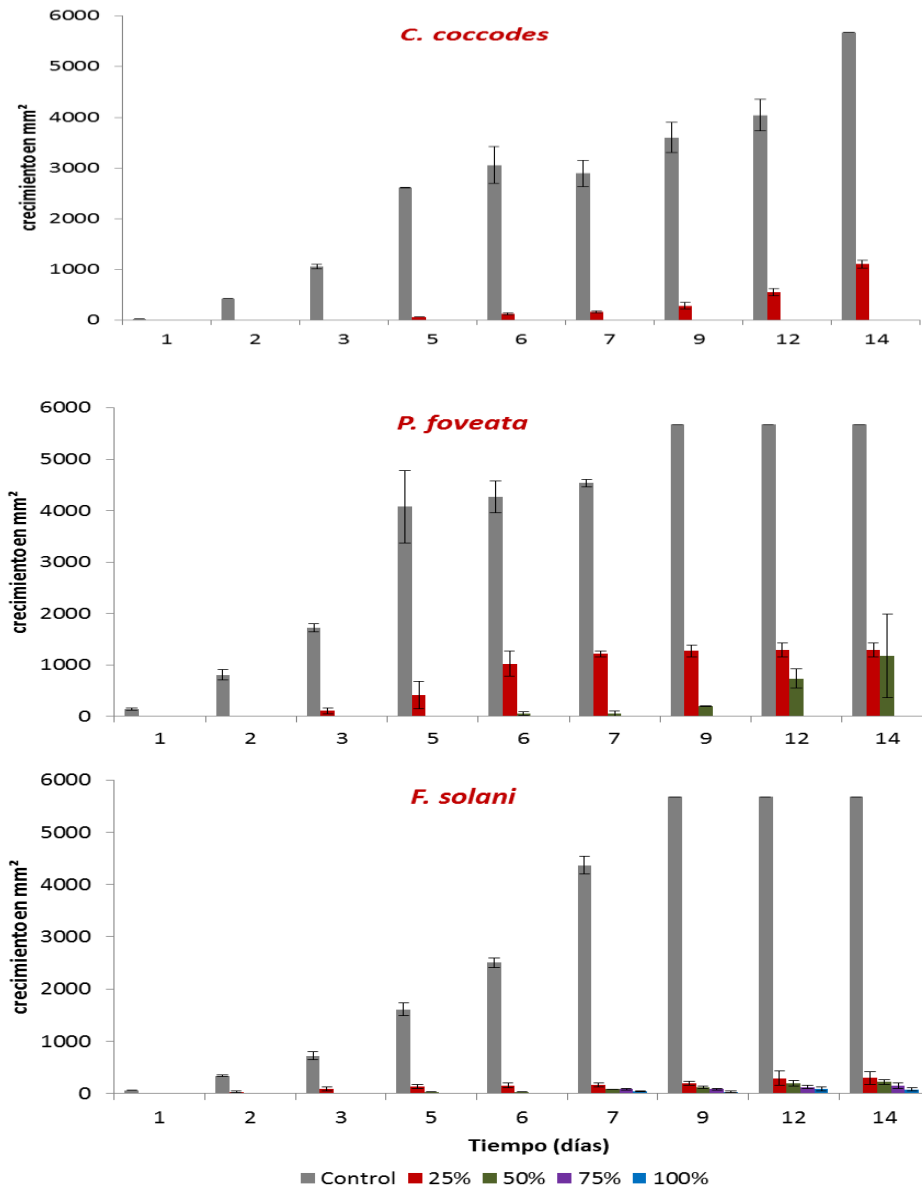
El AE de menta tuvo un importante efecto de inhibición frente a *C. coccodes*. El porcentaje de inhibición fue del 100% en el día 14 cuando se utilizó concentraciones de 50, 75 y 100% y de un 80% de inhibición en el caso de la concentración de 25% (Figura 46 y Tabla 46). En la Figura 47, puede observarse el crecimiento de *C. coccodes* con crecimiento de 3 días.



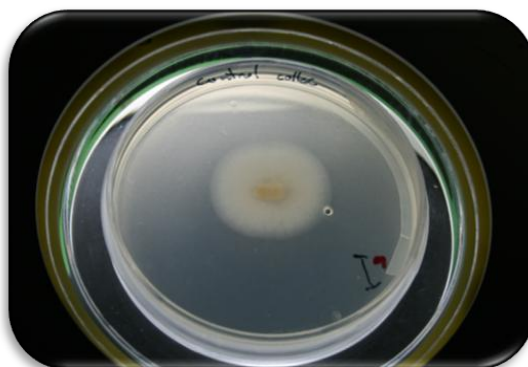
Frente a *P. foveata* el AE de menta logró una inhibición total hasta el día 9 (día máximo del crecimiento del fitopatógeno) cuando se utilizaron concentraciones altas de 75% y 100% (Figura 46 y Tabla 46). Se detectó menor inhibición a concentraciones bajas. En concreto se observó un 96% de inhibición en el crecimiento del hongo cuando se utilizó la concentración de 50%, y un porcentaje de inhibición del 76% cuando se utilizó la concentración de 25%. Existen diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de inhibición obtenidos a la menor concentración con respecto a las demás desde el día 3 hasta el día 7 entre usar las concentraciones altas o bajas de AE.

Frente a *F. solani* el tratamiento con AE de menta logró inhibir en más de un 90% el crecimiento del hongo en todas las concentraciones empleadas (25, 50, 75 y 100%) (Figura 48) y para todos los días de estudio (Figura 46 y Tabla 46). El día 9 el control tuvo su crecimiento máximo y todos los tratamientos ya presentaban crecimiento miceliar, aunque el porcentaje de inhibición se mantuvo entre el 96 y 99% para todas las concentraciones. El menor porcentaje de inhibición en el día 9 se obtuvo en la concentración mas baja existiendo diferencias estadísticamente significativas entre dosis de AE.

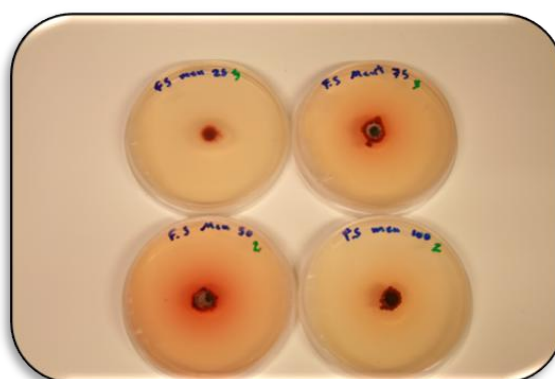
SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 4.



**Figura 46.** Superficie de crecimiento en mm<sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de menta frente a *Colletotricum coccodes*, *Phoma foveata* y *Fusarium solani*, durante 14 días y a diferentes concentraciones.



**Figura 47.** Crecimiento de *C. coccodes* (control a día 3 de crecimiento)



**Figura 48.** Inhibición del AE de menta frente a *F. solani* a diferentes concentraciones (día 9).

#### SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 4.

**Tabla 46.** Porcentaje de inhibición del crecimiento de *C. Coccodes*, *P. foveata* y *F. solani* debido al efecto producido por el AE de menta a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días.

Días	1	2	3	5	6	7	9	12	14
<b>C. coccodes</b>									
<b>25%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	97.49 <sup>abB</sup> (0.06)	96.03 <sup>bcB</sup> (0.70)	94.57 <sup>cdB</sup> (0.67)	92.18 <sup>dB</sup> (1.80)	86.42 <sup>eB</sup> (1.71)	80.49 <sup>B</sup> (1.33)
<b>50%</b>	100	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>
<b>75%</b>	100	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>
<b>100%</b>	100	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>
<b>P. foveata</b>									
<b>25%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	93.77 <sup>aB</sup> (3.24)**	89.78 <sup>abB</sup> (6.47)	76.03 <sup>cB</sup> (5.68)	73.18 <sup>cB</sup> (1.27)	77.51 <sup>bcB</sup> (2.06)	nd	nd
<b>50%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	98.73 <sup>bA</sup> (0.93)	98.70 <sup>bA</sup> (1.03)	96.42 <sup>cB</sup> (0.12)	nd	nd
<b>75%</b>	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	nd	nd
<b>100%</b>	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	nd	nd
<b>F. Solani</b>									
<b>25%</b>	100 <sup>a</sup>	90.11 (2.79) <sup>bcB</sup>	87.45 <sup>cB</sup> (4.51)	91.59 <sup>bcB</sup> (2.32)	91.59 <sup>bcB</sup> (2.32)	93.91 <sup>abB</sup> (1.79)	96.33 <sup>abC</sup> (0.91)	nd	nd
<b>50%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	98.25 <sup>cA</sup>	98.87 <sup>bA</sup>	98.11 <sup>cAB</sup>	97.90 <sup>cBC</sup> (0.48)	nd	nd
<b>75%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	98.10 <sup>bA</sup> (0.47)	98.54 <sup>bAB</sup> (0.36)	nd	nd
<b>100%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	99.10 <sup>bA</sup> (0.22)	99.40 <sup>aA</sup> (0.17)	nd	nd

a-cEn filas, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) debido al día de medición.

A-CEn columnas, diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) por concentración para cada cepa fúngica.

\*\* Desviación estándar de tres repeticiones.

nd = no hay información disponible debido a que la cepa había alcanzado su máximo crecimiento a día 9.

Los resultados obtenidos en este trabajo y a las concentraciones utilizadas contradicen lo detectado por Barrera y García, (2008) que estudiaron el efecto antifúngico de *Menta piperita* y sus compuestos contra *Fusarium* en *Carica papaya*, y determinaron que este aceite no tuvo actividad antifúngica en las diferentes concentraciones utilizadas (200, 250, y 300 µg/ml).

Sin embargo, otros autores encontraron efecto antifúngico del AE de menta cuando fue evaluado frente a otros fitopatógenos importantes relacionados con alteraciones del melocotón durante su almacenamiento y comercialización (*Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizopus stolonifer* Vuill y *Mucor* sp.). Se demostró que el mentol es el responsable de las propiedades antifúngicas de la menta piperita, mientras que la mentona por sí sola no mostró ningún efecto en las dosis utilizadas (Edris *et al.*, 2003).

Işcan *et al.* (2002), también encontraron que la aplicación de tratamientos con AE de menta piperita producía un efecto de inhibición de hongos fitopatógenos.

#### **4.2.2. Efecto de la utilización de AE de alcaravea**

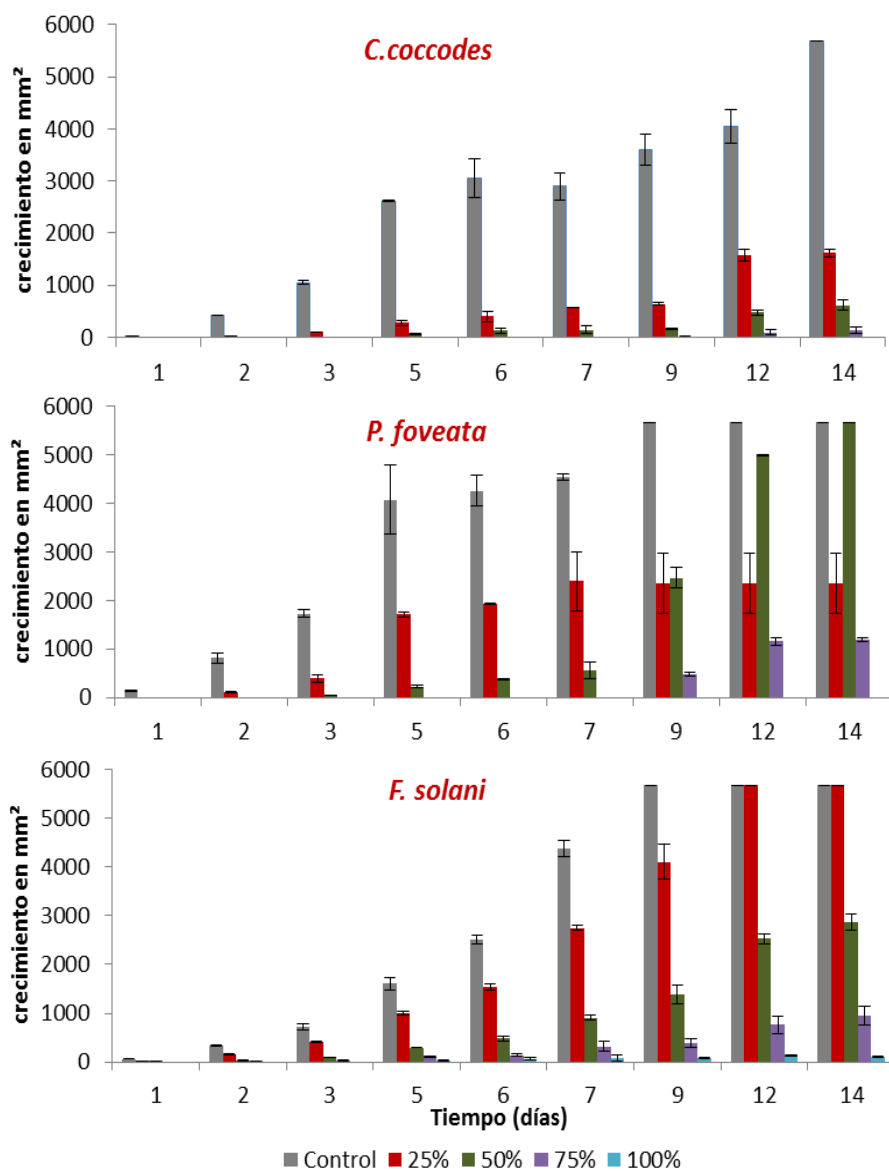
El crecimiento de *C. coccodes* fue inhibido durante todo el ensayo cuando se utilizaron concentraciones altas de AE de alcaravea (75 y 100%). En concentraciones menores (25 y 50%) se observó crecimiento del fitopatógeno (Figura 49 y Tabla 47), con un porcentaje de inhibición a día 14 del 71% y 89% respectivamente. Hasta el día 9 de experimento, tres de las concentraciones utilizadas (50, 75 y 100%) tenían porcentajes de inhibición de crecimiento mayores al 95%. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de inhibición de crecimiento del hongo al día 14, como efecto de la utilización de las concentraciones con mejores resultados (75 y 100%).

Frente a *P. foveata* el AE de alcaravea inhibió el crecimiento del hongo hasta el día 7 de tratamiento, cuando se utilizaron las concentraciones de 75 y 100% (Figura 49 y Tabla 47).

El mayor efecto inhibitorio al día 9 de tratamiento, cuando se llegó a la máxima superficie de crecimiento en el control, se obtuvo con la utilización de la mayor concentración 100%. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de 75 y 100%.

Frente a *F.solani*, el mayor efecto inhibidor de crecimiento de esta cepa se logró con el uso de la concentración al 100%. Al igual que para *P. foveata*, al día 9, alcanzando ya el máximo crecimiento, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el efecto producido por el AE de alcaravea cuando fue utilizado a concentraciones del 75 y 100% (Figura 49 y Tabla 47).

Oosterhaven *et al* (1995) también detectaron efecto inhibidor contra *Fusarium Solani* y *Fusarium Sulphureum* en concentraciones entre 1 y 3 mM.



**Figura 49.** Superficie de crecimiento en mm<sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de Alcaravea frente a *Colletotricum coccodes*, *Phoma foveata* y *Fusarium solani*, durante 14 días y a diferentes concentraciones.

**SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 4.**

**Tabla 47.** Porcentaje de inhibición del crecimiento de *C. Coccodes*, *P. foveata* y *F.solani* debido al efecto producido por el AE de alcaravea a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días.

Días	1	2	3	5	6	7	9	12	14
<b>Conc</b>									
<b>C. coccodes</b>									
<b>25%</b>	100 <sup>a</sup>	93.71 <sup>bB</sup> (0.33)**	90.20 <sup>bc</sup> (0.20)	89.42 <sup>bcB</sup> (1.89)	86.64 <sup>cdC</sup> (3.35)	80.21 <sup>cC</sup> (0.15)	82.07 <sup>deC</sup> (0.61)	61.06 <sup>gC</sup> (2.52) <sup>cB</sup>	71.5 <sup>cC</sup> (1.38)
<b>50%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>a</sup>	97.67 <sup>abA</sup> (0.34)	95.69 <sup>bB</sup> (1.50)	95.15 <sup>bB</sup> (2.51)	95.35 <sup>bB</sup> (0.48)	88.22 (1.20)	89.06 <sup>cB</sup> (1.64)
<b>75%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	99.50 <sup>aA</sup> (0.15)	97.56 <sup>bA</sup> (1.16)	97.42 <sup>bA</sup> (1.02)
<b>100%</b>	100	100 <sup>A</sup>	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>
<b>P. foveata</b>									
<b>25%</b>	100 <sup>a</sup>	86.52 <sup>abB</sup> (0.51)	77.49 <sup>bB</sup> (4.29)	57.99 <sup>cC</sup> (1.47)	54.84 <sup>cC</sup> (0.22)	53.77 <sup>cB</sup> (10.47)	58.47 <sup>cB</sup> (10.99)	nd	nd
<b>50%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	97.30 <sup>abA</sup> (0.29)	94.38 <sup>abB</sup> (0.45)	91.27 <sup>bcB</sup> (0.43)	87.75 <sup>cA</sup> (3.77)	56.54 <sup>dB</sup> (3.64)	nd	nd
<b>75%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	91.64 <sup>bA</sup> (0.64)	nd	nd
<b>100%</b>	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	nd	nd
<b>Fusarium Solani</b>									
<b>25%</b>	78.75 <sup>a</sup>	50.80 <sup>bC</sup> (4.38)	42.53 <sup>bcD</sup> (3.08)	37.65 <sup>cB</sup> (2.05)	38.42 <sup>cC</sup> (2.83)	37.14 <sup>cdD</sup> (1.24)	27.71 <sup>dC</sup> (6.19)	nd	nd
<b>50%</b>	78.75 <sup>cd</sup>	90.11 <sup>aB</sup> (2.79)	85.64 <sup>abC</sup>	81.65 <sup>bcB</sup>	80.77 <sup>cdB</sup> (1.63)	79.11 <sup>cdC</sup> (1.26)	75.61 <sup>dB</sup> (3.48)	nd	nd
<b>75%</b>	100 <sup>a</sup>	94.64 <sup>bAB</sup> (2.52)	95.32 <sup>bB</sup> (1.32)	94.01 <sup>bA</sup> (0.76)	94.28 <sup>bA</sup> (1.16)	92.60 <sup>bB</sup> (2.43)	93.08 <sup>bA</sup> (1.47)	nd	nd
<b>100%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	97.74 <sup>bA</sup> (0.72)	97.46 <sup>bA</sup> (1.07)	98.04 <sup>bA</sup> (1.32)	98.72 <sup>abA</sup> (0.24)	nd	nd

<sup>a-g</sup>En filas, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) debido al día de medición.

<sup>A-C</sup>En columnas, diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) por concentración para cada cepa fúngica.

\*\* Desviación estándar de tres repeticiones.

nd = no hay información disponible debido a que la cepa había alcanzado su máximo crecimiento a día 9.



#### 4.2.3. Efecto de la utilización de AE de eucalipto

Frente a *C. coccodes* el AE de eucalipto fue poco efectivo y presentó porcentajes de inhibición a día 14 de ensayo solo en las concentraciones de 75 y 100%. El mayor porcentaje de inhibición se obtuvo con la concentración del 75% y fue de 65% de inhibición del crecimiento del hongo. Solo en los primeros tres días del experimento se observaron porcentajes de inhibición mayores del 80% y únicamente en las concentraciones del 75 y 100% (Figura 50 y Tabla 48).

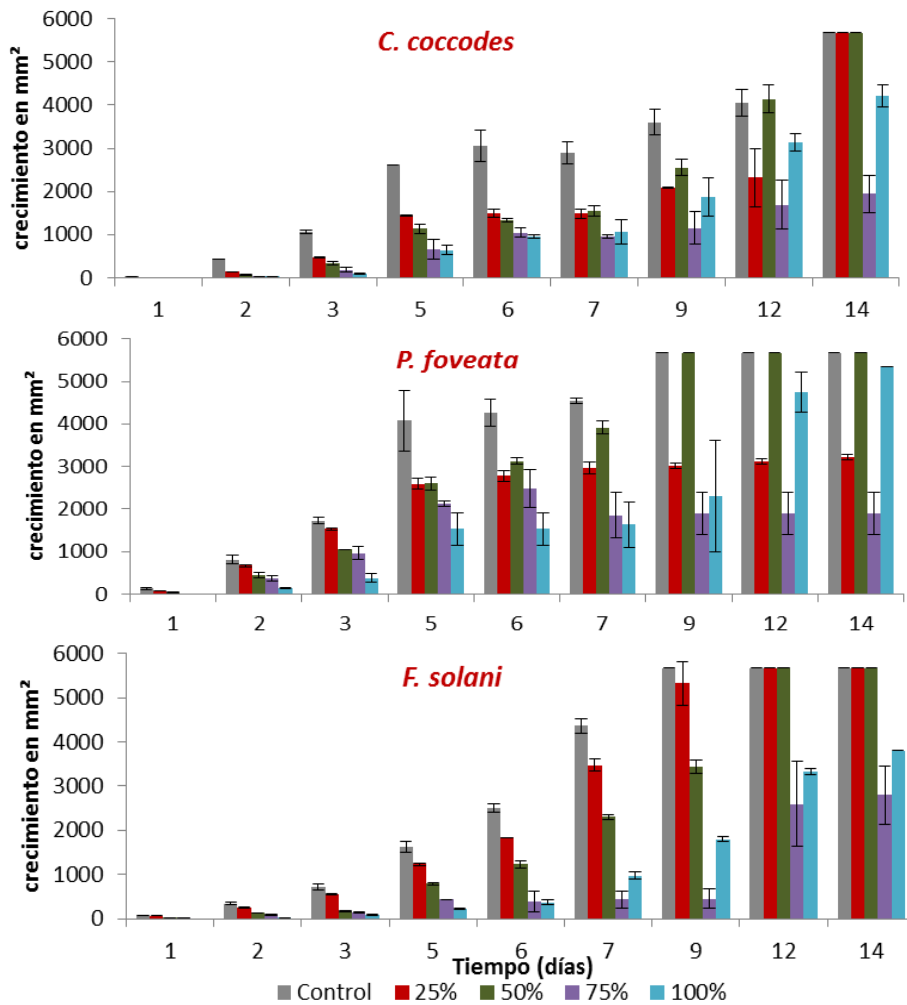
Frente a *P. foveata* el mayor porcentaje de inhibición a día 9 del experimento, una vez alcanzado el máximo crecimiento del hongo, se obtuvo al utilizar la concentración del 75%. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el efecto producido en la utilización de las concentraciones de 25, 75 y 100%. La concentración utilizada de 50% no mostró ningún efecto inhibitorio al final del experimento (Figura 50 y Tabla 48).

Frente a *F.solani* el mayor porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo, se obtuvo a día 9 (máximo crecimiento del micelio en el control), con la utilización de la concentración de 75% (92% de inhibición) y la concentración del 100% (68% de inhibición).

Barrera y García (2008), estudiaron el efecto antifúngico de *Eucalyptus globulus* y sus compuestos frente *Fusarium*, y determinaron que este aceite no tuvo actividad antifúngica a las concentraciones de 200, 250, y 300 µg/ml.

En otros estudios, se encontró que el efecto de AE de eucalipto y sus compuestos como 1,8-cineol reduce la división celular (Montes-Belmont,

2009; Peñuelas *et al.*, 1996), inhibe la respiración mitocondrial, la fosforilación oxidativa y la síntesis de ADN (Koitabashi *et al.*, 1997).



**Figura 50.** Superficie de crecimiento en mm<sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de eucalipto frente a *Colletotricum coccodes*, *Phoma foveata* y *Fusarium solani*, durante 14 días y a diferentes concentraciones.

**Tabla 48** Porcentaje de inhibición del crecimiento de *C. Coccodes*, *P. foveata* y *F. solani* debido al efecto producido por el AE de eucalipto a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días.

Días	1	2	3	5	6	7	9	12	14
<b>Conc</b>									
<b>C. coccodes</b>									
25%	100 <sup>a</sup>	68.92 <sup>bc</sup> (2.76)**	56.57 <sup>bc</sup> (1.49)	44.86 <sup>c</sup> (0.19)	51.53 <sup>bc</sup> (3.03)	48.49 <sup>c</sup> (3.55)	42.15 <sup>c</sup> (0.14)	42.69 <sup>c</sup> (16.59)	0 <sup>d</sup>
50%	100 <sup>a</sup>	83.29 <sup>bc</sup> (3.92)	69.13 <sup>c</sup> (4.26)	56.53 <sup>c</sup> (4.05)	56.80 <sup>c</sup> (1.23)	46.77 <sup>c</sup> (4.18)	29.08 <sup>c</sup> (5.32)	1.58 <sup>c</sup> (2.23)	0 <sup>c</sup>
75%	100 <sup>a</sup>	95.10 <sup>ab</sup> (1.65)	83.52 <sup>ab</sup> (4.63)	75.18 <sup>ab</sup> (6.43)	66.05 <sup>bc</sup> (3.54) <sup>cd</sup>	66.98 <sup>bc</sup> (1.65)	68.21 <sup>bc</sup> (10.44)	58.27 <sup>c</sup> (13.84)	65.77 <sup>bc</sup> (7.68)
100%	100 <sup>a</sup>	96.97 <sup>ab</sup> (0.33)	91.95 <sup>ab</sup> (0.67)	75.52 <sup>bc</sup> (4.48)	68.72 (1.15)	63.59 <sup>cd</sup> (9.83)	48.17 <sup>d</sup> (12.08)	22.40 <sup>c</sup> (5.23)	25.72 <sup>c</sup> (4.32)
<b>P. foveata</b>									
25%	47.83 <sup>ac</sup>	17.76 <sup>c</sup> (2.27)	11.20 <sup>c</sup> (1.60)	36.33 <sup>b</sup> (3.16)	34.81 <sup>ab</sup> (3.13)	34.50 <sup>ab</sup> (3.04)	46.77 <sup>ab</sup> (1.22)	nd	nd
50%	71.74 ±9.22 <sup>ab</sup>	49.45 <sup>bc</sup> (5.58)	39.38 <sup>bc</sup> (0.04)	36.17 <sup>bc</sup> (3.91)	26.72 <sup>cd</sup> (1.55)	13.64 <sup>de</sup> (3.48)	0 <sup>b</sup>	nd	nd
75%	100 <sup>a</sup>	54.99 <sup>bc</sup> (8.20)	44.16 <sup>b</sup> (8.94)	47.99 <sup>ab</sup> (1.53)	42.04 <sup>ab</sup> (10.40)	59.07 <sup>ba</sup> (12.01)	66.66 <sup>ba</sup> (8.73)	nd	nd
100%	100 <sup>a</sup>	81.94 <sup>ab</sup> (0.96)	77.91 <sup>ab</sup> (5.66)	62.50 <sup>ab</sup> (9.11)	61.72 <sup>ab</sup> (9.19)	49.16 <sup>bc</sup> (11.63)	16.35 <sup>c</sup> (23.13)	nd	nd
<b>F. Solani</b>									
25%	0 <sup>b</sup>	25.75 <sup>c</sup> (5.18)	23.68 <sup>c</sup> (3.45)	23.90 <sup>d</sup> (2.28)	26.64 <sup>c</sup> (0.00)	20.42 <sup>d</sup> (3.41)	6.15 <sup>d</sup> (8.70)	nd	nd
50%	55.00 <sup>c</sup>	62.99 <sup>bc</sup>	77.92 <sup>ab</sup> (2.07)	51.15 <sup>cd</sup> (1.83)	50.92 <sup>cd</sup> (2.90)	47.42 <sup>c</sup> (1.13)	39.35 <sup>c</sup> (2.81)	nd	nd
75%	55.00 <sup>c</sup>	72.76 <sup>bc</sup> (4.39)	80.80 <sup>ab</sup> (2.38)	72.69 <sup>bc</sup>	84.04 <sup>ab</sup> (9.39)	90.14 <sup>a</sup> (4.36)	92.01 <sup>a</sup> (3.92)	nd	nd
100%	100 <sup>a</sup>	91.72 <sup>ba</sup>	87.11 <sup>bc</sup> (2.08)	86.44 <sup>ca</sup> (1.27)	85.37 <sup>ca</sup> (2.04)	77.83 <sup>db</sup> (1.83)	68.32 <sup>cb</sup> (0.95)	nd	nd

<sup>a-f</sup>En filas, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) debido al día de medición.

<sup>A-D</sup>En columnas, diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) por concentración para cada cepa fúngica.

\*\* Desviación estándar de tres repeticiones.

nd = no hay información disponible debido a que la cepa había alcanzado su máximo crecimiento a día 9.

En general, el AE de eucalipto no tiene una gran actividad antifúngica y la mayor eficacia para las tres cepas estudiadas se obtuvo con la utilización de la concentración del 75%. Aun así, los porcentajes de inhibición fueron de alrededor del 60% para las tres cepas de *C. coccodes* y *P. Foveata* estudiadas. Solo en el caso de *F. solani* se obtuvo porcentajes de inhibición mayores al 90% con el uso de esta concentración.

#### **4.2.4. Efecto de la utilización de AE de cilantro**

Frente a *C. coccodes* el AE de cilantro inhibió por completo el crecimiento del hongo cuando se utilizaron concentraciones de 75 y 100%. La concentración del 50% inhibió en un 89% el crecimiento del hongo, aunque, no existen diferencias estadísticamente significativas en el efecto producido por el uso del AE de cilantro a concentraciones del 50, 75 y 100% (Figura 51 y Tabla 49).

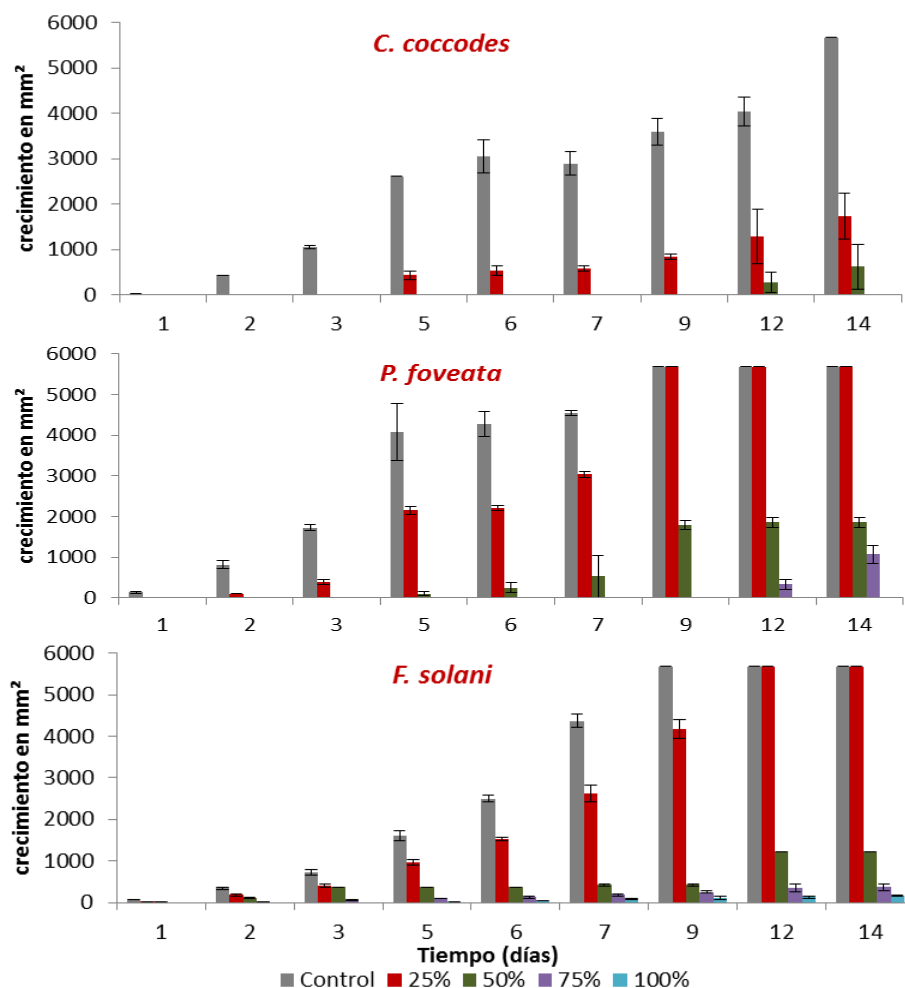
Frente a *P. foveata* el mayor efecto de inhibición del crecimiento del hongo se obtuvo a concentraciones del 75 y 100% y, al igual que en el caso de *C. coccodes* estas concentraciones inhibieron en su totalidad el crecimiento del hongo aunque en este caso, hasta el día 9 de ensayo (Figura 51 y Tabla 49).

Frente a *F. solani* todas las concentraciones utilizadas en los tratamientos presentaron crecimiento del hongo en menor o mayor medida. El mayor efecto de inhibición se observó con la utilización de la concentración del 100%. Por otro lado, no existen diferencias significativas en el efecto inhibitorio producido por las concentraciones de 50, 75 y 100%, que en todos los caso fue mayor al 90% (Figura 51 y Tabla 49).

Los mejores resultados se obtuvieron con las concentraciones del 50% para el caso de *C. coccodes* y *F. solani* y la concentración del 75% para *P. Foveata*.

La alta efectividad antifúngica detectada por el AE de cilantro, ha sido también referida por otros autores que indican que el limoneno, y el  $\alpha$ -pineno, principales compuestos en el AE de cilantro, deben su efecto

antifúngico a la inhibición del consumo de oxígeno (Montes-Belmont, 2009; Peñuelas *et al.*, 1996). Otros autores como Singh *et al.* (2006), determinaron una alta efectividad antifúngica frente a *Fusarium oxysporum*, *Fusarium moniliforme*.



**Figura 51.** Superficie de crecimiento en mm<sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de cilantro frente a *Colletotricum coccodes*, *Phoma foveata* y *Fusarium solani*, durante 14 días y a diferentes concentraciones.

## SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 4.

**Tabla 49.** Porcentaje de inhibición del crecimiento de *C. Coccodes*, *P. foveata* y *F.solani* debido al efecto producido por el AE de cilantro a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días.

Días	1	2	3	5	6	7	9	12	14
<b>C. coccodes</b>									
25%	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	83.27 <sup>abB</sup> (3.67)	82.40 <sup>abB</sup> (3.58)	80.00 <sup>abB</sup> (1.79)	76.67 <sup>bB</sup> (1.45)	68.53 <sup>bB</sup> (14.85)	69.34 <sup>bB</sup> (8.83)
50%	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	99.75 <sup>aA</sup> (0.12)	93.30 <sup>ahA</sup> (5.63)	89.09 <sup>hA</sup> (8.55)
75%	100	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>
100%	100	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>
<b>P. foveata</b>									
25%	100 <sup>a</sup>	87.42 <sup>bB</sup> (1.05)**	77.68 <sup>cB</sup> (3.36)	47.25 <sup>cB</sup> (2.43)	48.13 <sup>cC</sup> (1.39)	33.17 <sup>cB</sup> (1.53)	0 <sup>c</sup>	nd	nd
50%	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	97.52 <sup>aA</sup> (1.32)	94.23 <sup>aB</sup> (2.79)	88.43 <sup>aA</sup> (11.72)	68.68 <sup>bB</sup> (1.95)	nd	nd
75%	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	nd	nd
100%	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	nd	nd
<b>Fusarium Solani</b>									
25%	55 <sup>a</sup>	48.12 <sup>abB</sup> (7.82)	44.23 <sup>abB</sup> (5.22)	39.99 <sup>bC</sup> (3.51)	39.37 <sup>bD</sup> (1.61)	39.92 <sup>bC</sup> (4.33)	26.41 <sup>cB</sup> (4.20)	nd	nd
50%	78.75 <sup>cd</sup>	66.32 <sup>cB</sup> (4.71)	49.42 <sup>B</sup>	77.36 <sup>dB</sup>	85.40 <sup>bC</sup>	90.35 <sup>abB</sup> (0.62)	92.57 <sup>aA</sup> (0.48)	nd	nd
75%	100 <sup>a</sup>	91.72 <sup>cA</sup>	92.13 <sup>cA</sup> (1.44)	94.01 <sup>cbA</sup> (0.76)	94.60 <sup>bB</sup> (1.09)	95.94 <sup>bAB</sup> (0.61)	95.53 <sup>bA</sup> (0.31)	nd	nd
100%	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	100 <sup>aA</sup>	98.25 <sup>bA</sup>	98.43 <sup>bA</sup> (0.38)	98.10 <sup>bA</sup> (0.47)	98.02 <sup>bA</sup> (0.62)	nd	nd

<sup>a-c</sup>En filas, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) debido al día de medición.

<sup>A-C</sup>En columnas, diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) por concentración para cada cepa fúngica.

\*\* Desviación estándar de tres repeticiones.

nd = no hay información disponible debido a que la cepa había alcanzado su máximo crecimiento a día 9.

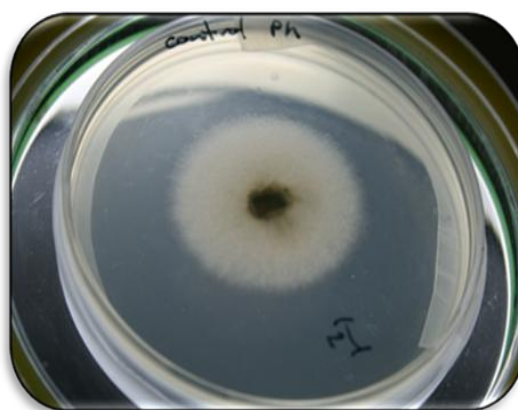
### 4.2.5. Efecto de la utilización de AE de clavo

Frente a *C. coccodes* se detectó inhibición total cuando se utilizaron concentraciones de 50, 75 y 100% a día 14 del experimento. La concentración utilizada del 25% presentó una inhibición de 96%. No existen diferencias estadísticamente significativas en el efecto producido por la concentración de AE utilizada (Figura 53 y Tabla 50).

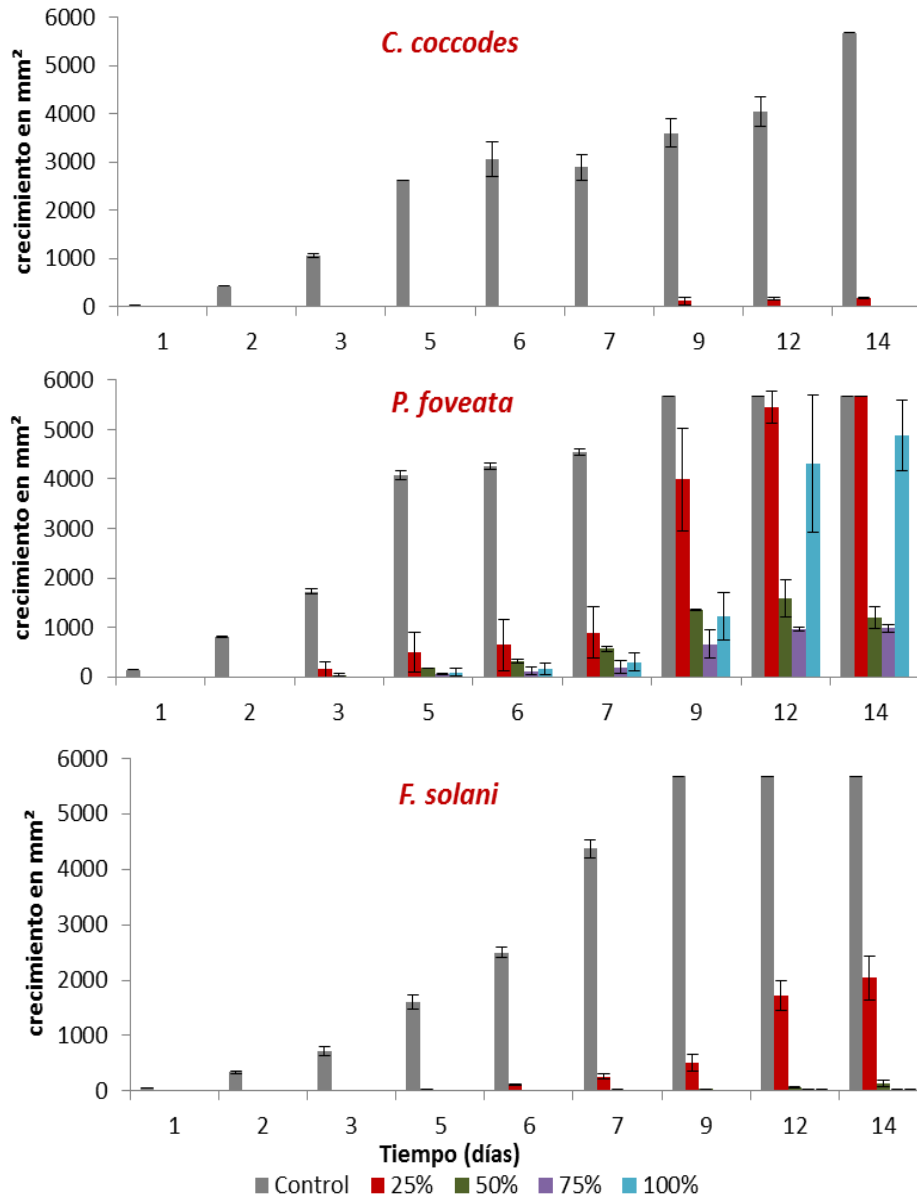
El mayor efecto inhibitor frente a *P. foveata* se obtuvo al utilizar la concentración del 75% de AE con un porcentaje de inhibición del 88%

en el crecimiento del hongo. Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el uso de AE de clavo a ninguna de las concentraciones utilizadas durante todo el ensayo (Figura 53 y Tabla 50). En la Figura 52 puede observarse el crecimiento del control de *P. foveata*.

Frente a *F. solani* el mayor efecto inhibitor se obtuvo cuando se utilizaron las concentraciones de 75 y 100%, donde no fue posible observar crecimiento del micelio del hongo hasta el día 9 de ensayos. No existen diferencias significativas en el efecto inhibitor producido por las concentraciones de 50, 75 y 100% de AE de clavo (Figura 53 y Tabla 50).



**Figura 52.** Crecimiento de *P. foveata*



**Figura 53.** Superficie de crecimiento en mm<sup>2</sup> y el efecto producido por el AE de clavo, frente a *Colletotricum coccodes*, *Phoma foveata* y *Fusarium solani*, durante 14 días y a diferentes concentraciones.



**Tabla 50.** Porcentaje de inhibición del crecimiento de *C. Coccodes*, *P. foveata* y *F.solani* debido al efecto producido por el AE de clavo a concentraciones del 25, 50, 75 y 100% durante 14 días.

Días	1	2	3	5	6	7	9	12	14
<b>Conc</b>									
<b>C. coccodes</b>									
<b>25%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	99,04 <sup>abA</sup> (1.35)	98,29 <sup>abA</sup> (2.41)	96,73 <sup>bA</sup> (0.29)
<b>50%</b>	100	100	100	100	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>
<b>75%</b>	100	100	100	100	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>
<b>100%</b>	100	100	100	100	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>
<b>P. foveata</b>									
<b>25%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	90.93 <sup>aA</sup> (9.14)**	87.67 <sup>aA</sup> (9.80)	84.79 <sup>aA</sup> (12.29)	80.15 <sup>aA</sup> (11.34)	59.94 <sup>aA</sup> (24.65)	nd	nd
<b>50%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	97.51 <sup>bA</sup> (1.07)	95.50 <sup>cA</sup> (0.02)	92.74 <sup>dA</sup> (0.88)	87.40 <sup>eA</sup> (1.20)	76.14 <sup>IA</sup> (0.26)	nd	nd
<b>75%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	98.36 <sup>aA</sup> (0.24)	97.26 <sup>aA</sup> (1.89)	95.71 <sup>aA</sup> (2.88)	88.26 <sup>bA</sup> (5.12)	nd	nd
<b>100%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	97.67 <sup>aA</sup> (1.98)	95.96 <sup>aA</sup> (2.74)	93.48 <sup>aA</sup> (4.05)	78.42 <sup>bA</sup> (8.38)	nd	nd
<b>F. solani</b>									
<b>25%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	98.15 <sup>abA</sup>	98.25 <sup>abA</sup>	95.40 <sup>bcC</sup> (0.64)	93.94 <sup>cdB</sup> (1.02)	91.08 <sup>dB</sup> (2.59)	nd	nd
<b>50%</b>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>aA</sup>	99.17 <sup>bA</sup>	99.47 <sup>bB</sup>	99.35 <sup>bA</sup>	99.36 <sup>aA</sup> (0.21)	nd	nd
<b>75%</b>	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	nd	nd
<b>100%</b>	100	100	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	100 <sup>A</sup>	nd	nd

<sup>a-f</sup>En filas, diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) debido al día de medición.

<sup>A-B</sup>En columnas, diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) por concentración para cada cepa fúngica.

\*\* Desviación estándar de tres repeticiones.

nd = no hay información disponible debido a que la cepa había alcanzado su máximo crecimiento a día 9.

En la Figura 54 puede observarse el crecimiento de *P. foveata* a concentraciones del 25% para todos los AEs utilizados.

El alto efecto antifúngico obtenido por el AE de clavo contra estos fitopatógenos, no se corresponde con los resultados obtenidos por Edris *et al* (2003), que detectaron en sus estudios que el compuesto eugenol no poseía actividad alguna frente a otros fitopatógenos importantes en almacenamiento de melocotón (*Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizopus stolonifer* Vuill y *Mucor* sp). Sin embargo, al utilizar cantidades similares

de compuestos como eugenol y linalol, detectaron un efecto sinérgico que no fue posible observar al evaluar estos compuestos individualmente. Estos resultados hacen pensar que es posible que la alta actividad antifúngica observada en el AE de clavo se deba en parte a la sinergia entre sus diferentes compuestos activos



**Figura 54.** Crecimiento de *P. foveata* a concentración del 25% en todos los tratamientos con AEs.

## 5. Conclusiones del capítulo

Se evaluó el efecto de los aceites esenciales de menta, alcaravea, eucalipto, cilantro y clavo, frente a *P. carotovorum*. En general los mejores resultados fueron obtenidos por el AE de cilantro. Los mayores diámetros de inhibición se obtuvieron a concentraciones altas de cilantro (42 mm). Por el contrario, para los aceites de eucalipto y alcaravea no se observó inhibición a concentraciones del 25%. En el caso de la utilización de la concentración del 50% los mejores resultados se obtuvieron con el uso del AE de menta.

Se estudió el uso de estos aceites esenciales frente a hongos fitopatógenos y su evolución hasta 14 días de incubación. El mayor crecimiento miceliar del control para el caso del *C. coccodes* se obtuvo al día 14 y para los casos de *P. foveata* y *F. solani* este punto máximo de crecimiento se alcanzó al día 9 del experimento.

Menta y clavo son los más efectivos, seguidos por cilantro y alcaravea, siendo eucalipto el que menor capacidad antifúngica demuestra.

Por otro lado se ha observado que no en todos los casos mayores concentraciones se corresponden con mayores diámetros de inhibición, es decir, mayor efectividad frente a los hongos.



## **SECCIÓN 4. Resultados**

*Capítulo 5. Estudios complementarios:  
Cromatografía (SPME-GC-MS)*

---



**CAPITULO 5. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS: Cromatografía (SPME-GC-MS).**

**1. Introducción**

Debido a las diferencias significativas encontradas en la realización del análisis sensorial detallado en el apartado capítulo 3, apartado 4.6, se consideró importante realizar un análisis residual en los cultivares de mesa y así poder comparar estos resultados con el nivel de residuos de los tratamientos con AEs en la pulpa y la piel de la patata.

Para determinar los compuestos volátiles residuales en la patata tanto en piel como en pulpa, se utilizó, por la facilidad y rapidez para hacer las extracciones, la metodología SPME, Microextracción en fase sólida y cromatografía de gases utilizada en compuestos volátiles, aceites esenciales y monoterpenos.

**2. Objetivos**

Estudio de los compuestos volátiles residuales tras la aplicación de AEs como tratamientos antigerminantes en patata.

**3. Diseño experimental.**

Para este estudio se realizó un diseño factorial (2x3x2x3), dos cultivares, tres tratamientos con AEs, dos muestras (piel y pulpa) y tres repeticiones (Figura 55).

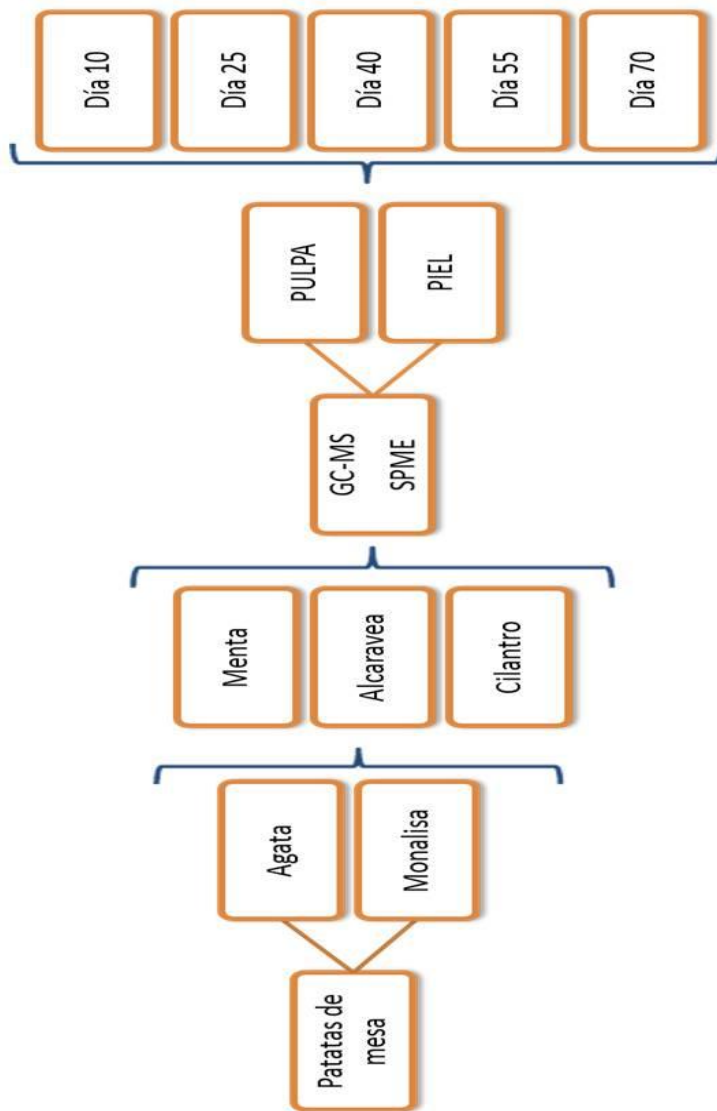


Figura 55. Diseño experimental de los análisis de cromatografía realizados en cultivares de mesa



## 4. Resultados

### 4.1 Cultivar *Monalisa*

#### 4.1.1 Tratamiento con AE de menta

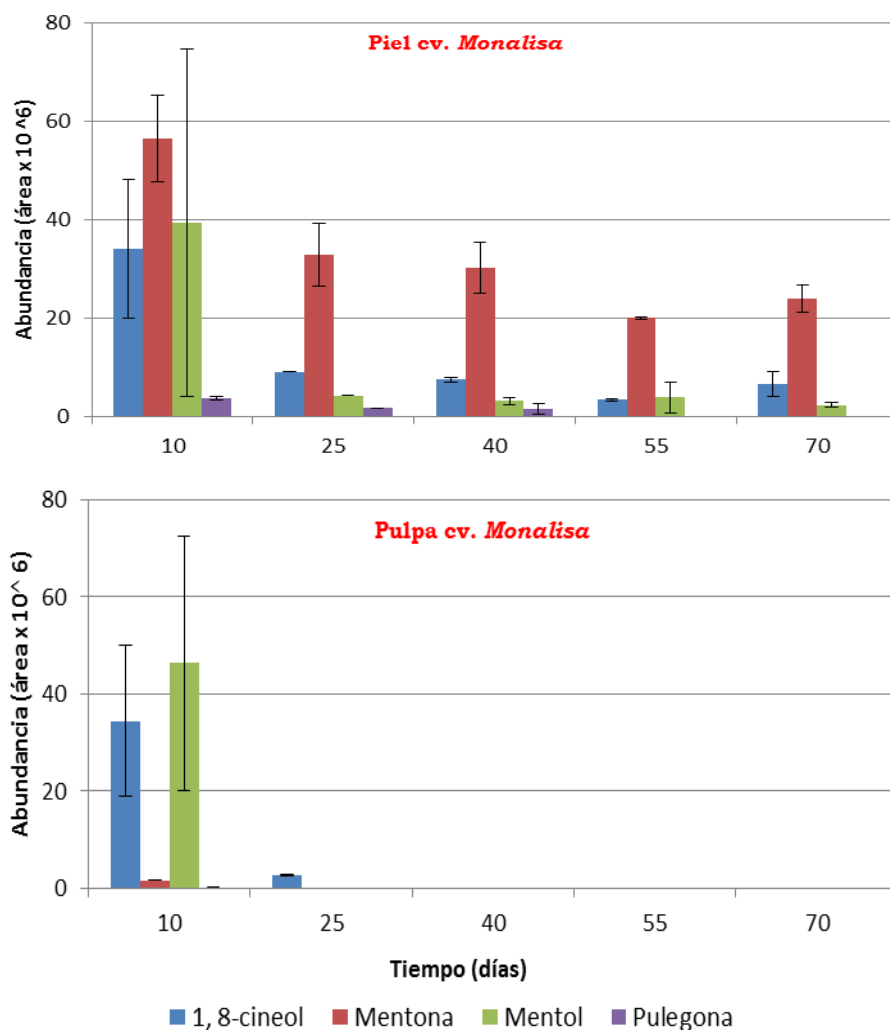
Como puede observarse en la Figura 56, los principales compuestos detectados a través del tiempo son la mentona y el mentol. Estos compuestos se observan en la piel de la patata hasta el día 70 de almacenamiento, mientras que en pulpa sólo se detectan en proporciones inferiores que los valores observados en la piel.

El compuesto mayoritario detectado fue la mentona, y los resultados obtenidos indican que solo es posible observar diferencias significativas al día 10 del tratamiento en comparación con el resto de los días estudiados (Tabla 51). El día 10 es el último día de la aplicación del tratamiento, por lo que es de esperar que sea el momento donde se detecten las mayores áreas de estos compuestos, y que al pasar el tiempo de almacenamiento disminuyan como efecto de la volatilización a la exposición al ambiente.

En la Tabla 51 pueden observarse las abundancias relativas de los diferentes compuestos detectados en piel y pulpa del cultivar *Monalisa* tras la aplicación del tratamiento con AE de menta.

En el caso de los compuestos volátiles detectados en piel, el compuesto mayormente detectado es la mentona, con porcentajes de detección mayores al 25% en todos los días estudiados. No se detectaron

diferencias significativas en los valores obtenidos de mentona en piel a través de todo el estudio.



**Figura 56.** Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Monalisa* tras la aplicación del tratamiento con AE de menta.

En la pulpa de la patata se detectó un porcentaje mayor de mentol que en el resto de los compuestos, y en todos los casos en pulpa solo se detectaron valores residuales de compuestos volátiles en el día 10 del tratamiento, posteriormente no fue posible detectar en la pulpa ningún compuesto presente en el AE de menta y que haya podido penetrar hacia el interior de la patata.

**Tabla 51.** Análisis estadístico de compuestos volátiles en el cultivar *Monalisa* tras la aplicación del AE de menta.

	Día 10	Día 25	Día 40	Día 55	Día 70
<b>Compuestos volátiles en piel de cv. <i>Monalisa</i></b>					
<b>1,8-cineol</b>	15.13 <sup>a</sup> (4.99)**	10.11 <sup>a</sup> (4.78)	6.23 <sup>a</sup> (0.11)	5.59 <sup>a</sup> (1.98)	6.16 <sup>a</sup> (0.73)
<b>Mentona</b>	25.81 <sup>a</sup> (6.28)	34.76 <sup>a</sup> (10.25)	25.01 <sup>a</sup> (2.09)	33.21 <sup>a</sup> (13.65)	23.26 <sup>a</sup> (3.63)
<b>Mentol</b>	17.19 <sup>a</sup> (14.39)	6.34 <sup>a</sup>	2.59 <sup>a</sup> (0.38)	7.61 <sup>a</sup> (7.93)	2.26 <sup>a</sup> (0.17)
<b>Pulegona</b>	1.72 <sup>a</sup> (0.02)	1.30 <sup>a</sup>	1.27 <sup>a</sup> (0.72)	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
<b>Compuestos volátiles en pulpa de cv. <i>Monalisa</i></b>					
<b>1,8-cineol</b>	27.60 <sup>c</sup> (5.16)	7.48 <sup>b</sup> (0.91)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Mentona</b>	1.17 <sup>b</sup> (0.00)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Mentol</b>	37.10 <sup>b</sup> (12.10)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Pulegona</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>

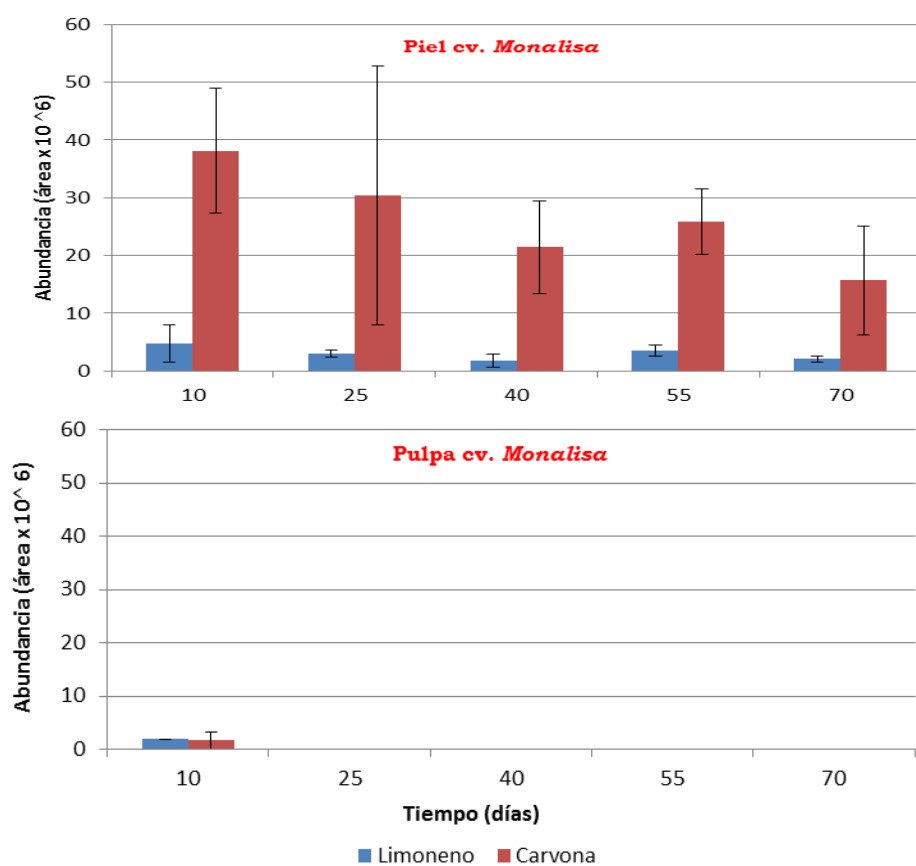
<sup>a-b</sup>Por filas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

En el análisis sensorial del capítulo 3, apartado 4.6, se encontraron diferencias significativas en la patata cultivar *Monalisa* tratada con AE de menta, sin embargo a través de este estudio, instrumentalmente no se detectó ningún compuesto volátil que pudiera relacionarse con la aplicación de este tratamiento.

## 4.1.2 Tratamiento con AE de alcaravea

En la Figura 57, se indican las abundancias en áreas detectadas de los compuestos volátiles presentes en el AE de alcaravea y que se encuentran en piel y pulpa tras la aplicación de este tratamiento como antigerminante en patata.



**Figura 57.** Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Monalisa* tras la aplicación del tratamiento con AE de alcaravea.

El compuesto carvona es el que se encuentra mayormente en las muestras analizadas, pudiéndose detectar en todos los días de estudios aunque con tendencia de disminuir a través del tiempo. No se detectaron diferencias significativas en los valores detectados de este compuesto en los tiempos estudiados.

En la pulpa del tubérculo tratado se detectó únicamente al día 10 del tratamiento los compuestos limoneno y carvona presentes en el aceite utilizado para este tratamiento. Estos compuestos no se detectaron en estos tubérculos en ningún otro día del estudio realizado.

En la Tabla 52, se indica la abundancia relativa detectada de los principales compuestos presentes en el aceite esencial de alcaravea tras la aplicación del tratamiento antigerminante.

**Tabla 52.** Análisis estadístico de compuestos volátiles en el cultivar Monalisa tras la aplicación del AE de alcaravea

	Día 10	Día 25	Día 40	Día 55	Día 70
<b>Compuestos volátiles en piel de cv. Monalisa</b>					
<b>Limoneno</b>	7.80 <sup>a</sup> (2.89)**	7.16 <sup>a</sup> (3.63)	4.63 <sup>a</sup> (4.18)	6.23 <sup>a</sup> (1.02)	4.84 <sup>a</sup> (4.61)
<b>Carvona</b>	67.06 <sup>a</sup> (12.32)	57.62 <sup>a</sup> (13.63)	51.75 <sup>a</sup> (18.41)	46.24 <sup>a</sup> (9.77)	30.33 <sup>a</sup> (30.10)
<b>Compuestos volátiles en pulpa de cv. Monalisa</b>					
<b>Limoneno</b>	4.05 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Carvona</b>	13.90 <sup>b</sup> (10.50)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>

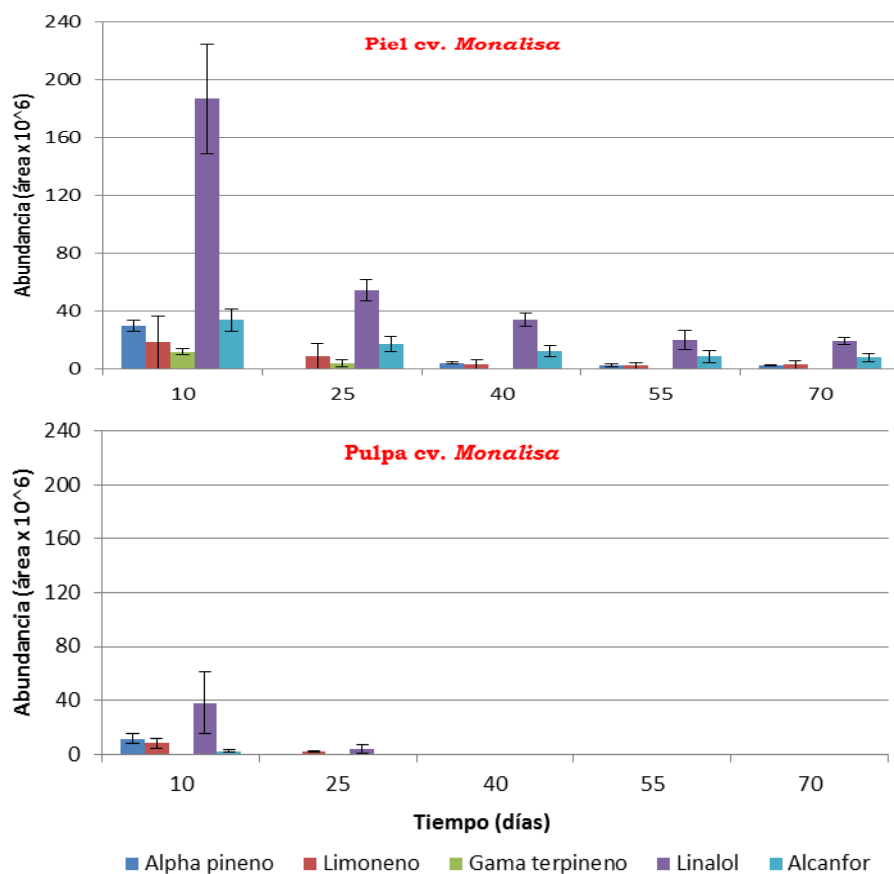
<sup>a-b</sup>Por filas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

No se detectaron diferencias significativas en los valores porcentuales detectados de estos compuestos volátiles en los días estudiados (Tabla 52).

#### 4.1.3 Tratamiento con AE de cilantro

Tras la aplicación del tratamiento con AE de cilantro en el cultivar *Monalisa*, el compuesto que se detecta en mayor abundancia en la piel de la patata es el linalol, aunque también es posible encontrar compuestos como alcanfor y limoneno a través de todos los días de estudio (Figura 58).



**Figura 58.** Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Monalisa* tras la aplicación del tratamiento con AE de cilantro.

Los compuestos volátiles detectados en la piel de la patata tratada poseen una tendencia clara a disminuir durante el período de almacenamiento, presentando el linalol una disminución significativa en los valores observados a día 10 de tratamiento con respecto a los demás días de análisis.

En la pulpa de la patata tratada, se detectaron a día 10 del tratamiento, linalol, limoneno y pinenos, siendo detectable hasta el día 25 de almacenamiento el linalol y el limoneno aunque en cantidad menores que lo obtenido a día 10 del tratamiento (Figura 58).

En la Tabla 53, se muestra la abundancia relativa detectada tanto en piel como en pulpa luego del tratamiento y para los días estudiados a través de todo el estudio realizado.

Tal y como sucede con la abundancia detectada de los compuestos volátiles, el caso del linalol es el que se encuentra en mayor porcentaje de todos los compuestos detectados en piel y pulpa de la patata.

Los valores porcentuales de detección obtenidos para el caso del linalol no muestran diferencias estadísticamente significativas con los valores observados en todos los días de análisis.

A excepción del compuesto gama-terpineno, todos los compuestos detectados en la piel de la patata tratada tras la aplicación del tratamiento con AE de cilantro, fueron detectados a día 10 en la pulpa, por lo que hay evidencia de una migración desde el ambiente hacia el interior de la patata. En el caso del linalol y el limoneno también se detectaron a día 25 de almacenamiento (Tabla 53).

**Tabla 53.** Análisis estadístico de compuestos volátiles en el cultivar *Monalisa* tras la aplicación del AE de cilantro

	Día 10	Día 25	Día 40	Día 55	Día 70
<b>Compuestos volátiles en piel de cv. <i>Monalisa</i></b>					
<b>Alpha Pineno</b>	6.56 <sup>c</sup> (1.73)**	0 <sup>a</sup>	3.47 <sup>bc</sup> (1.49)	2.82 <sup>ab</sup> (0.54)	3.25 <sup>abc</sup> (1.02)
<b>Limoneno</b>	4.03 <sup>a</sup> (1.16)	4.81 <sup>a</sup> (0.52)	2.95 <sup>a</sup> (2.36)	2.57 <sup>a</sup> (1.27)	3.14 <sup>a</sup> (1.49)
<b>Gama Terpineno</b>	2.47 <sup>a</sup> (0.29)	1.74 <sup>a</sup> (1.05)	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
<b>Linalol</b>	40.96 <sup>a</sup> (6.36)	33.42 <sup>a</sup> (12.96)	28.49 <sup>a</sup> (6.52)	24.32 <sup>a</sup> (8.11)	23.45 <sup>a</sup> (15.48)
<b>Alcanfor</b>	7.19 <sup>a</sup> (0.58)	9.79 <sup>a</sup> (1.45)	9.72 <sup>a</sup> (1.42)	9.24 <sup>a</sup> (0.28)	8.25 <sup>a</sup> (2.76)
<b>Compuestos volátiles en piel de cv. <i>Monalisa</i></b>					
<b>Alpha Pineno</b>	8.74 <sup>b</sup> (0.48)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Limoneno</b>	5.94 <sup>b</sup> (1.69)	5.32 <sup>b</sup> (0.29)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Linalol</b>	29.40 <sup>a</sup> (7.19)	12.40 <sup>a</sup> (11.50)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Alcanfor</b>	1.80 <sup>b</sup> (0.78)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup>Por filas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

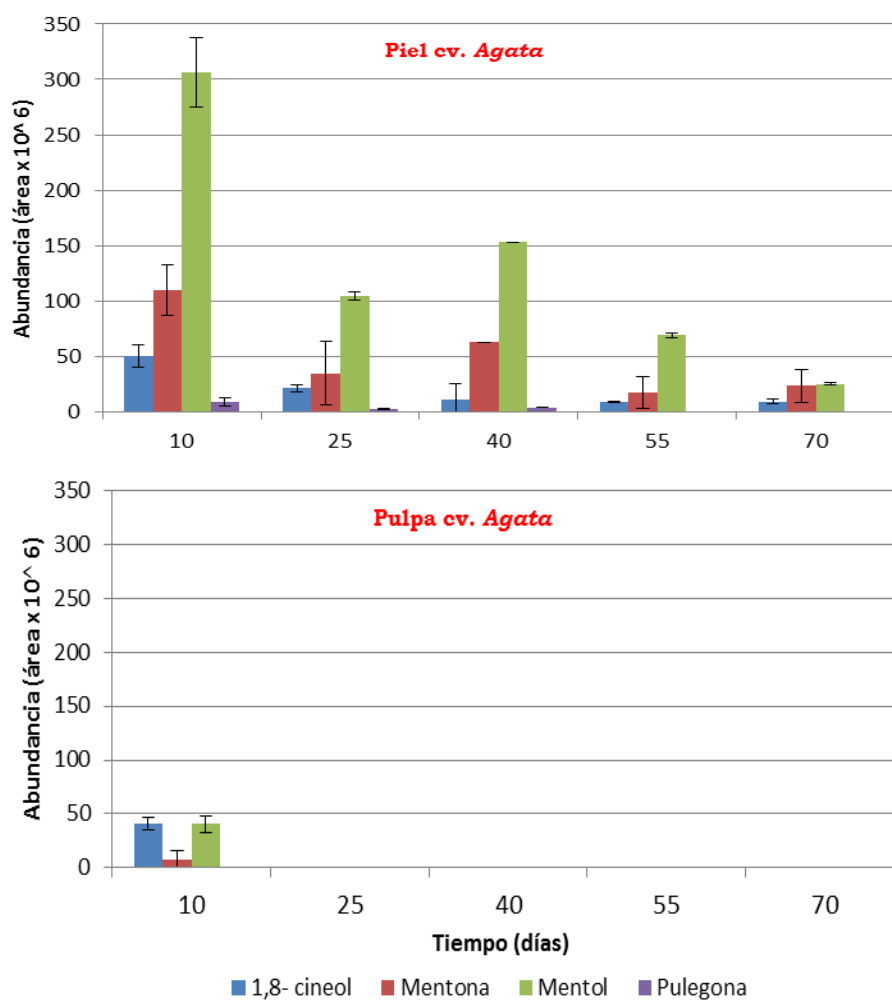
\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

## 4.2 Cultivar *Agata*

### 4.2.1. Tratamiento con aceite esencial de menta

Como se muestra en la Figura 59, se detectó 1,8-cineol, mentona, mentol y pulegona en piel de patata cultivar *Agata* para todos los días estudiados. Existe una tendencia a que los valores de abundancia observada disminuyan con el tiempo hasta el final del experimento.





**Figura 59.** Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Agata* tras la aplicación del tratamiento con AE de menta.

El compuesto volátil que se encuentra en mayor abundancia es el mentol, y presenta una disminución significativa en la detección a día

10 con respecto a los siguientes días en almacenamiento de la patata. Se detectaron diferencias significativas entre los valores observados a día 10 y 70.

Los análisis realizados en pulpa permitieron detectar hasta el día 10 del tratamiento, todos los compuestos presentes en el AE que fueron detectados también en piel de la patata, exceptuando el caso de la Pulegona (Figura 59).

La saturación de la atmósfera durante la aplicación del tratamiento a 10 días y 25 °C, permitió una difusión de los compuestos volátiles presentes en el AE, hacia el interior del tubérculo, sin que exista un cambio observable tras la medición de diversos parámetros en la calidad global de la patata.

En la Tabla 54, se indica la abundancia porcentual de los compuestos detectados tanto en piel como en pulpa tras al aplicación del tratamiento con AE de menta en el cultivar Agata.

Se puede observar como los compuestos mentol y mentona son los que mayor porcentaje presentan en relación a todos los compuestos detectados en la piel de la patata, a través de todo el experimento.

Los análisis realizados en pulpa detectaron con mayor abundancia porcentual los compuestos de 1,8-cineol y el mentol, aunque los compuestos solo estuvieron presentes en la pulpa a día 10 del experimento.

**Tabla 54.** Análisis estadístico de compuestos volátiles en el cultivar *Agata* tras la aplicación del AE de menta

	Día 10	Día 25	Día 40	Día 55	Día 70
<b>Compuestos volátiles en piel de cv. <i>Agata</i></b>					
<b>1,8-cineol</b>	9.99 <sup>a</sup> (4.38)**	9.87 <sup>a</sup> (0.53)	4.50 <sup>a</sup> (6.37)	9.46 <sup>a</sup> (2.09)	11.18 <sup>a</sup> (3.50)
<b>Mentona</b>	20.85 <sup>a</sup> (0.66)	15.65 <sup>a</sup> (11.92)	26.58 <sup>a</sup>	13.78 <sup>a</sup> (10.91)	29.00 <sup>a</sup> (19.63)
<b>Mentol</b>	58.87 <sup>b</sup> (8.31)	49.07 <sup>ab</sup> (6.69)	64.59 <sup>b</sup>	56.89 <sup>b</sup> (5.44)	30.45 <sup>a</sup> (1.00)
<b>Pulegona</b>	1.64 <sup>c</sup> (0.27)	1.22 <sup>b</sup> (0.01)	1.51 <sup>bc</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Compuestos volátiles en pulpa de cv. <i>Agata</i></b>					
<b>1,8-cineol</b>	45.62 <sup>b</sup> (3.12)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Mentona</b>	2.24 <sup>b</sup> (0.48)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Mentol</b>	44.44 <sup>b</sup> (5.65)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Pulegona</b>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup>Por filas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

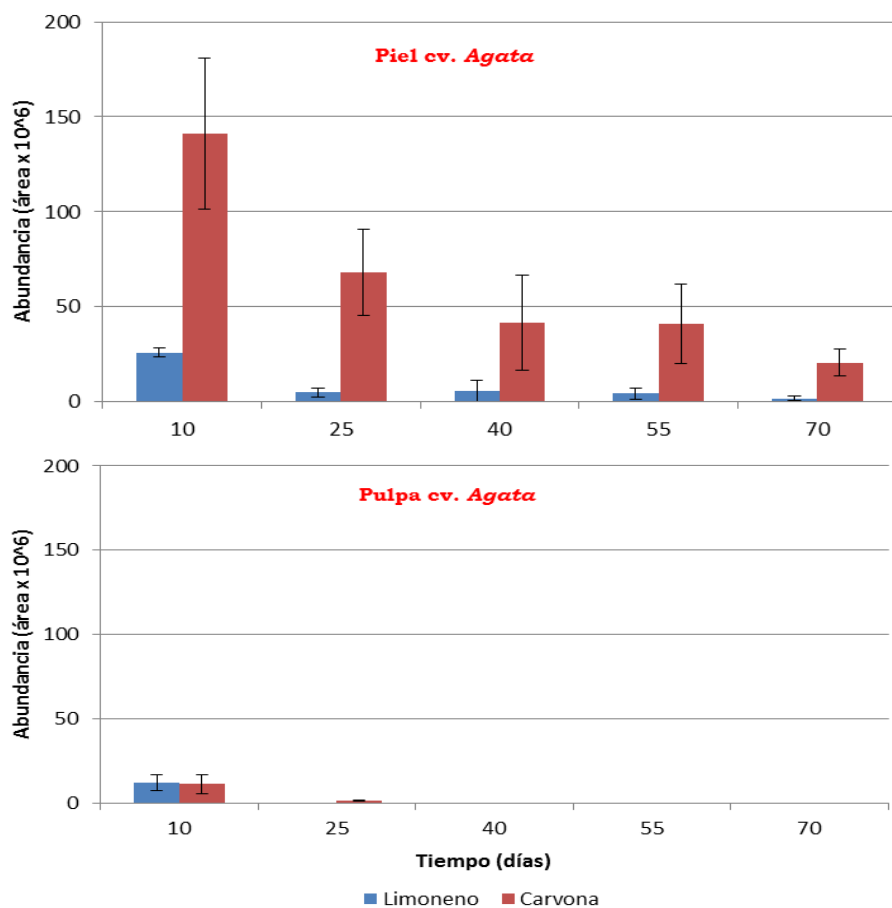
\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

#### 4.2.2. Tratamiento con aceite esencial de alcaravea

En la Figura 60, se observa la abundancia de los compuestos detectados en piel y pulpa, así como la tendencia que siguen los valores observados a través del tiempo tras la aplicación del tratamiento con aceite esencial del alcaravea en el cultivar *Agata*.

Se detectan diferencias significativas en las detecciones a día 10 del tratamiento de los compuestos carvona y limoneno en piel del cultivar *Agata*, en comparación con los valores observados en todos los días de análisis para este mismo cultivar y tratamiento.

En la Figura 60 se observa una tendencia clara a que los compuestos presentes se volatilicen con el tiempo de almacenamiento. Los valores detectados de estos compuestos a día 25, 40, 55 y 70 no presentan diferencias significativas.



**Figura 60.** Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Agata* tras la aplicación del tratamiento con AE de alcaravea.

A nivel porcentual, el compuesto carvona es el que mayor presencia tiene en la piel de la patata, sin que se detecten diferencias porcentuales significativas a través de los días estudiados (Tabla 55).

En el caso de la pulpa solo fue posible detectar los principales compuestos del tratamiento con AE de alcaravea al día 10 del tratamiento, posteriormente no se detectan estos compuestos en la pulpa de la patata cultivar *Agata*.

**Tabla 55.** Análisis estadístico de compuestos volátiles en el cultivar *Agata* tras la aplicación del AE de alcaravea

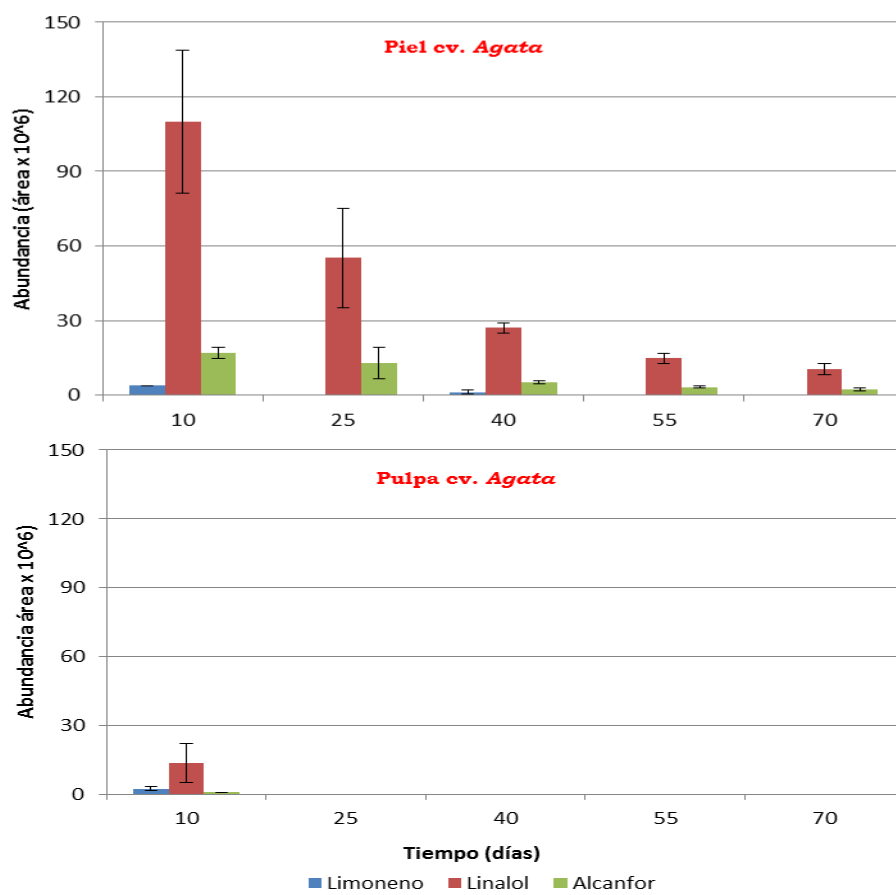
	<b>Día 10</b>	<b>Día 25</b>	<b>Día 40</b>	<b>Día 55</b>	<b>Día 70</b>
<b>Compuestos volátiles en piel de cv. <i>Agata</i></b>					
<b>Limoneno</b>	11.76 <sup>a</sup> (2.04)**	5.50 <sup>a</sup> (3.63)	6.84 <sup>a</sup> (3.48)	5.92 <sup>a</sup> (2.07)	4.59 <sup>a</sup> (0.89)
<b>Carvona</b>	76.62 <sup>a</sup> (6.12)	77.61 <sup>a</sup> (7.20)	80.32 <sup>a</sup> (10.94)	66.45 <sup>a</sup> (5.37)	60.99 <sup>a</sup> (13.82)
<b>Compuestos volátiles en pulpa de cv. <i>Agata</i></b>					
<b>Limoneno</b>	39.93 <sup>b</sup> (4.66)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Carvona</b>	34.60 <sup>b</sup> (8.69)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup>Por filas, diferente letra representa diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

#### 4.2.3. Tratamiento con aceite esencial de cilantro

En la Figura 61 se muestra la evolución de los principales compuestos del AE de cilantro en piel y pulpa de patata en el cultivar *Agata*, tras la aplicación de este aceite como tratamiento antigerminante de patata en almacenamiento.



**Figura 61.** Abundancia en áreas detectadas de compuestos volátiles en piel y pulpa de patata cultivar *Agata* tras la aplicación del tratamiento con AE de cilantro.

El compuesto que ocupa una mayor área en piel de la patata es el linalol, aunque también es posible detectar compuestos como el alcanfor durante todos los días estudiados y el compuesto limoneno solo presente en los primeros 40 días de estudio.

## SECCIÓN 4. RESULTADOS, CAPÍTULO 5.

En los análisis realizados en pulpa de este cultivar y para este tratamiento se detectaron abundancias de los tres compuestos (linalol, limoneno, alcanfor) solo a día 10 de tratamiento, aunque con áreas inferiores a los detectado en piel.

El nivel porcentual de la presencia de estos compuestos en piel y pulpa para este tratamiento se indica en la Tabla 56.

**Tabla 56.** Análisis estadístico de compuestos volátiles en el cultivar *Agata* tras la aplicación del AE de cilantro

	Día 10	Día 25	Día 40	Día 55	Día 70
<b>Compuestos volátiles en piel de cv. Agata</b>					
<b>Limoneno</b>	2.28 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	1.86 <sup>b</sup> (0.84)**	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Linalol</b>	71.64 <sup>b</sup> (10.23)	66.64 <sup>b</sup> (2.79)	51.59 <sup>ab</sup> (17.14)	39.41 <sup>ab</sup> (10.65)	30.86 <sup>a</sup> (18.94)
<b>Alcanfor</b>	11.51 <sup>ab</sup> (3.55)	14.80 <sup>b</sup> (2.10)	9.57 <sup>ab</sup> (1.69)	8.70 <sup>ab</sup> (1.85)	6.24 <sup>a</sup> (3.39)
<b>Compuestos volátiles en pulpa de cv. Agata</b>					
<b>Limoneno</b>	5.95 <sup>b</sup> (0.22)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Linalol</b>	45.32 <sup>b</sup> (2.26)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
<b>Alcanfor</b>	2.43 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup>Por filas, diferentes letras representan diferencias significativas en los valores medios observados.

\*\*Desviación estándar de 3 muestras.

Los resultados recopilados en la Tabla 56, muestran como el compuesto linalol es el que porcentualmente se encuentra en mayor abundancia en piel y pulpa de patata, en relación a todos los compuestos detectados propios de la patata y del tratamiento, en los análisis realizados.

En el caso del linalol en piel, se detectaron diferencias significativas entre los valores observados a día 10 y al final del experimento (día 70).

## **5. Conclusiones del capítulo**

Los tratamientos con AEs aplicados como antigerminantes en los cultivares de mesa, se encuentran sobre la piel de la patata durante los 70 días de almacenamiento, por lo que no puede relacionarse la baja eficacia como antigerminante de algunos tratamientos por la ausencia de compuestos volátiles sobre la piel del tubérculo. Se puede observar que con el paso del tiempo en la etapa de almacenamiento, la abundancia de los diferentes compuestos volátiles disminuye.

Al finalizar el tratamiento (día 10), es posible detectar en todos los casos como los principales compuestos volátiles penetran en la pulpa debido a la permeabilidad de la piel de la patata. La cantidad de cada compuesto, dependerá de las características propias de los compuestos volátiles y del cultivar. Los compuestos volátiles detectados en pulpa, tal y como sucede con los compuestos residuales en la piel la patata, disminuyen con el paso del tiempo.

En el caso del tratamiento con AE de menta en el cultivar *Monalisa*, donde se detectaron diferencias significativas en el análisis sensorial, no fue posible determinar ningún compuesto volátil presente en el AE de menta y que permaneciera en la pulpa hasta el día en que fue realizado el análisis sensorial.

No descarta la posibilidad de que en el caso de los compuestos volátiles del AE de menta provocaran alguna alteración no detectada a través de los estudios realizados y que sea particular al uso de este tratamiento y para este cultivar.



## **SECCIÓN 5.**

### **Conclusiones generales**

---



**SECCION 5. CONCLUSIONES GENERALES**

**5.1. Capacidad antigerminante y su efecto sobre la calidad en cultivares industriales**

El tratamiento con aceite esencial de menta es la mejor alternativa como antigerminante para el uso en cultivares industriales de patata (91% de inhibición en cv. *Kennebec* y 80% de inhibición en cv. *Agria*). Una segunda opción podría representar el cilantro (60% de inhibición en cv. *Kennebec* y 80% en cv. *Agria*).

Los tratamientos con aceites esenciales presentan el inconveniente de la pérdida de efectividad debido a la volatilidad de los compuestos, siendo necesaria una segunda aplicación del tratamiento después del día 40 de almacenamiento.

Los tratamientos con AEs de alcaravea y de eucalipto provocan algunos cambios en el color del tubérculo que pueden ser detectables sólo utilizando técnicas instrumentales y que tienen distinta incidencia dependiendo del cultivar de patata en el que se aplique. Asimismo, los tratamientos con AE de alcaravea afectan el color de las lonchas de la patata en cultivares industriales y de una manera diferente entre un cultivar y otro (con mas luminosidad en cultivar *Kennebec* y menos luminosidad en cultivar *Agria*).

A pesar de la diferencia con respecto al porcentaje de germinación en algunos de los tratamientos aplicados a los cultivares industriales, en general no existe una influencia de los mismos sobre la textura de los tubérculos ni de las lonchas de patata, a pesar de haber sido sometido

durante la aplicación del tratamiento, a condiciones de altas temperaturas.

La utilización de aceite esencial de menta en los cultivares industriales debería estar limitado por la elevación del contenido en azúcares reductores observado.

### **5.2. Capacidad antigerminante y efecto sobre la calidad en cultivares de mesa**

En los cultivares de mesa los mejores resultados están dados por el tratamiento con aceite esencial de menta ya que inhibe en su totalidad la germinación a día 70 en el caso del cultivar *Agata* y más de un 80% para el cultivar *Monalisa*.

Otro tratamiento que podría representar una alternativa, es el uso de AE de eucalipto con más de un 80% de inhibición en el cultivar *Agata* y un 95% de inhibición en el cultivar *Monalisa*.

Excepto en el caso del tratamiento con AE de menta en el cultivar *Agata*, cualquiera de las alternativas propuestas exigen una aplicación del producto transcurridos 40 días del primer tratamiento.

Los tratamientos antigerminantes con AEs de menta y alcaravea pese a que pueden provocar cambios en el color del tubérculo detectados instrumentalmente hasta el día 40 del tratamiento, dichos cambios no son detectables visualmente.

Los tratamientos con AEs de cilantro y eucalipto no serían recomendables para su uso en estos cultivares, ya que mostraron valores de azúcares reductores superiores al valor óptimo del 0.8% del peso en fresco.

Tras el análisis sensorial y bajo las condiciones estudiadas, solo en el caso del tratamiento con AE de menta y para el cultivar de mesa Monalisa se detectaron sabores extraños por el panel de cata. En los demás tratamientos no se detectó ninguna variación con respecto al control que indicará una alteración negativa de las características sensoriales de la patata en los cultivares estudiados.

En general todos los tratamientos aplicados mantienen el contenido de materia seca en porcentajes óptimos para uso a nivel industrial y de consumo en mesa.

### **5.3 Efecto antitímico de los AEs sobre los principales fitopatógenos en almacenamiento de patata**

Todos los tratamientos con AEs mostraron cierta capacidad antibacteriana frente a *Pectobacterium carotovorum*. Los mejores resultados, en cuanto a inhibición de *Pectobacterium carotovorum* se obtuvieron con la utilización del AE de cilantro en concentraciones del 75 y 100%. Por el contrario, fueron necesarias concentraciones superiores al 25% para que se observara inhibición del crecimiento bacteriano en el caso de los tratamientos de AEs de menta y alcaravea.

Los AEs de menta y clavo son los más efectivos frente a los hongos fitopatógenos estudiados, consiguiendo la inhibición total de *C.*

## **SECCIÓN 5. CONCLUSIONES GENERALES**

---

*coccodes*, *F. solani* y *P. foveata* a concentraciones de entre 25 y el 75%, seguidos por los AEs de cilantro y alcaravea, siendo el AE de eucalipto el que menor capacidad antifúngica demuestra.

### **5.3. Contenido residual de AE en la patata**

Los tratamientos con AEs aplicados como antigerminantes en los cultivares de mesa, se encuentran sobre la piel de la patata durante los 70 días de almacenamiento, aunque la abundancia de los diferentes compuestos volátiles disminuye durante la etapa del almacenamiento con el paso del tiempo.

Al finalizar el tratamiento (día 10), es posible detectar en todos los casos cómo los principales compuestos volátiles penetran en la pulpa debido a la permeabilidad de la piel de la patata.

### **5.4. Valoración final**

Los buenos resultados que presentan como antigerminantes los tratamientos con AE de cilantro (cultivares industriales) y AE de menta (cultivares industriales y de mesa), hacen que estos tratamientos sean una buena alternativa al uso del CIPC como antigerminantes.

Otras alternativas según los estudios realizados, sería utilizar tratamientos con buena capacidad antigerminante como lo es el caso del eucalipto (eucaliptol o 1,8-cineol) en cultivares de mesa y buscar un efecto sinérgico con algún tratamiento con altas cualidades antimicrobianas como es el caso del AE de clavo (eugenol).

## **SECCIÓN 6.**

### **Referencias**

---





SECCION 6. REFERENCIAS

- Abdollahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Meshkatalasadat, M. H., & Shabani, R. (2011). Screening of antifungal properties of essential oils extracted from sweet basil, fennel, summer savory and thyme against postharvest phytopathogenic fungi. *Journal of Food Safety*, 31(3), 350-356.
- Adam, M., Dobiáš, P., Pavlíková, P., & Ventura, K. (2009). Comparison of solid-phase and single-drop microextractions for headspace analysis of herbal essential oils. *Central European Journal of Chemistry*, 7(3), 303-311.
- AENOR. (1995). *UNE 87 024-1 (ISO 8586-1:1993) Análisis sensorial. Guía para la selección, entrenamiento y control de jueces. Parte 1 catadores*. Madrid, España: AENOR.
- AENOR. (2008). *UNE-EN ISO 4120. Análisis Sensorial. Metodología. Prueba Triangular (ISO 4120:2004)*. Madrid, España: AENOR.
- Aked, J. (2002). Maintaining the post-harvest quality of fruits and vegetables. In W. M. F. Jongen (Ed.), *Fruit and vegetable processing: improving quality*: CRC Press.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. In: AOAC International, 17th ed. (CDROM).
- Araúz, L. F. (1998). *Fitopatología: un enfoque agroecológico*: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Arroqui, C. (2001). *Modelización del comportamiento térmico y cinético de la operación de escaldado de productos vegetales.*, Universidad Pública de Navarra, Pamplona, Navarra. España.
- Artés, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 7(02), 61-85.
- Atlas, R. M., Bartha, R., & Guerrero, R. (2001). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*: Addison Wesley.

## SECCIÓN 6. REFERENCIAS.

- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils - A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.
- Bång, U. (2007). Screening of natural plant volatiles to control the potato (*Solanum tuberosum*) pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani*. *Potato Research*, 50(2), 185-203.
- Barboni, T., Luro, F., Chiaramonti, N., Desjobert, J. M., Muselli, A., & Costa, J. (2009). Volatile composition of hybrids Citrus juices by headspace solid-phase micro extraction/gas chromatography/mass spectrometry. *Food Chemistry*, 116(1), 382-390.
- Barrera, L. L., & García, L. J. (2008). Antifungal activity of essential oils and their compounds on the grow of *Fusarium sp.* isolate from papaya (*Carica papaya*). *UDO Agrícola*, 8(1), 33-41.
- Batish, D. R., Singh, H. P., Kohli, R. K., & Kaur, S. (2008). Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*, 256(12), 2166-2174.
- Bell, L. N., & Labuza, T. P. (2000). *Moisture sorption: practical aspects of isotherm measurement and use*. MN, USA.
- Bicchi, C., Cordero, C., Liberto, E., Sgorbini, B., & Rubiolo, P. (2007). Reliability of fibres in solid-phase microextraction for routine analysis of the headspace of aromatic and medicinal plants. *Journal of Chromatography A*, 1152(1-2), 138-149.
- Bilia, A. R., Flamini, G., Taglioli, V., Morelli, I., & Vincieri, F. F. (2002). GC-MS analysis of essential oil of some commercial Fennel teas. *Food Chemistry*, 76(3), 307-310.
- Bishop, C. D., & Reagan, J. (1998). Control of the storage pathogen botrytis cinerea on dutch white cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) by the essential oil of melaleuca alternifolia. *Journal of Essential Oil Research*, 10(1), 57-60.
- Blenkinsop, R. W., Copp, L. J., Yada, R. Y., & Marangoni, A. G. (2002). Changes in compositional parameters of tubers of potato (*Solanum tuberosum*) during low-temperature storage and their

- relationship to chip processing quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(16), 4545-4553.
- BOE. Norma de calidad comercial para las patatas de consumo en el mercado nacional. In, vol. BOE N°31/2009).
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods - A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253.
- Burton, W. G. (1989). *The potato*: Longman Scientific & Technical.
- Bushway, R. J., & Ponnampalam, R. (1981).  $\alpha$ -chaconine and  $\alpha$ -solanine content of potato products and their stability during several modes of cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29(4), 814-817.
- Capobiango, H. L. V., & Cardeal, Z. L. (2005). A solid-phase microextraction method for the chromatographic determination of organophosphorus pesticides in fish, water, potatoes, guava and coffee. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 16(5), 907-914.
- Coleman III, W. M., Lawrence, B. M., & Cole, S. K. (2002). Semiquantitative determination of off-notes in mint oils by solid-phase microextraction. *Journal of Chromatographic Science*, 40(3), 133-139.
- Coleman, W. K., Lonergan, G., & Silk, P. (2001). Potato sprout growth suppression by menthone and neomenthol, volatile oil components of *Menthostachys*, *Satureja*, *Bystropogon*, and *Mentha* species. *American Journal of Potato Research*, 78(5), 345-354.
- Costa E Silva, M., Galhano, C. I. C., & Moreira Da Silva, A. M. G. (2007). A new sprout inhibitor of potato tuber based on carvone/ $\beta$ -cyclodextrin inclusion compound. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 57(1-4), 121-124.
- Cueto, M. C. (2010). Determinación del efecto inhibitorio del aceite esencial y diferentes extractos de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) sobre el crecimiento de *Fusarium oxysporum* tanto *in vitro* como en plántula de tomate. In Tesis como requisito para

## SECCIÓN 6. REFERENCIAS.

---

- obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas con acentuación en Alimentos ed.). Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas.
- Choiseul, J., Allen, L., & Carnegie, S. F. (2006). Fungi causing dry tuber rots of seed potatoes in storage in Scotland. *Potato Research*, 49(4), 241-253.
- Chorianopoulos, N., Kalpoutzakis, E., Aligiannis, N., Mitaku, S., Nychas, G. J., & Haroutounian, S. A. (2004). Essential oils of *Satureja*, *Origanum*, and *Thymus* species: Chemical composition and antibacterial activities against foodborne pathogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 8261-8267.
- Chowdhury, H., Ghosh, B. N., & Singh, R. D. (2002). Effect of some essential oils on sprouting and rotting of potatoes in storage. *Pesticide Research Journal*, 14(1), 174-176.
- Davidson, P. M. y P., M.E. (1989). Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Technology*, 43, 148-155.
- Davis, J. R., Sorensen, L. H., & Corsini, G. S. (1983). Interaction of *Erwinia* spp. and *Fusarium roseum* 'Sambucinum' on the Russet Burbank potato. *American Potato Journal*, 60(6), 409-421.
- Delaquis, P. J., Stanich, K., Girard, B., & Mazza, G. (2002). Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*, 74(1-2), 101-109.
- Devlieghere, F., Francois, K., Vereecken, K. M., Geeraerd, A. H., Van Impe, J. F., & Debevere, J. (2004). Effect of chemicals on the microbial evolution in foods. *Journal of Food Protection*, 67(9), 1977-1990.
- EC. (2008). Commission European Regulation (EC) No. 149/2008 of 29 January 2008 amending Regulation (EC) No. 396/2005 of the European Parliament and of the Council by establishing Annexes II, III and IV setting maximum residue levels for products covered by Annex I thereto. In). Brussels: European Union

- Edris, A. E., & Farrag, E. S. (2003). Antifungal activity of peppermint and sweet basil essential oils and their major aroma constituents on some plant pathogenic fungi from the vapor phase. *Nahrung - Food*, 47(2), 117-121.
- EPA. (2012). Pesticide Registration Status. Environmental Protection Agency. Disponible en línea en [http://www.EPA.gov/pesticides/reregistration/status\\_page\\_c.htm](http://www.EPA.gov/pesticides/reregistration/status_page_c.htm).
- Eshel, D., Orenstein, J., Tsrur, L., & Hazanovsky, M. (2009). Environmentally friendly method for the control of sprouting and tuber-borne diseases in stored potato. In, vol. 830 (pp. 363-368).
- FAO. (2008). International year of the potato 2008. Uses of potato. . In): Disponible en línea en <http://www.potato2008.org/en/potato/utilization.html>.
- FAO. (2012). Crops production data. In): Disponible online at <http://faostat.fao.org>.
- Ferreira, L., Perestrelo, R., & Câmara, J. S. (2009). Comparative analysis of the volatile fraction from *Annona cherimola* Mill. cultivars by solid-phase microextraction and gas chromatography-quadrupole mass spectrometry detection. *Talanta*, 77(3), 1087-1096.
- Friedman, M., Kozukue, N., & Harden, L. A. (2000). Cinnamaldehyde content in foods determined by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(11), 5702-5709.
- FRUIT-LOGISTICA. (2008). La patata española, un sector dominante en el mercado mundial. In *Revista de Mercados, Marzo 2008.*, (pp. 75).
- Giebel, J., & Dopierala, U. (2003). Pathogenesis of potato gangrene caused by *Phoma exigua* var. *foveata*. I. Location of phosphatase activity in diseased tuber tissue. *Journal of Phytopathology*, 151(6), 297-299.
- Glauert, A. M., Dingle, J. T., & Lucy, J. A. (1962). Action of saponin on biological cell membranes. *Nature*, 196(4858), 953-955.

## SECCIÓN 6. REFERENCIAS.

- Gómez-Estaca, J., López De Lacey, A., Gómez-Guillén, M. C., López-Caballero, M. E., & Montero, P. (2009). Antimicrobial activity of composite edible films based on fish gelatin and chitosan incorporated with clove essential oil. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18(1-2), 46-52.
- González, L. C. (1985). *Introducción a la fitopatología*: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- González., H. F. (2001). Producción de Patatas: Consideraciones sobre su cultivo y conservación. Congreso Iberoamericano. In J. Pascualena & E.Ritter (Eds.), *Libro de actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata: Vitoria-Gasteiz, 3-6 de julio de 2000*. Vitoria-Gasteiz, España: Ditutación Foral de Álava, Dirección de Hacienda.
- Gustafson, J. E., Liew, Y. C., Chew, S., Markham, J., Bell, H. C., Wyllie, S. G., & Warmington, J. R. (1998). Effects of tea tree oil on *Escherichia coli*. *Letters in Applied Microbiology*, 26(3), 194-198.
- Hammer, K. A., Carson, C. F., & Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86(6), 985-990.
- Hertog, M. L. A. T. M., Tijskens, L. M. M., & Hak, P. S. (1997). The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: A mathematical model. *Postharvest Biology and Technology*, 10(1), 67-79.
- Hidalgo, P. J., Ubera, J. L., Santos, J. A., LaFont, F., Castellanos, C., Palomino, A., & Román, M. (2002). Essential oils in *Calamintha sylvatica* Bromf. ssp. *ascendens* (Jordan) P.W. Ball: Wild and cultivated productions and antifungal activity. *Journal of Essential Oil Research*, 14(1), 68-71.
- Hitokoto, H., Morozumi, S., & Wauke, T. (1980). Inhibitory effects of spices on growth and toxin production of toxigenic fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 39(4), 818-822.
- Hofman, L. M. (2009). La sarna plateada (*Helminthosporium solani* (Dur. & Mont.), una enfermedad de creciente importancia en papa. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 417-431.

- Horvitz, S. (2009). *Aplicación de métodos combinados para la obtención de un producto mínimamente procesado a partir de pimiento rojo cv. "Lamuyo"*. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, Navarra. España.
- Hu, R., Hennion, B., Urruty, L., & Montury, M. (1999). Solid phase microextraction of pesticide residues from strawberries. *Food Additives and Contaminants*, 16(3), 111-117.
- Işcan, G., Kirimer, N., Kürkcüoğlu, M., Başer, K. H. C., & Demirci, F. (2002). Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), 3943-3946.
- Johnson, S. B. (2007). Evaluation of a biological agent for control of *Helminthosporium solani*. *Plant Pathology Journal*, 6(1), 99-101.
- Kaur, S., Singh, H. P., Batish, D. R., & Kxohli, R. K. (2011). Chemical characterization, antioxidant and antifungal activity of essential oil from eucalyptus tereticornis. *Journal of Medicinal Plant Research*, 5(19), 4788-4793.
- Kleinkopf, G. E., Oberg, N. A., & Olsen, N. L. (2003). Sprout Inhibition in Storage: Current Status, New Chemistries and Natural Compounds. *American Journal of Potato Research*, 80(5), 317-327.
- Klimánková, E., Holadová, K., Hajšlová, J., Čajka, T., Poustka, J., & Koudela, M. (2008). Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry*, 107(1), 464-472.
- Koike, S. T., Gladders, P., & Paulus, A. O. (2006). *Vegetable diseases: a color handbook*. London: Academic Press.
- Koitabashi, R., Suzuki, T., Kawazu, T., Sakai, A., Kuroiwa, H., & Kuroiwa, T. (1997). 1, 8-Cineole inhibits root growth and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* L. *Journal of Plant Research*, 110(1097), 1-6.
- Kumar, D., Singh, B. P., & Kumar, P. (2004). An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. *Annals of Applied Biology*, 145(3), 247-256.

## SECCIÓN 6. REFERENCIAS.

- Lang, G., & Buchbauer, G. (2012). A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 27(1), 13-39.
- Liu, L., Song, G., & Hu, Y. (2007). GC-MS analysis of the essential oils of *Piper nigrum* L. and *Piper longum* L. *Chromatographia*, 66(9-10), 785-790.
- López, A. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas: del campo al mercado*: FAO.
- Lucini, E. I., Zunino, M. P., López, M. L., & Zygodlo, J. A. (2006). Effect of monoterpenes on lipid composition and sclerotial development of *Sclerotium cepivorum* Berk. *Journal of Phytopathology*, 154(7-8), 441-446.
- Mahajan, B. V. C., Dhatt, A. S., Sandhu, K. S., & Garg, A. (2008). Effect of CIPC (isopropyl-N (3-chlorophenyl) carbamate) on storage and processing quality of potato. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6(1), 34-38.
- Marangon Jardim, C., Newandram Jham, G., Dev Dhingra, O., & Moreira Freire, M. (2008). Composition and antifungal activity of the essential oil of the brazilian *Chenopodium ambrosioides* L. *Journal of Chemical Ecology*, 34(9), 1213-1218.
- Marriott, P. J., Shellie, R., & Cornwell, C. (2001). Gas chromatographic technologies for the analysis of essential oils. *Journal of Chromatography A*, 936(1-2), 1-22.
- Martin, M. (2000). Gestión de la conservación de patata. In J. Pascualena & E. Ritter (Eds.), *Libro de actas del congreso Iberoamericano de investigación y desarrollo de la patata. Patata 2000.*, (pp. 341-349). Vitoria-Gastéiz.
- Meepagala, K. M., Sturtz, G., & Wedge, D. E. (2002). Antifungal constituents of the essential oil fraction of *Artemisia dracunculus* L. var. *dracunculus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(24), 6989-6992.
- Mehta, A. (2004). Sprout suppression in stored potatoes by natural growth inhibitor - Diphenylamine. *Journal of Food Science and Technology*, 41(5), 539-541.



- Mehta, A., & Ezekiel, R. (2006). Potato storage: Need, present scenario, emerging technologies and future strategies: A critical appraisal. *Journal of Food Science and Technology*, 43(5), 453-466.
- Mehta, A., & Kaul, H. N. (1998). Use of growth inhibitors in potatoes under high temperature storage conditions\_A review. *Crop Research*, 16(1), 70-84.
- Mehta, A., & Kaul, H. N. (2002). Evaluation of menthol and mentha oil as potato sprout inhibitors. *J. Indian Potato Assoc*, 29(3-4), 107-112.
- Mehta, A., Singh, B., Ezekiel, R., & Kumar, D. (2010). Effect of CIPC on sprout inhibition and processing quality of potatoes stored under traditional storage systems in india. *Potato Research*, 53(1), 1-15.
- Mihaliak, C. A., Gershenzon, J., & Croteau, R. (1991). Lack of rapid monoterpene turnover in rooted plants: implications for theories of plant chemical defense. *Oecologia*, 87(3), 373-376.
- Mills, A. A. S., Platt, H. W., & Hurta, R. A. R. (2006). Sensitivity of *Erwinia* spp. to salt compounds in vitro and their effect on the development of soft rot in potato tubers in storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 208-214.
- Mittal, A. K., Gupta, K. C., & Sand, N. K. (2001). Natural aroma chemicals as potato tuber sprouting inhibitor. *Journal of Food Science and Technology*, 38(5), 499-501.
- Montes-Belmont, R. (2009). Diversidad de Compuestos químicos producidos por las plantas contra hongos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Micología*, 29, 73-82.
- Moreira Freire, M., Newandram Jham, G., Dev Dhingra, O., Marangon Jardim, C., Coura Barcelos, R., & Moreira Valente, V. M. (2012). Composition, antifungal activity and main fungitoxic components of the essential oil of mentha piperita l. *Journal of Food Safety*, 32, 29-36.
- Morrissey, J. P., & Osbourn, A. E. (1999). Fungal Resistance to Plant Antibiotics as a Mechanism of Pathogenesis. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63(3), 708-724.

## SECCIÓN 6. REFERENCIAS.

- Müller-Riebau, F., Berger, B., & Yegen, O. (1995). Chemical composition and fungitoxic properties to phytopathogenic fungi of essential oils of selected aromatic plants growing wild in Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(8), 2262-2266.
- Murphy, M. (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564-582.
- Nakatsu, T., Lupo, A. T., Chinn, J. W., & Kang, R. K. L. (2000). Biological activity of essential oils and their constituents. *Studies in Natural Products Chemistry*, 21, 571-631.
- Ngassoum, M. B., Jirovetz, L., & Buchbauer, G. (2001). SPME/GC/MS analysis of headspace aroma compounds of the Cameroonian fruit *Tetrapleura tetraptera* (Thonn.) Taub. *European Food Research and Technology*, 213(1), 18-21.
- Nöel, B. y. S., Huyghebaert, B., Pigeon, O., Weickmans, B., & Mostade, O. (2004). Study of potato sprout inhibitor treatment with chlorpropham. *Aspects of Applied Biology*, 71, 65-73.
- Noël, S., Huyghebaert, B., Pigeon, O., Weickmans, B., & Mostade, O. (2002). Study of potatoes' sprout inhibitor treatments with chlorprophame. *Mededelingen (Rijksuniversiteit te Gent. Fakulteit van de Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen)*, 67(3), 431-439.
- Olsson, K. (1988). Resistance to gangrene (*Phoma exigua* var. *foveata*) and dry rot (*Fusarium solani* var. *coeruleum*) in potato tubers. 2. Evaluation of genotypic differences in pectin-bound magnesium and calcium for screening purposes. *Potato Research*, 31(3), 423-429.
- Oosterhaven, K., Hartman, K. J., & Huizing, H. J. (1993). Inhibition of Potato (*Solanum tuberosum*) Sprout Growth by the Monoterpene S-Carvone: Reduction of 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reductase Activity without Effect on its mRNA Level. *J. Plant Physiol*, 141, 463-469.
- Oosterhaven, K., Poolman, B., & Smid, E. J. (1995). S-carvone as a natural potato sprout inhibiting, fungistatic and bacteristatic compound. *Industrial Crops and Products*, 4(1), 23-31.

- Ortuño, M. F. (2006). Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes. In Ediciones Aynaya ed.).
- Oumzil, H., Ghoulami, S., Rhajaoui, M., Ildrissi, A., Fkih-Tetouani, S., Paid, M., & Benjouad, A. (2002). Antibacterial and Antifungal Activity of Essential Oils of *Mentha suaveolens*. *Phytotherapy Research*, 16(8), 727-731.
- Pangloli, P., Melton, S. L., Collins, J. L., Penfield, M. P., & Saxton, A. M. (2002). Flavor and storage stability of potato chips fried in cottonseed and sunflower oils and palm olein/sunflower oil blends. *Journal of Food Science*, 67(1), 97-103.
- Peñalver, A. (2002). *Aplicación de la microextracción en Fase Sólida al Análisis Medioambiental.*, Universitat Rovira I Virgili, Tarragona, España.
- Peñuelas, J., Ribas-Carbo, M., & Giles, L. (1996). Effects of allelochemicals on plant respiration and oxygen isotope fractionation by the alternative oxidase. *Journal of Chemical Ecology*, 22(4), 801-805.
- Pitarokili, D., Tzakou, O., Couladis, M., & Verykokidou, E. (1999). Composition and antifungal activity of the essential oil of *Salvia pomifera* subsp. *calycina* growing wild in Greece. *Journal of Essential Oil Research*, 11(5), 655-659.
- Plooy, W. d., Regnier, T., & Combrinck, S. (2009). Essential oil amended coatings as alternatives to synthetic fungicides in citrus postharvest management. *Postharvest Biology and Technology*, 53(3), 117-122.
- Pringle, R., Bishop, C., & Clayton, R. (2009). *Potatoes Postharvest*: CABI.
- Rasooli, I., & Owlia, P. (2005). Chemoprevention by thyme oils of *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin production. *Phytochemistry*, 66(24), 2851-2856.
- Richter, J., & Schellenberg, I. (2007). Comparison of different extraction methods for the determination of essential oils and related compounds from aromatic plants and optimization of solid-phase microextraction/gas chromatography. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 387(6), 2207-2217.

## SECCIÓN 6. REFERENCIAS.

---

- Ridgway, K., Lalljie, S. P. D., & Smith, R. M. (2007). Sample preparation techniques for the determination of trace residues and contaminants in foods. *Journal of Chromatography A*, 1153(1-2), 36-53.
- Rivera, G. (2007). *Conceptos introductorios a la fitopatología*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED).
- Rohloff, J. (1999). Monoterpene composition of essential oil from peppermint (*Mentha x piperita* L.) with regard to leaf position using solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(9), 3782-3786.
- Rohloff, J. (2002). Essential oil composition of sachalinmint from Norway detected by solid-phase microextraction and gas chromatography - Mass spectrometry analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(6), 1543-1547.
- Rousselle, P., Robert, Y., Box, J. M. M., & Crosnier, J. C. (1999). *La Patata: producción, mejora, plagas y enfermedades, utilización*: Mundi-Prensa.
- Sanches-Silva, A., Lopez-Hernández, J., & Paseiro-Losada, P. (2005). Profiling flavor compounds of potato crisps during storage using solid-phase microextraction. *Journal of Chromatography A*, 1064(2), 239-245.
- Sánchez-González, L., González-Martínez, C., Chiralt, A., & Cháfer, M. (2010). Physical and antimicrobial properties of chitosan-tea tree essential oil composite films. *Journal of Food Engineering*, 98(4), 443-452.
- Schulz, K., Schlenz, K., Malt, S., Metasch, R., Römhild, W., Dreßler, J., & Lachenmeier, D. W. (2008). Headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry for the quantitative determination of the characteristic flavouring agent eugenol in serum samples after enzymatic cleavage to validate post-offence alcohol drinking claims. *Journal of Chromatography A*, 1211(1-2), 113-119.
- Serrano, E., Beltrán, J., & Hernández, F. (2009). Application of multiple headspace-solid-phase microextraction followed by gas

- chromatography-mass spectrometry to quantitative analysis of tomato aroma components. *Journal of Chromatography A*, 1216(1), 127-133.
- Siano, F., Ghizzoni, C., Gionfriddo, F., Colombo, E., Servillo, L., & Castaldo, D. (2003). Determination of estragole, safrole and eugenol methyl ether in food products. *Food Chemistry*, 81(3), 469-475.
- Simón, A., Pardo, A., García, A., & Suso, M. L. (2002). La calidad de la patata para frito. In *Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Cuaderno de Campo*, vol. 22). Logroño, La Rioja. España: Gobierno de La Rioja. Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
- Singh, G., Kapoor, I. P. S., & Kumar, S. P. (1997). Studies on essential oils. VII. Natural sprout inhibitors for potatoes. *Pesticide Research Journal*, 9(1), 121-124.
- Singh, G., Maurya, S., Catalan, C., & de Lampasona, M. P. (2005). Studies on essential oils, part 42: Chemical, antifungal, antioxidant and sprout suppressant studies on ginger essential oil and its oleoresin. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(1), 1-6.
- Singh, G., Maurya, S., de Lampasona, M. P., & Catalan, C. A. N. (2006). Studies on essential oils, Part 41. Chemical composition, antifungal, antioxidant and sprout suppressant activities of coriander (*Coriandrum sativum*) essential oils and its oleoresin. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(3), 472-479.
- Singh, J., & Kaur, L. (2009). *Advances in Potato Chemistry and Technology*: Academic Press.
- Singh, J., & Tripathi, N. N. (1999). Inhibition of storage fungi of blackgram (*Vigna mungo* L.) by some essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 14(1), 1-4.
- Smith-Palmer, A., Stewart, J., & Fyfe, L. (1998). Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 26(2), 118-122.

## SECCIÓN 6. REFERENCIAS.

---

- Soliman, K. M., & Badeaa, R. I. (2002). Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. *Food and Chemical Toxicology*, 40(11), 1669-1675.
- Sorce, C., Lorenzi, R., Parisi, B., & Ranalli, P. (2005). Physiological Mechanisms Involved in Potato (*Solanum tuberosum*) Tuber Dormancy and the Control of Sprouting by Chemical Suppressants. *Acta Hort (ISHS)*, 684, 177-186.
- Sorce, C., Lorenzi, R., & Ranalli, P. (1997). The effects of (S)-(+)-carvone treatments on seed potato tuber dormancy and sprouting. *Potato Research*, 40(2), 155-161.
- Suttle, J. C. (2004). Physiological regulation of potato tuber dormancy. *American Journal of Potato Research*, 81, 253-262.
- Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. A., & Cliver, D. O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21(9), 1199-1218.
- Teng, Y., Yang, Q., Yu, Z., Zhou, G., Sun, Q., Jin, H., & Hou, T. (2010). In vitro antimicrobial activity of the leaf essential oil of *Spiraea alpina* Pall. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26(1), 9-14.
- Teper-Bamnlker, P., Dudai, N., Fischer, R., Belausov, E., Zemach, H., Shoseyov, O., & Eshel, D. (2010). Mint essential oil can induce or inhibit potato sprouting by differential alteration of apical meristem. *Planta*, 232(1), 179-186.
- Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A. (2005). Plantes Aromatiques. Épices, aromates, condiments et huiles essentielles. In E. T. Doc (Ed.). Paris, France.
- Theron, D. J., & Holz, G. (1990). Effect of temperature on dry rot development of potato tubers inoculated with different *Fusarium* spp. *Potato Research*, 33(1), 109-117.
- Tiwari, B. K., Valdramidis, V. P., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., Bourke, P., & Cullen, P. J. (2009). Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(14), 5987-6000.

- Tiznado-Hernández, M. E., & Troncoso-Rojas, R. (2006). Control of fungal diseases with isothiocyanates. *Stewart Postharvest Review*, 2(1), 1-14.
- Torres, H. (2002). Enfermedades de tubérculos almacenados. In M. d. I. e. m. i. d. l. p. e. e. Perú (Ed.). Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa.
- Tripathi, S., Mehrotra, G. K., & Dutta, P. K. (2008). Chitosan based antimicrobial films for food packaging applications. *E-Polymers*.
- Vaillant, D., Romeu, C., Ramos, E., González, M., Ramírez, R., & González, J. (2009). Efecto Inhibitorio *In Vitro* de cinco monoterpenos de aceites esenciales sobre un aislado de *Rhizoctonia solani* en papa (*Solanum Tuberosum L.*). *Fitosanidad.*, 13(3 septiembre), 197-200.
- van Vuuren, S. F., & Viljoen, A. M. (2007). Antimicrobial activity of limonene enantiomers and 1,8-cineole alone and in combination. *Flavour and Fragrance Journal*, 22(6), 540-544.
- Vaughn, S. F., & Spencer, G. F. (1991). VOLATILE MONOTERPENES INHIBIT POTATO-TUBER SPROUTING. *American Potato Journal*, 68(12), 821-831.
- Vaughn, S. F., & Spencer, G. F. (1993). NATURALLY-OCCURRING AROMATIC-COMPOUNDS INHIBIT POTATO-TUBER SPROUTING. *American Potato Journal*, 70(7), 527-533.
- Velluti, A., Marín, S., Gonzalez, P., Ramos, A. J., & Sanchis, V. (2004). Initial screening for inhibitory activity of essential oils on growth of *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum* and *F. graminearum* on maize-based agar media. *Food Microbiology*, 21(6), 649-656.
- Verzera, A., Dima, G., Tripodi, G., Ziino, M., Lanza, C. M., & Mazzaglia, A. (2011). Fast Quantitative Determination of Aroma Volatile Constituents in Melon Fruits by Headspace-Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Food Analytical Methods*, 4(2), 141-149.
- Vichi, S., Guadayol, J. M., Caixach, J., López-Tamames, E., & Buxaderas, S. (2006). Monoterpene and sesquiterpene hydrocarbons of virgin olive oil by headspace solid-phase

- microextraction coupled to gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1125(1), 117-123.
- Vokou, D., Vareltzidou, S., & Katinakis, P. (1993). Effects of aromatic plants on potato storage: Sprout suppression and antimicrobial activity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 47(3), 223-235.
- Wastie, R. L., Stewart, H. E., & Brown, J. (1989). Comparative susceptibility of some potato cultivars to dry rot caused by *Fusarium sulphureum* and *F. solani* var. *coeruleum*. *Potato Research*, 32(1), 49-55.
- Wilson, C. L., Solar, J. M., El Ghaouth, A., & Wisniewski, M. E. (1997). Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*, 81(2), 204-210.
- Wu, F., & Xiaodong, Z. (2007). Essential oils to control *Alternaria alternata* in vitro and in vivo. *Food Control*, 18(9), 1126-1130.
- Zaker, M., & Mosallanejad, H. (2010). Antifungal activity of some plant extracts on *alternaria alternata*, the causal agent of *alternaria* leaf spot of potato. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 13(21), 1023-1029.
- Zhou, X., Li, Z., Liang, G., Zhu, J., Wang, D., & Cai, Z. (2007). Analysis of volatile components of *Curcuma sichuanensis* X. X. Chen by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 43(2), 440-444.
- Zini, C. A., Augusto, F., Christensen, E., Caramão, E. B., & Pawliszyn, J. (2002). SPME applied to the study of volatile organic compounds emitted by three species of *Eucalyptus* in situ. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 7199-7205.
- Zini, C. A., Lord, H., Christensen, E., De Assis, T. F., Caramão, E. B., & Pawliszyn, J. (2002). Automation of solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry extraction of eucalyptus volatiles. *Journal of Chromatographic Science*, 40(3), 140-146.
- Zini, C. A., Zanin, K. D., Christensen, E., Caramão, E. B., & Pawliszyn, J. (2003). Solid-phase microextraction of volatile compounds



from the chopped leaves of three species of Eucalyptus. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(9), 2679-2686.

Znini, M., Cristofari, G., Majidi, L., Mazouz, H., Tomi, P., Paolini, J., & Costa, J. (2011). Antifungal activity of essential oil from *Asteriscus graveolens* against postharvest phytopathogenic fungi in apples. *Natural Product Communications*, 6(11), 1763-1768.