

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

**Estudio de nuevos productos naturales como el maíz, la canela o el perejil
y sus posibles sinergias como antiparodeantes en patatas mínimamente
procesadas cv *Monalisa***

presentado por:

Gorka Merino Antón

aurkeztua

MASTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD EN LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS

Junio 2017

ESTUDIO DE NUEVOS PRODUCTOS NATURALES COMO EL MAÍZ, LA CANELA O EL PEREJIL Y SUS POSIBLES SINERGIAS COMO ANTIPARDEANTES EN PATATAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS CV MONALISA

Gorka Merino Antón

Resumen

La patata mínimamente procesada (PMP) es un alimento cada vez más consumido a nivel mundial. Pero la vida útil de este producto se ve disminuida por el pardeamiento enzimático, problema causado por la enzima polifenol oxidasa (PPO). Pero tiene un problema importante que reduce su vida útil, el pardeamiento enzimático, producido por la enzima polifenol oxidasa (PPO). En este trabajo se estudian los extractos de canela, perejil y maíz como posibles agentes antipardeantes de la patata, tanto *in vitro* como en planta piloto. El extracto de perejil al 50% de concentración y obtenido mediante extracción en agua a 40 °C presenta un porcentaje de inhibición del $76,96 \pm 14,64\%$. El maíz al 80% de concentración y extraído con agua a 90 °C permite un porcentaje de inhibición del $90,76 \pm 5,65\%$. Estos resultados quedan confirmados mediante el tratamiento en planta piloto de rodajas de patata y su almacenamiento durante 21 días.

Palabras clave: antioxidante natural, pardeamiento, polifenol oxidasa, patata, mínimamente procesada

Abstract

The consumption of Minimally Processed Potato (MMP) is increasing worldwide. But the shelf life of this product is reduced by enzymatic browning, a problem caused by the enzyme polyphenol oxidase. This work studies cinnamon, parsley and corn extracts as antibrowning agents in potato, *in vitro* and in pilot-scale. Parsley extract concentrated at 50% and extracted in water 40 °C shows $76,96 \pm 14,64\%$ of enzyme inhibition. Corn extract at 80% and treated at

90 °C has $90,76 \pm 5,65\%$ inhibition. The evolution of potatoes slices treated with those extracts in pilot-scale during 21 days of storage confirms the results of inhibition capacity.

Keywords: natural antioxidant, browning, polyphenol oxidase, patata, minimally processed

1- Introducción

La patata es el vegetal más consumido en España, constituyendo un 36,7% del total de hortalizas utilizadas para alimentación en 2016, De estas, el 4,5% se consumió como patata procesada, lo que supuso un aumento de un 1,1% respecto a 2015 y de un 1,4% respecto a 2014, aun existiendo un descenso de la venta total de patata [1]. Además, el sector de la IV gama se coloca en cuarto lugar en gasto en el sector de las frutas y hortalizas, lo que supone un grupo importante y de interés [2].

La patata mínimamente procesada es un alimento altamente perecedero, cuyas características organolépticas y de calidad se ven afectadas por las operaciones de pelado y cortado durante el procesado, que provocan la liberación de compuestos intercelulares como los polifenoles, aumentando la velocidad de acción de la enzima polifenol oxidasa (PPO) y dando lugar al pardeamiento enzimático [3]. Esta enzima interacciona con los polifenoles y el oxígeno provocando dos reacciones que se dan en diferente orden dependiendo de la estructura específica del sustrato polifenólico: la hidroxilación de monofenoles a difenoles (1) y la oxidación de los difenoles a o-quinonas (2). La hidroxilación es una reacción lenta que genera compuestos que no aportan color, pero la oxidación de los difenoles es una reacción rápida y da lugar a las quinonas, que polimerizan a melaninas, aportando los colores marrones y negros propios del pardeamiento enzimático [4]. Los principales fenoles de la patata, que se encuentran estrechamente relacionados con el pardeamiento enzimático y que sirven de sustrato a la enzima son el ácido clorogénico, el caféico, el gálico y el protocatecuico, [5].

Para evitar el pardeamiento enzimático mediante la inhibición de la PPO se pueden llevar a cabo tratamientos mediante inmersión de las patatas troceadas en soluciones [6]:

- Ácidas, para reducir el pH del medio por debajo de 4, límite inferior al cual la PPO deja de tener actividad alguna
- Con actividad quelante sobre el cobre de la molécula de la PPO, lo que interrumpe su estructura y su actividad
- Con compuestos antioxidantes fuertes, que reducen las o-quinonas de nuevo a sus derivados fenólicos, evitando así su oxidación y su consiguiente polimerización a melaninas coloreadas.
- Con compuestos fenólicos naturales que ocupan el lugar de los andógenos de la patata, evitando así la acción de la PPO, retrasando el pardeamiento.

Aunque actualmente, por su eficacia y precio, el producto más utilizado es el metabisulfito de sodio, su utilización se encuentran en continua evaluación debido a los efectos adversos sobre la salud del consumidor; especialmente por su efecto en personas que padecen asma [7]. Además, se encuentran limitados en su uso por el Reglamento 1129/2011 que establece la lista de aditivos alimentarios de la Unión Europea, no pudiendo utilizar más de 50 mg/kg o mg/l en patata, disminuyendo esta cantidad con las habituales revisiones.

A esto hecho, hay que sumar que las nuevas tendencias de consumo apuestan por una alimentación ausente de productos químicos que puedan alterar nuestra salud. Como remarca lo publicado por el MAGRAMA en 2013 [8], la población cada vez se orienta más al consumo de alimentos más naturales, sanos y que lleven un procesado más saludable, exento de aditivos químicos o artificiales. Por esto, se ha abierto una vía de investigaciones donde las especias y las hierbas ricas en compuestos fenólicos [9] están siendo utilizadas como inhibidores de la PPO de la patata tanto *in vitro* como en planta piloto; dando resultados prometedores como es el caso del uso del ajo o el té verde que presentaron un efecto de inhibición de la PPO en patatas por encima del 75% [10].

Entre las posibles especias o especies vegetales con potencial antiparodeante, están aquellas que contienen compuestos fenólicos como el ácido cinámico, el p-cumárico, el ferúlico y el ácido benzoico, o flavonoles como la quercetina, miricetina y kaempferol [10]. Atendiendo a estos criterios encontramos entre otras, tres especies vegetales, la canela o *Cinnamomum verum*, el maíz o *Zea mays* y el perejil o *Petroselinum crispum* que pueden ser susceptibles de ser utilizadas como inhibidoras de la PPO.

La canela, aunque dependiendo del cultivar y del método de extracción (como se muestra en la tabla 1), cuenta con un importante contenido en compuestos fenólicos, entre los que cabe destacar el ácido cinámico [11], el ácido p-cumárico y el ferúlico [12]. Además, cabe destacar su capacidad antioxidante del DPPH.

El rango del contenido en fenoles totales medidos en los extractos de canela comprendido entre 2 y 179 mg EAG/g DW. Esta variabilidad se debe a multitud de factores que van desde la variedad hasta el suelo en el que se cultiva la canela o incluso, el clima. Pero existen otros factores de variabilidad fácilmente apreciables en la tabla 1 como son los diferentes métodos de extracción. Se puede observar que, cuando la extracción se realiza solo con metanol, la cantidad de fenoles totales es menor que cuando esta extracción se realiza con agua o con disolventes como la acetona o el etanol en mezcla con agua. También se puede apreciar que la mejor forma de cuantificar el contenido total de fenoles es mediante HPLC, pero la mejor forma de extracción es la que utiliza acetona y agua en igual medida.

Tabla 1. Cantidad total de fenoles y capacidad antioxidante de las diferentes variedades de canela dependiendo de su método de extracción (Elaboración propia,)

Cultivar	MÉTODO EXTRACCIÓN	TPC (mg GAE/g DW)	DPPH	FUE NTE
<i>C. verum</i>	MeOH, T ^a ambiente - 5h (Liofilizado)	2-3,5	80%	[13]
<i>C. zeylanicum</i>	MeOH/agua 50/50 + 0,1% á.c. fórmico, sonicado (Liofilizado)	5,82 ± 0,44	1,88 ± 0,1 ^b	[14]
Comercial	Acetona/agua 75/25, 100°C - 10 min	94,3 ± 7,8	324,6 ± 23 ^b	[12]
<i>Sin especificar</i>	Acetona/agua 50/50, T ^a ambiente 15h	18,56 ± 0,31	1256 ± 37,9 ^b	[15]
	Metanol/agua 80/20, T ^a ambiente 15h	14,82 ± 0,28	1069 ± 5,47 ^b	
<i>C. verum</i>	Agua, T ^a ambiente 1h	7,68 ± 0,05 / 52,375 ± 0,025 ^a	65 %	[16]
<i>C. zeylanicum</i> y <i>C. cassia</i>	80% meOH, 1h	10 - 75	----	[17]
	60% etOH, 1h	80 - 170	----	
	Agua, 1h	10 - 35	----	
<i>C. zeylanicum</i>	Canela + SiO ₂ - 150 °C, 6 Mpa (HPLC)	139 ± 6	140 ^c	[18]
	Canela + SiO ₂ - 200 °C, 6 Mpa (HPLC)	179 ± 11	220 ^c	

^a Datos expresados como µg EG/ml de extracto
^b Datos expresados como µmol TE/ g
^c Datos expresados como mg VCEAC/g

El maíz es uno de los cereales más cultivados en el mundo. Su uso va desde la alimentación humana hasta la elaboración de biocombustibles y su cantidad en fenoles total es elevada (Tabla 2). Además, entre otros compuestos, el maíz tiene hasta 2555 µg/g de ácido p-cumárico en su pericarpio [19] y una elevada cantidad de ácido ferúlico y actividad antioxidante [20], por lo que se convierte en un potencial inhibidor de la enzima objetivo.

Como se puede observar en la tabla 2, la cantidad de fenoles totales del maíz oscila entre 1,97 y 78 mg GAE/g DW y su capacidad antioxidante es bastante elevada. Nuevamente, estas diferencias radican en la variedad y el método de extracción realizado, aunque en este caso podemos observar que, solo con agua y a temperatura ambiente no existe ninguna extracción, siempre se utilizan disolventes orgánicos, siendo el etanol el que mejores resultados aporta.

Tabla 2. Cantidad total de fenoles y capacidad antioxidante del maíz dependiendo de su método de extracción

(Elaboración propia)

MAIZ	MÉTODO EXTRACCIÓN	TPC (mg GAE/g DW)	DPPH	FUENTE
Salvado	50% etOH, 100 °C, 5 min	78	18,04 ^c (54,95%)	[21]
Grano entero	EtOH 70% 24h/T ^a amb	3,9 ^a	215,9 VCEAC	[20]
Grano entero	EtOH 2h/T ^a ambiente	115,4 ± 9,3/175,5 ± 6,8 ^a	1827 ± 90,5/2429 ± 406,8 ^d	[22]
Partes	MeOH 60 min/T ^a amb + NaOH 3h /60 °C	Pericarpio: 208,8-347,5 ^b	----	[23]
		Endospermo: 106,3-195,5 ^b		
		Germen: 498-727,9 ^b		
Grano entero	C ₄ H ₈ O + MeOH/CH ₃ COOH/H ₂ O + NaOH 4M + HCl 6M	1,97 ± 0,07	1,83 ± 0,07 ^c	[24]
^a Datos expresados en g/100g DW ^b Datos expresados en µg/g DW ^c Datos expresados como µmol TE/ g ^d Datos expresados como µmol TE/ 100g				

Por último, **el perejil**, especia frecuentemente utilizada, es un vegetal rico en componentes como el apiin (precursor de la apigenina) y el malonil apiin [25] y se ha utilizado con éxito para la inhibición de crecimiento de lechugas hasta en un 97% gracias a compuestos como el pabulenol, la oxipeucedanina, la hidrato oxipeucedanina y la N-(2-feniletíl) hexanamida [26], lo que podría servir para su aplicación como inhibidor de la PPO con el mismo efecto. En la tabla 3 se recoge la cantidad total de fenoles de diferentes tipos de perejil, así como su actividad antioxidante.

Como se puede observar en la tabla 3, la cantidad de fenoles totales del perejil varía mucho en función de su método de secado y su posterior método de extracción. Nuevamente, tenemos métodos de extracción que van desde el uso de agua, hasta diferentes disolventes como el dietil éter o la acetona al 100%. La capacidad antioxidante de estos extractos es también muy variable, habiendo grandes diferencias en un mismo método de extracción a diferentes tiempos. Aun así, podemos observar que puede llegar, incluso, a oxidaciones de DPPH de hasta el 98%.

Tabla 3. Cantidad total de fenoles y capacidad antioxidante del perejil dependiendo de su método de secado y/o extracción (Elaboración propia,)

FORMA	Secado	MÉTODO EXTRACCIÓN	TPC (mg GAE/g DW)	DPPH	FUE NTE
Aceite esencial	----	----	388,35 ^a	64,28 ± 1,45% (5% m/v)	[27]
Fresco	Microondas 1, 2, 3 min	Secado microondas	204,6-1031,39 ^b	24,78 - 40,1%	[28]
Fresco	Microondas + vacío (9%) 37 °C 1,5 min	Acetona 100% 1h/18 °C	1812,21 ^b	11,98 - 40%	[29]
Fresco	----	Presurizada 50% acetona ó 50% meOH	18,2 - 22,9	----	[30]
Fresco	Convencional 55 °C	Dietil eter 30min, 25 °C	1 - 1,22 ^c	25 - 30,35 %	[31]
Seco	----	Acetona 70% (30-60 min)	704,47 - 723,58 ^b	93,48 - 93,03 %	[32]
		meOH 80% (30-60 min)	362,93 - 407,9 ^b	97,22 - 98,23 %	
		Agua (30 - 60 min)	456,97 - 473,81 ^b	42,74 - 79,44 %	
^a Datos expresados en mg GAE/L ^b Datos expresados en mg GAE/100 g DW ^c Datos expresados en mg GAE/100 ml					

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por otros autores en el uso de las hierbas y especias y el contenido en polifenoles y capacidad antioxidante de la canela, el maíz y el perejil, se propone como objetivo de este trabajo su estudio como agentes antiparadeantes de patata de *cv Monalisa*.

2. Material y métodos

2.1. Material

Las patatas utilizadas han sido del *cv. Monalisa* compradas en una pequeña tienda local (Pamplona, España) y almacenadas durante un máximo de tres días a unos 15 °C en oscuridad.

El perejil seco y el ajo (Ducros, McCormik, España), salvado de trigo (Biogran S.L, Madrid, España), canela (La Especiera del Norte, Burgos, España), perejil fresco y maíz en mazorcas (frutería de hipermercado) se compraron en un hipermercado de la misma localidad.

2.2. Métodos

2.2.1. Extracción en agua de las especias

La extracción de los antioxidantes del ajo, el té verde y el salvado de trigo se realiza siguiendo lo establecido por Bobo [10]. Para el perejil fresco y seco, el maíz en mazorca crudo y la canela en rama, se realiza un estudio previo, para determinar las condiciones de extracción.

2.2.1.1. *Extracción de ajo, té verde y salvado de trigo*

Para los tres vegetales se realiza el procedimiento establecido por Bobo [10] en su optimización de la extracción mediante agua. Las muestras, si van a ser utilizadas antes de 24 h, se mantienen en refrigeración a 4 °C hasta su uso. Si no, se guardan en congelación a -76 °C (Ultracongelador Vertical CLIMAS, Barcelona).

2.2.1.2. *Extracción maíz, canela y perejil*

El método de extracción es igual que el anterior, pero en este caso se estudian diferentes temperaturas para optimizar la extracción para cada producto. En el caso del perejil seco y de la canela, atendiendo a la bibliografía [10], [16], [17], [32] se han utilizado tres temperaturas de extracción diferentes (temperatura ambiente, 40 °C y 90 °C). Para el maíz, según la bibliografía [21], [23] y los ensayos previos realizados, se ha optado por utilizar temperaturas de extracción de 40 °C y 90 °C. Los métodos y la relación masa/volumen son las mismas que para el ajo, té verde y salvado. Igual el perejil fresco, pero en una relación 15 g/150 ml agua para poder comparar los resultados con el perejil seco. Antes de la extracción, la mazorca de maíz se desgrana manualmente y se bate durante 5 s en el vaso complemento de la batidora (Batidora Bosch MSM 6500, 600W). El perejil fresco sufre el mismo proceso de batido, pero introduciendo tallos y hojas enteros en el vaso de la picadora.

La canela se extrae en una relación masa/volumen de 40 g/200 ml por el estudio de métodos optimizados [16], [17]. A temperatura ambiente la extracción se realizará durante 1 h. Las extracciones a 40 °C y a 90 °C se realizan con los tiempos establecidos para el resto de los

productos. Para el perejil seco se realiza el mismo procedimiento que para la canela en una relación 15 g/150 ml de agua desionizada [32]. La misma proporción es utilizada para el estudio del extracto a las temperaturas media y alta. Se ha observado la gelatinización del extracto de perejil a temperatura de refrigeración por lo que se ha optado por realizar la operación a una temperatura de 20°C (ambiente) para después enfriar rápidamente a 4 °C.

2.2.2. Cantidad total de fenoles (TPC) de los extractos

El contenido total de fenoles se realiza mediante el método de Folin-Ciocalteu para microplacas descrito por Bobo [10]. El número total de fenoles se expresa en equivalentes de ácido gálico por litro.

2.2.3. Actividad antioxidante de los extractos (DPPH)

La actividad antioxidante de los extractos se mide mediante la técnica de oxidación del 2,2-Difenil-1-Picrilhidracilo (DPPH) convencional descrita por Rivero-Perez *et al.* [33] y Bobo [10] para cubetas, donde los extractos obtenidos se miden en un espectrofotómetro Thermo Scientific Multiskan GO spectrophotometer (ThermoFisher Scientific). Los resultados se expresan en μmol equivalentes de Trolox ácido 6-hydroxy-2, 5, 7, 8-tetramethylchroman-2-carboxylic).)

2.2.4. Enzima Polifenol Oxidasa (PPO)

2.2.4.1. Extracción PPO

El método es el propuesto por [34]–[37] con la modificaciones introducidas por Bobo [10]. El filtrado obtenido es extracto crudo de PPO y, antes de almacenarlo, se realiza un barrido de N_2 para eliminar el O_2 y evitar oxidaciones. Si se va a utilizar en otro momento, se almacena en ultracongelador a -76 °C .

2.2.4.2. Determinación de actividad de PPO

El método de medición de la actividad de la enzima es el desarrollado por Solvia-Fortuny *et al.* [37] y Rojas-Graü *et al.* [34] mediante espectrofotómetro de cubetas.

2.2.4.3. *Determinación de la capacidad de los extractos para inhibir la PPO*

Para realizar la medición de la capacidad inhibitoria de los extractos realizados anteriormente se utiliza el método propuesto por Masuda *et al.* [38] y modificado por Bobo [10]. Dicho método mide el pardeamiento producido por la enzima en presencia y ausencia de los extractos realizados y del sustrato. Se realiza en un lector multiplacas Scientific Multiskan Go (ThermoFisher Scientific, Waltham, Massachusetts, EE.UU).

2.2.5. Estudio del tratamiento de patata cv. *Monalisa* en planta piloto

2.2.5.1. *Tratamiento de las patatas mediante los extractos obtenidos*

El procesado de las patatas se realiza siguiendo el procedimiento marcado Bobo (2014): sumergiendo la patata en agua con NaClO durante 5 min y se aclara durante 3 min. La proporción de las soluciones para el baño ha sido de 1:3 (m/v) y el baño ha sido realizado durante 7 min a una temperatura de baño de 4 °C. Los baños se deciden a partir de las pruebas preliminares (Folin, DPPH e inhibición de la PPO). Se suma un baño con metabisulfito y ácido cítrico (0,1% y 0,5%) por sus buenos resultados en el trabajo de Bobo [10].

Tras los tratamientos, las patatas se embolsan en paquetes de $100 \pm 0,01$ g en bolsas de LDPE de 0,80 μ m de espesor (22×16,5 cm) con un vacío del 60%, a 4 °C y durante 21 días. Se realizan dos paquetes de cada solución para cada día de medidas.

2.2.5.2. *Evaluación de la calidad de las patatas: pH, color y textura*

La evaluación de la calidad de las patatas se realiza los días 0, 7, 14 y 21,

Color

Se escogen tres patatas de cada bolsa al azar para realizar tres disparos aleatorios en cada loncha. La medida del color se realiza mediante un espectrofotómetro Minolta CM-2500d (Conica Minolta Sensing Inc.). Se miden las coordenadas CIELab utilizando como sistema de referencia el iluminante 65/ observador 10 °.

Textura

Se extraen discos de 27 mm de diámetro mediante un sacabocados de la parte central de las lonchas de patata. Se realiza una medida de textura mediante un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd.). Se realizan 8 determinaciones por cada tratamiento de patata, siempre cuando el tubérculo ya se encuentra a temperatura ambiente. Se calculan los parámetros de fuerza máxima de corte (F_{max} , en N) y de distancia de la superficie a la que se obtiene dicha fuerza (DF_{max} , en mm), con una velocidad de 10 mm/s antes de tocar la patata y de 2 mm/s tras empezar el corte con una célula de carga de 25 kg y usando el accesorio cuchilla Warner Bratzler. La vuelta del accesorio se vuelve a realizar a 10 mm/s.

pH

La última operación de caracterización de la calidad (por ser la más destructiva) es la medida del pH de la patata mediante un medidor de pH (pH meter Basic 20, Crison, Barcelona, España) con accesorio de penetración y compensación de temperatura y mediante el método oficial 981,12 de la AOAC (2000). Se hacen puré 100 g de patata aproximadamente y se realizan 3 medidas para cada bolsa.

2.2.5.3. Apreciaciones sensoriales

Se realizan una serie de apreciaciones de aspecto, textura al tacto u olor de las patatas desembolsadas cada día como complemento a las medidas de evaluación de la calidad.

2.3. Análisis estadístico

El contenido en fenoles totales, la actividad antioxidante de los extractos y los parámetros fisicoquímicos de las patatas procesadas se comparan mediante el análisis de la varianza. El análisis de la regresión lineal múltiple se realiza para estudiar el efecto del tipo de extracto, su concentración y la temperatura de extracción sobre la capacidad de inhibición. Se estudia la relación entre la cantidad de fenoles, la actividad antioxidante y la capacidad de inhibición

mediante un análisis de correlaciones de Pearson. El estudio se realiza mediante el programa IBM SPSS Statistics en su versión 22.

3. Resultados y discusión

3.1. Estudio de los extractos

3.1.1. Contenido total de fenoles

En la tabla 4 se muestran los resultados del contenido total de fenoles obtenidos para los diferentes extractos a diferentes temperaturas extraídos.

En el caso de la **canela** se puede observar que la temperatura de extracción tiene un efecto significativo sobre la cantidad total de fenoles que se extraen, siendo a temperatura ambiente el método de menor eficacia con 0,96 mg GAE/g de muestra ($192 \pm 52 \mu\text{g GAE/ml}$). A medida que aumenta la temperatura de 40 °C a 90 °C los resultados obtenidos mejoran pasando de $2,54 \pm 0,22 \text{ mg GAE/g}$ a $6,99 \pm 0,79 \text{ mg GAE/g}$ respectivamente.

Comparando estos resultados con los obtenidos por otros autores que llevaron a cabo extracciones a temperatura ambiente y utilizando tiempo y proporción masa/volumen iguales que en este caso, vemos que Rakshit y Ramalingam [16] consiguen valores por debajo del rango obtenido ($7,68 \pm 0,05/52,375 \pm 0,025 \text{ mg GAE/g}$) mientras que los estudiados por Klejdus y Kováčik [17] se encuentran muy por encima de los conseguidos (10-35 mg GAE/g). Esta gran variabilidad en los datos puede deberse a la utilización de cultivares de canela diferentes. Esto último se encuentra avalado por los propios Klejdus y Kováčik [17] que utilizaron dos cultivares diferentes y observaron que en el caso del *cv. zeylanicum* el contenido total de fenoles se encontraba entorno a los 10 mg GAE/g mientras que en el *cv. cossia* aumentaba hasta los 35 mg GAE/g.

Comparando los resultados con los obtenidos por aquellos autores que utilizan solventes orgánicos para la extracción [12], [18], se aprecia que en muchos casos se pueden obtener

extractos con contenidos fenólicos superiores, sin embargo su utilización en el campo alimentario puede quedar limitada por los residuos de solventes que puedan quedar en el extracto.

En el caso del **maíz**, en la tabla 4 se observa que la cantidad total de fenoles extraídos del grano entero aumenta con la temperatura, variando desde $0,51 \pm 0,11$ mg GAE/ g de muestra en el caso de la extracción a 40°C, hasta $1,24 \pm 0,16$ mg GAE/ g de muestra, para la temperatura de 90°C.

En este caso, los resultados obtenidos se encuentran en el rango de los encontrados por Mex-Álvarez *et al.* [22], Buranov y Mazz [20] y Deng *et al.* [24] ($0,039$, $1,15 - 1,75$ y $1,97 \pm 0,07$ mg GAE/ g respectivamente). Existen otros autores que consiguen resultados mayores [21], [23] nuevamente con solventes orgánicos no utilizados en este caso.

En extracto seco, el **perejil seco** siempre aporta resultados mayores que el perejil fresco, sea cual sea la temperatura de extracción. La cantidad total de fenoles crece entre las temperaturas ambiente y 40 °C ($5,68 \pm 0,63$ y $8,14 \pm 0,30$ mg GAE/g) en el perejil seco, y disminuye cuando la extracción se produce a 90 °C ($6,78 \pm 0,49$ mg GAE/g). Sucede lo mismo con las temperaturas media y alta para el perejil fresco ($4,43 \pm 0,41$ y $3,70 \pm 0,74$ mg GAE/g respectivamente). Esto denota la falta de termorresistencia de los polifenoles del perejil.

Los resultados obtenidos con el perejil fresco resultan bajos respecto a los estudiados de Luthria *et al.* [30] ($18,2$ y $22,9$ mg GAE/g). Mientras que si se compara el caso del perejil seco con los resultados de otros autores vemos que, los estudios realizados arrojan grandes diferencias en la cantidad total de fenoles de esta especia, dependiendo de su forma de secado y de extracción. Los resultados de la extracción a temperatura ambiente ($5,68 \pm 0,63$ mg GAE/g) se encuentran en el rango de los obtenidos por otros autores que utilizan el mismo método, como Kuzuma *et al.* [32] ($4,567 - 4,74$ mg GAE/g) y otros que extraen a temperatura ambiente pero con otros

solventes o métodos de secado como Kamel [28] (2,04-10,31 mg GAE/g), y Priccina y Karlina [29] (18,12 mg GAE/g).

Tabla 4. Cantidad total de fenoles (mg GAE/g muestra) de los extractos a diferentes temperaturas. Por filas, diferentes letras demuestran diferencias significativas en el contenido total de fenoles entre extracciones a diferentes temperaturas.

Tª	CANELA (mg GAE/g muestra)	MAÍZ (mg GAE/g muestra)	PEREJIL SECO (mg GAE/g muestra)	PEREJIL FRESCO (mg GAE/g muestra)
AMBIENTE	0,96 ± 0,26 ^a	----	5,68 ± 0,63 ^a	----
40 °C	2,54 ± 0,22 ^b	0,31 ± 0,07 ^a	8,14 ± 0,30 ^c	4,43 ± 0,41 ^b
90 °C	6,99 ± 0,79 ^c	0,77 ± 0,10 ^b	6,78 ± 0,49 ^b	3,70 ± 0,74 ^a

En las pruebas, del té verde se ha obtenido 30,19 ± 0,39 mg GAE/g y del ajo 1,03 ± 0,16 mg GAE/g. El té verde es significativamente mayor al resto de los extractos en el contenido total de fenoles. El ajo, sin embargo, solo se encuentra por encima de los extractos de maíz.

3.1.2. Capacidad antioxidante (DPPH)

Como se puede observar en la tabla 5, entre los extractos estudiados, la canela y el perejil seco son los que mayor poder antioxidante presentan con valores de 25,08 µmol TE/g y 21,71 µmol TE/g respectivamente frente a los obtenidos por el maíz (1,51 µmol TE/g) y el perejil que dependiendo de la temperatura de extracción puede variar desde 3,79 µmol TE/g hasta 21,10 µmol TE/g.

Se puede observar que, en el caso del extracto de **canela**, su poder antioxidante se ve influenciado por la temperatura de extracción. En este caso, la relación con la temperatura no es una relación lineal ya que toma sus mayores valores a temperatura ambiente (25,08 ± 0,05 µmol TE/g) y a 90 °C (24,91 ± 0,01 µmol TE/g), disminuyendo su valor si la extracción se realiza a 40°C (22,30 ± 1,31 µmol TE/g). En el **maíz** no se observa ningún efecto de la temperatura de extracción sobre la capacidad antioxidante del extracto, siendo esta de 1,26 ± 0,95 µmol TE/g a 40 °C y de 1,51 ± 1,67 µmol TE/g a 90 °C. En el **perejil seco** la temperatura de extracción tiene un efecto negativo sobre la capacidad antioxidante, siendo mayor a temperatura ambiente (21,71 ± 0,33 µmol TE/g) y decreciendo a 40 °C (17,37 ± 0,84 µmol TE/g) y 90 °C (16,64 ± 0,85

$\mu\text{mol TE/g}$), no existiendo diferencias significativas entre ambas. El perejil fresco muestra un considerable aumento con la temperatura siendo $3,79 \pm 1,96 \mu\text{mol TE/g}$ a 40°C y de $21,10 \pm 23,59 \mu\text{mol TE/g}$ a 90°C . La máxima temperatura de extracción consigue valores cercanos a los conseguidos por el perejil seco a temperatura ambiente.

Comparando los resultados con los obtenidos por otros autores se aprecia que, en el caso de la canela, todas las muestras aportan resultados bajos en comparación con lo estudiado por otros autores como Su *et al.* [15] y Lv *et al.*[12] ($324,6 \pm 23$ y $1256 \pm 37,9/1069 \pm 5,47 \mu\text{mol TE/ g}$ respectivamente.) Esto puede ser debido al cultivar utilizado que, en este caso, no viene especificado en la materia prima de partida.

La actividad antioxidante del **maíz** es similar a la obtenida por Deng *et al.* [24] para grano entero ($1,83 \pm 0,07 \mu\text{mol TE/g}$). Se encuentra muy por debajo de la obtenida por Mex-Álvarez *et al.* [22] ($18,27 \pm 0,90/24,29 \pm 4,06 \mu\text{mol TE/g}$) mediante disolventes orgánicos, pero como ya se ha comentado con anterioridad, el uso estos métodos de extracción pueden estar limitados dentro de la industria alimentaria.

Los resultados del perejil, tanto fresco como seco, se encuentran en el rango de otros trabajos como los de Kamel [28], Pricina y Karlina [29] y Al-Juhaimi y Ghafoor [31] ($24,78$, $11,98$ y $25 \mu\text{mol TE/g}$ respectivamente).

Sin embargo, atendiendo al trabajo realizado por Kuzma *et al.*[32] , parece existir una relación entre la concentración del extracto de perejil seco y su capacidad antioxidante. Si bien en este trabajo se mide la actividad antioxidante con una concentración de $0,05 \text{ g/ml}$, el resultado de oxidación del DPPH del $47,5\%$. Kuzma lo hizo con $0,1\text{g/ml}$, aumentando sus resultados hasta un $79,44\%$ de oxidación.

Tabla 5. Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol TE/g}$ material) de las muestras a diferentes temperaturas

Tª	CANELA	MAÍZ	P SECO	P FRESCO
AMBIENTE	25,08 \pm 0,05 ^b	----	21,71 \pm 0,33 ^b	----
40 °C	22,30 \pm 1,31 ^a	1,26 \pm 0,95 ^a	17,37 \pm 0,84 ^a	3,79 \pm 1,96 ^a
90 °C	24,91 \pm 0,01 ^b	1,51 \pm 1,67 ^a	16,64 \pm 0,85 ^a	21,10 \pm 23,59 ^b

Respecto al té verde ($22,37 \pm 0,44 \mu\text{mol TE/g}$), perejil fresco, seco y canela tienen un poder antioxidante significativamente igual que el de esta especia control, lo que denota su poder antioxidante. El ajo, como remarca Bobo [10], no obtiene buenos resultados en el DPPH, lo mismo ocurre en este caso, con valores de $2,85 \pm 0,17 \mu\text{mol TE/g}$.

3.2. Polifenol oxidasa (PPO)

3.2.1. Actividad de la polifenol oxidasa (PPO)

En el estudio de la actividad de la enzima polifenol oxidasa (gráfico 1) pese a que a simple vista parece que existen ciertas tendencias entre los lotes, no se observan diferencias significativas en la actividad con el paso del tiempo en ultrcongelación. La mayor de las actividades se da el día 21 ($1446,46 \text{ U}\cdot\text{A}/\text{min}\cdot\text{ml}$) y la menor el día 0 ($939,45 \text{ U}\cdot\text{A}/\text{min}\cdot\text{ml}$).

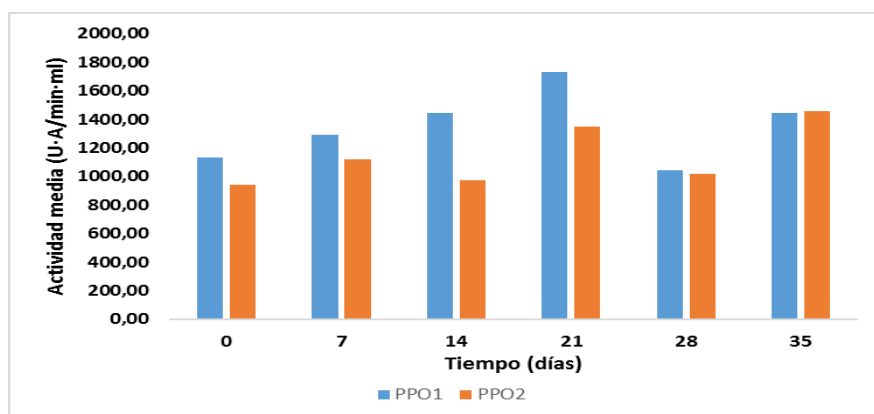


Gráfico 1. Evolución de la actividad de la enzima polifenol oxidasa con el paso del tiempo en ultrcongelación en $\text{U}\cdot\text{A}/\text{min}\cdot\text{ml}$

3.2.2. Inhibición de la PPO

Tras el estudio del contenido total de fenoles y del poder antioxidante de los extractos, se realiza un estudio de su poder de inhibición de la enzima causante del pardeamiento enzimático, la polifenol oxidasa (PPO).

En el gráfico 2 se puede observar que, en el caso de **la canela**, con un 5% de concentración, no se aprecian diferencias significativas entre las distintas temperaturas de extracción que van desde un $3,79 \pm 2,74\%$ para el caso de la extracción a temperatura ambiente, a un $8,63 \pm 9,67\%$ cuando se ha extraído a 40°C y a un $3,86 \pm 4,10\%$ cuando la extracción se realiza a 90°C . Sin embargo, tanto a la concentración del 50% como al 80% el porcentaje de inhibición siempre es significativamente mayor a 90°C , pasando en el caso del 50% desde el $21,90 \pm 12,67\%$ a temperatura ambiente hasta el $45,33 \pm 14,47\%$ en la extracción llevada a cabo a 90°C . En el caso de una concentración del 80% se puede ver cómo a temperatura ambiente se obtiene un $28,00 \pm 18,10\%$ de inhibición a temperatura ambiente aumentando esta hasta un $66,39 \pm 8,76\%$ con la extracción a 90°C .

Si bien la capacidad de inhibición del extracto de **maíz** obtenido a 90°C crece con la concentración siendo su valor más alto $90,76 \pm 5,65\%$, cuando se trabaja con el extracto a 40°C no se aprecia un incremento del porcentaje de inhibición al incrementar su concentración del 50 al 80% ($59,84 \pm 34,81$ y $43,19 \pm 11,68\%$ respectivamente) ya que sus valores no muestran diferencias significativas, siendo éstos similares a los obtenidos con una concentración del 50% en el extracto a 90°C ($54,94 \pm 11,69\%$).

Con el extracto de perejil seco siempre se observa la misma tendencia en la inhibición y es que aumenta, de temperatura ambiente a 40°C , a concentración al 5% ($4,12 \pm 3,18$, $14,68 \pm 5,14\%$ respectivamente), al 50% ($53,04 \pm 24,55$; $76,96 \pm 14,64\%$ respectivamente) y al 80% ($62,81 \pm 10,30$; $76,86 \pm 8,99\%$ respectivamente) y se produce una disminución de la capacidad de inhibición a 90°C ($9,77 \pm 7,50$; $12,99 \pm 11,73$ y $37,34 \pm 9,37\%$ en orden de concentración

creciente) que produce tres grupos diferentes en las concentraciones más altas y separa la extracción a temperatura ambiente de las otras dos en el caso del 5% de concentración.

El perejil fresco sufre una leve disminución del poder inhibitorio al 5% de 40 °C a 90 °C de extracción ($10,46 \pm 10,15\%$; $7,36 \pm 8,38\%$) y al 50% ($25,71 \pm 13,26\%$; $15,61 \pm 10,50\%$) aunque sin diferencias significativas entre ellos. En cambio, con al 80% de concentración, se produce una inhibición significativamente mayor a 90 °C ($60,82 \pm 16,92\%$) que a 40 °C ($34,50 \pm 16,00\%$). Estas inhibiciones crecen con la concentración, resultando en diferencias significativas para la extracción a 40 °C entre el 5% y las concentraciones más altas y a 90 °C entre el 80% y las más bajas.

Solo el perejil seco extraído a 40 °C y al 50% y el maíz a 90 ° y 80% de concentración superan estadísticamente al té verde y al ajo ($60,26 \pm 4,92\%$ y $50,10 \pm 9,31\%$ respectivamente) en su poder de inhibición, por lo que se consideran extractos adecuados para el tratamiento de las patatas. Estos valores de inhibición difieren de los obtenidos por Bobo [10] y Escorza [39] pudiendo deberse al año de cultivo (clima, tierra, abonos) o a los cultivares, entre otros.

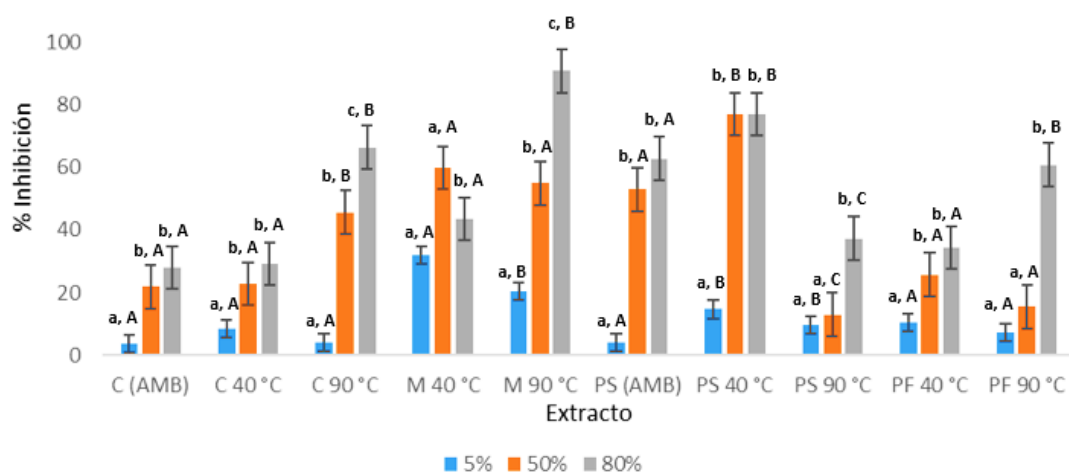


Gráfico 2. Inhibición de los extractos realizados a diferentes temperaturas y concentraciones. En el gráfico, letras minúsculas diferentes señalan diferencias significativas en función de la concentración de extracto para una misma temperatura. Letras mayúsculas diferentes señalan diferencias significativas debidas a la temperatura para una misma concentración. Realizado mediante el % de inhibición de la PPO y mediante el error típico del mismo.

Como ya queda establecido por Bobo [10], el poder de inhibición de los extractos no está relacionado con su poder antioxidante. En cambio, existen correlaciones significativas en los extractos entre la inhibición y el contenido total de fenoles, para todos menos para la canela. Todos los demás extractos muestran relación con el TPC, con el que crece la inhibición de forma positiva salvo para el perejil fresco, cuyo poder inhibitorio de la PPO decrece con el aumento del contenido total de fenoles.

Además, es necesario el estudio de posibles relaciones entre extracto, su porcentaje y temperatura con la inhibición. En la ecuación 1 se muestra de qué manera afectan estos dos parámetros a la inhibición de la enzima una vez confirmadas sus interacciones.

$$\% \text{Inhibición} = 0.539 + (\text{Extracto} \times 1.583) + (\% \text{ Extracto} \times 0.556) + (T^{\text{a}} \times 0.041) \quad (1)$$

3.3. Estudio del tratamiento de patata cv. Monalisa en planta piloto

3.3.1. Color, coordenadas CIELab

En el gráfico 3 (a, b) se puede observar cómo, alguno de los baños de extracto colorea las patatas tratadas de tal forma que se aprecian diferencias significativas en los valores. El más destacado es el ajo, cuya diferencia se observa a simple vista tanto el día 0 como el 7,

El último día de almacenamiento (gráfico 3, d) se observa una disminución clara del parámetro L en todas las patatas, situándose el té verde, el perejil seco y el maíz como las tres soluciones de mejores resultados.

La coordenada a* corresponde a los tonos rojos en positivo y a los verdes en negativo. Queda constancia de que algunos de los extractos dejan color, como el té verde, que se diferencia del resto por unos valores iniciales altos. Al contrario, el metabisulfito y el salvado en menor medida, blanquean las rodajas de patata, aportando valores iniciales significativamente menores a los del resto en esta coordenada. El resto de extractos no varía significativamente respecto del control en esta coordenada el día 0, Se puede observar una evolución lineal en el caso del té

verde y la patata control y un aumento significativo de los valores de a^* para el resto de las muestras, lo que significa cierto aumento del pardeamiento enzimático.

En cuanto a la coordenada b^* en la que tonos amarillos son valores positivos (gráfico 4), se diferencia la patata tratada por extracto de ajo por sus mayores valores en esta coordenada y la patata control por tener valores menores. Tras esto, se igualan los valores con el paso del tiempo hasta el día 14 y el 21, en los que el ajo vuelve a superar significativamente al resto.

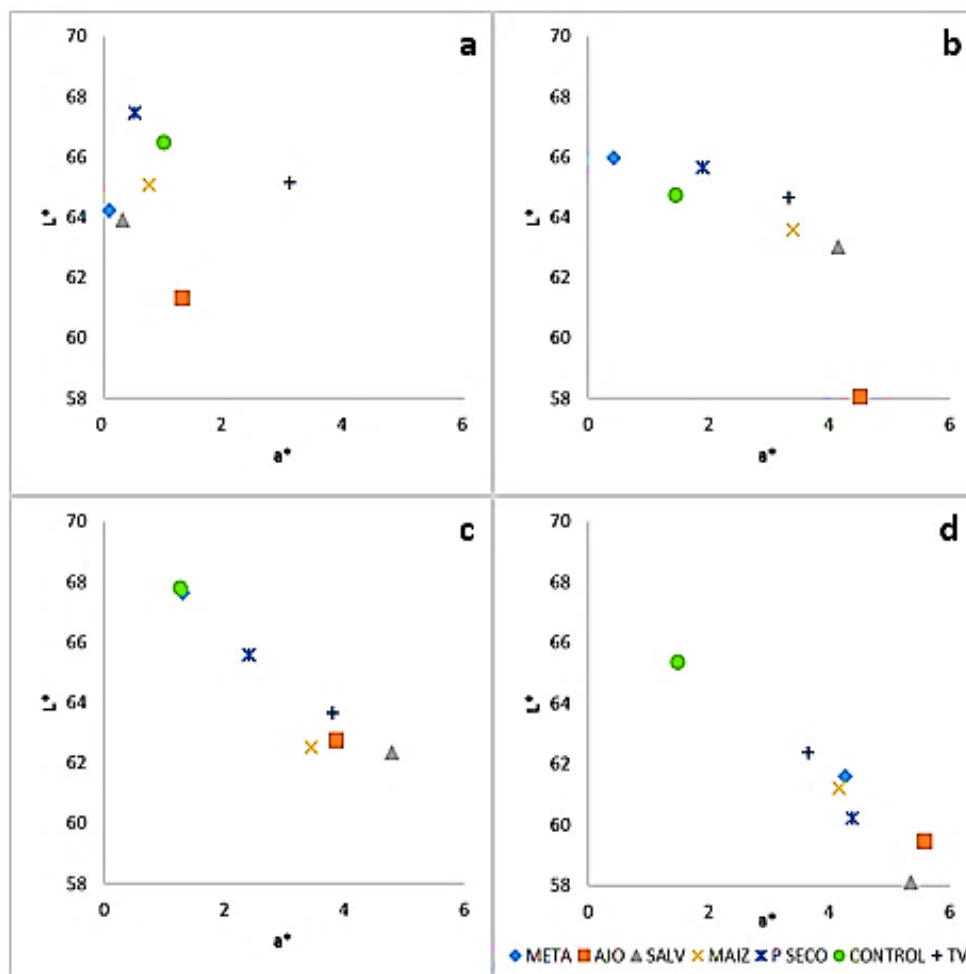


Gráfico 3. Representación de la coordenada L (brillo) respecto a la coordenada a^* (tonos rojos) durante la evolución de las patatas mínimamente procesadas durante los 21 días de almacenamiento. (a) Día 0; (b) Día 7; (c) Día 14; (d) Día 21

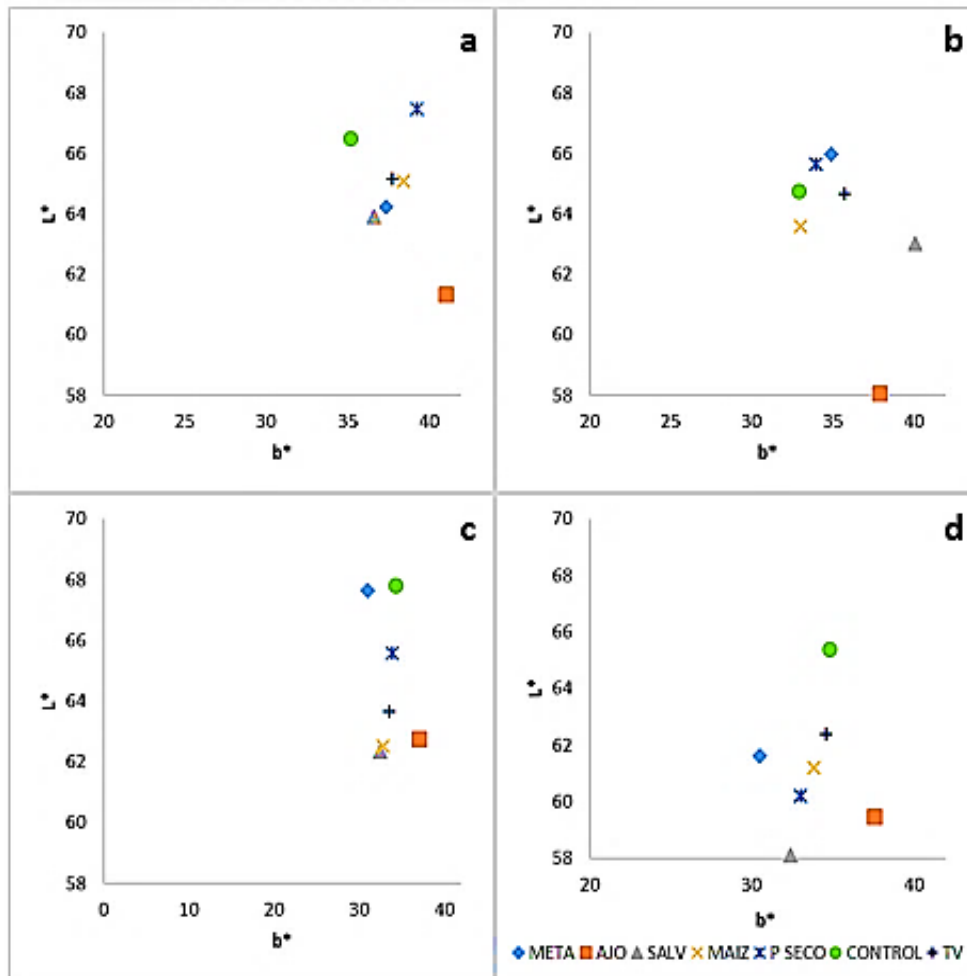


Gráfico 4. Representación de la coordenada L (brillo) respecto a la coordenada a^* (tonos amarillos) durante la evolución de las patatas mínimamente procesadas durante los 21 días de almacenamiento. (a) Día 0; (b) Día 7; (c) Día 14; (d) Día 21

3.3.2. Estudio de la evolución del pH

Se puede observar, en el gráfico 5, que el baño en metabisulfito provoca una disminución del pH de las muestras significativamente superior a la del resto. Por el contrario, el ajo consigue unos valores de pH significativamente más altos que el resto de las muestras. A lo largo de los días el pH de todas las muestras se termina igualando, formando un solo grupo sin diferencias significativas.

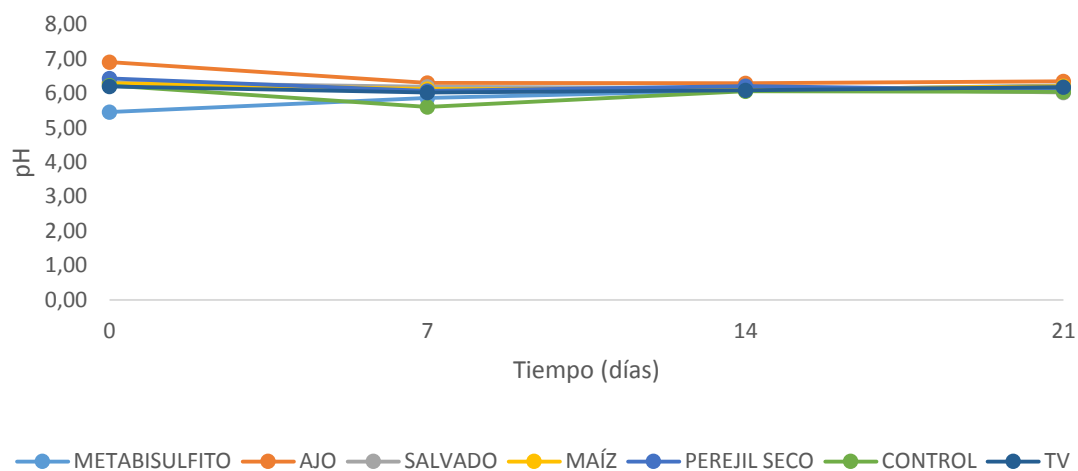


Gráfico 5. Evolución del pH de las patatas tratadas a lo largo de los 21 días de almacenamiento

3.3.3. Evolución de la textura de las PMP

En el estudio de la resistencia al corte de las patatas (gráfico 6) se observa que los tratamientos aportan diferentes durezas a las láminas de patata, siendo el ajo significativamente inferior al resto ($40,65 \pm 2,68$ N) y el té verde significativamente superior ($47,11 \pm 3,62$). El resto de las muestras se sitúan en un solo grupo intermedio a estos dos. La única muestra que mantiene su dureza el día 7 es el metabisulfito, sin mostrar cambios significativos. Todas las demás sufren un aumento de la dureza y de la fuerza necesaria para cortar las lonchas de patata. Las patatas no muestran diferencias significativas instrumentales entre los diferentes extractos el último día.

En el caso del metabisulfito, el ajo y el té verde, no existen diferencias significativas durante el paso del tiempo en cuanto a textura. Las patatas tratadas con maíz y las patatas sin tratar sufren un aumento significativo de la dureza el día 7 y luego no muestran diferencias significativas con el paso del tiempo. El salvado solo muestra un aumento a tener en cuenta el último día respecto al día 14 y el perejil aumenta en dureza, los días 7 y 21,

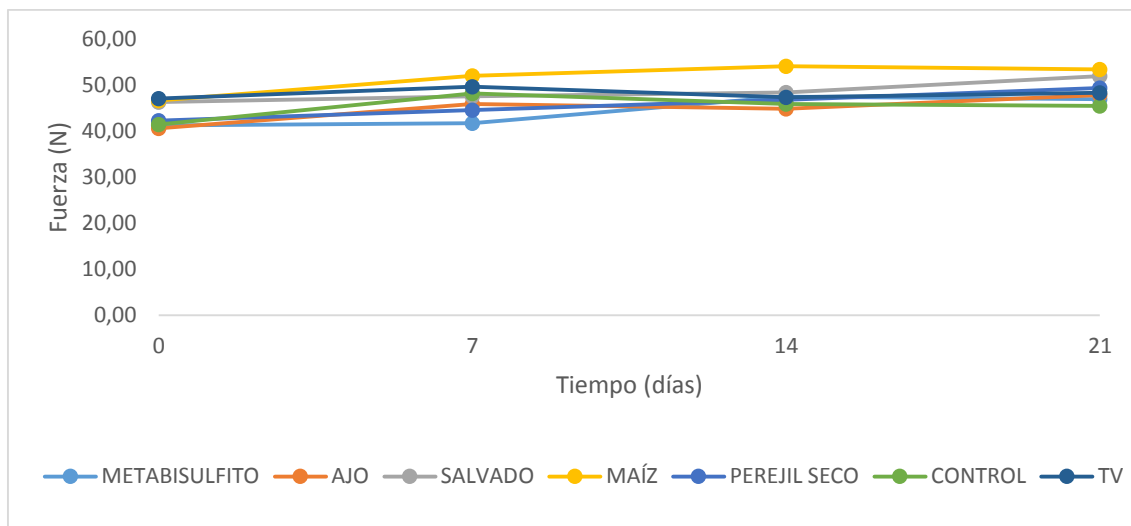


Gráfico 6. Evolución de la fuerza de corte de las rodajas de patata tratadas durante los 21 días de almacenamiento

3.3.4. Apreciaciones sensoriales

Además de los análisis instrumentales es necesario realizar una serie de apreciaciones sensoriales para poder realizar las conclusiones finales. Como se puede apreciar en la ilustración 1, a simple vista no se aprecian diferencias entre las patatas tratadas el día hasta el día 7, Sí que se aprecian diferencias en los aromas al abrir las bolsas de almacenamiento apareciendo olores al baño en ajo y metabisulfito y mentolados extraños en maíz y salvado. El día 14 ya se empieza a apreciar pardeamiento abundante en ajo y manchas en las tratadas con metabisulfito, así como sequedad en todas.

El último día, las patatas tratadas con metabisulfito muestran los peores resultados, con colonias de mohos verdes y blancos. El tratamiento con ajo es el peor tras el metabisulfito, con patatas muy pardeadas de manera homogénea además de un olor extraño muy marcado. La patata control muestra sequedad y pardeamiento de manera heterogénea. El mejor resultado sensorial lo aportan el té verde, el maíz y el perejil seco. Son oscuros, pero desde el inicio del tratamiento, lo que puede ocultar algo de pardeamiento.

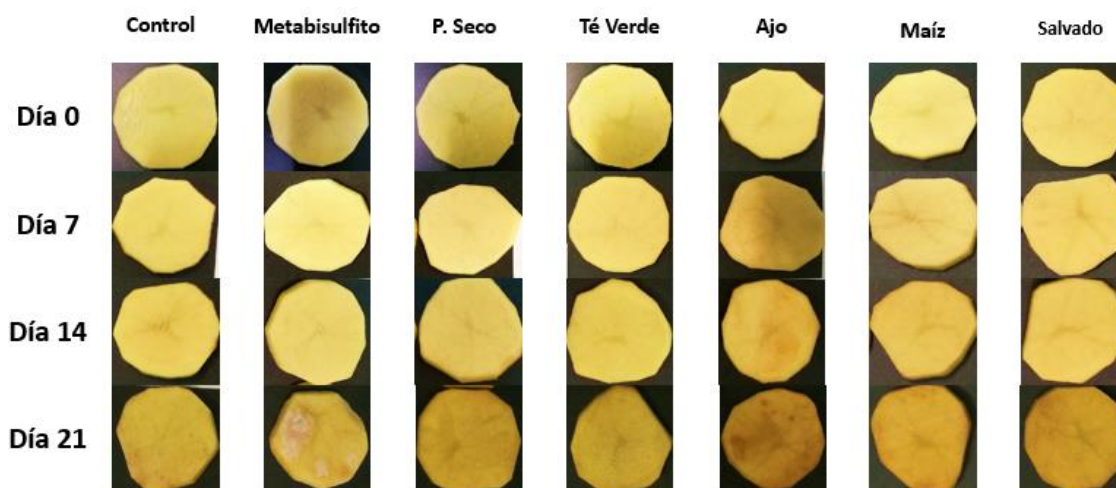


Ilustración 1. Evolución de las patatas tratadas durante su almacenamiento 21 días

4. Conclusiones

De los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que:

1. A excepción del extracto de canela, tanto el maíz como el perejil presentan una relación directa entre el contenido de fenoles y el poder de inhibición de la PPO
2. En el caso del perejil fresco, un aumento de la TPC provoca una disminución del poder de inhibitorio del extracto. El poder antioxidante de los extractos de perejil fresco no tiene relación alguna con su poder de inhibición.
3. De los vegetales estudiados como potenciales inhibidores de la enzima de la patata, polifenol oxidasa (PPO), los más efectivos han resultado el extracto de maíz extraído a 90 °C y a un 80% de concentración con un $90,76 \pm 5,65\%$ de inhibición, seguido del perejil seco extraído a 40 ° y 50% de concentración ($76,96 \pm 14,64\%$). Además, canela y perejil fresco sobrepasaron el 60% de inhibición con sus respectivas extracciones a 90 °C y 80% de concentración, sobrepasando en todos los casos al té verde y el ajo utilizados como referencias ($60,26 \pm 4,92\%$ y $50,10 \pm 9,31\%$ de inhibición respectivamente). Por esto, los extractos de perejil seco y maíz fueron seleccionados para el tratamiento de las PMP.
4. A todas las temperaturas y extractos, la inhibición siempre crece con la concentración, no siendo significativo en muchos casos. Con la canela, el incremento de temperatura

no muestra diferencias hasta que no se realiza para concentraciones elevadas de extracto. En el caso del perejil, tanto seco como fresco, siempre se observa un decrecimiento de la capacidad de inhibición con la mayor de las temperaturas, lo que puede deberse a que los compuestos responsables no resisten temperaturas elevadas. En el caso del maíz, el comportamiento es igual que para perejil salvo para la concentración más elevada.

5. Se ha encontrado la siguiente correlación del porcentaje de la inhibición con respecto al extracto, la concentración del extracto y la temperatura de extracción:

$$\% \text{ Inhibición} = 0.539 + (\text{Extracto} \times 1.583) + (\% \text{ Extracto} \times 0.556) + (T^{\text{a}} \times 0.041)$$

6. Extractos como el té verde, el perejil seco o el maíz, aportan cierta estabilidad a la evolución de las patatas con el tiempo, retrasando la aparición de manchas de pardeamiento en las lonchas tratadas. Sería conveniente el estudio de la mezcla de estos extractos entre ellos o con métodos de reducción del pH como el ácido cítrico, para el tratamiento de patatas mínimamente procesadas. Además, sería conveniente optimizar las temperaturas y concentraciones de cada uno de los extractos para conseguir mejores resultados en los tratamientos aplicados a los tubérculos. Una caracterización de estos extractos sería beneficiosa para establecer cuáles son los compuestos responsables de su poder antipardeante.

5. Bibliografía

- [1] MAPAMA, *Informe del consumo de alimentación en España 2016*. Gobierno de España, 2017.
- [2] Mercasa, *Alimentación en España 2016. Producción, Industria, Distribucción y Consumo*, 19th ed. Madrid, España, 2016.
- [3] F. J. Vazquez-Armenta, J. F. Ayala-Zavala, G. I. Olivas, F. J. Molina-Corral, and B. a. Silva-Espinoza, "Antibrowning and antimicrobial effects of onion essential oil to preserve the quality of cut potatoes," *Acta Aliment.*, vol. 43, no. 4, pp. 640–649, 2014.
- [4] P. M. A. Toivonen and D. A. Brummell, "Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables," *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 48, no. 1, pp. 1–14, 2008.
- [5] Z. Hou, Y. Feng, S. Wei, and Q. Wang, "Effects of Curing Treatment on the Browning of Fresh-cut Potatoes," *Am. J. Potato Res.*, vol. 91, no. 6, pp. 655–662, 2014.
- [6] P. Tsouvaltzis and J. K. Brecht, "Inhibition of Enzymatic Browning of Fresh-Cut Potato by Immersion in Citric Acid is Not Solely Due to pH Reduction of the Solution," *J. Food Process. Preserv.*, 2016.
- [7] AECOSAN, *reevaluación de los aditivos del grupo anhídrido sulfuroso y sulfitos por la autoridad europea de seguridad alimentaria (EFSA)*. 2016, pp. 2–7.
- [8] M. Matín, "Tendencias en el mercado," 2013.
- [9] M. E. Embuscado, "Spices and herbs: Natural sources of antioxidants - A mini review," *J. Funct. Foods*, vol. 18, pp. 811–819, 2015.
- [10] G. Bobo, "Estudio de estrategias para la conservación de patatas (cv. Monalisa) mínimamente procesadas," Universidad Pública de Navarra, 2014.
- [11] V. Jakhetia *et al.*, "Cinnamon: a pharmacological review," *J. Adv. Sci. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 19–23, 2012.
- [12] J. Lv *et al.*, "Phenolic composition and nutraceutical properties of organic and conventional cinnamon and peppermint," *Food Chem.*, vol. 132, no. 3, pp. 1442–1450, 2012.
- [13] S. Mathew and T. E. Abraham, "In vitro antioxidant activity and scavenging effects of Cinnamomum verum leaf extract assayed by different methodologies," *Food Chem. Toxicol.*, vol. 44, no. 2, pp. 198–206, 2006.
- [14] A. Vallverdú-Queralt, J. Regueiro, M. Martínez-Huélamo, J. F. Rinaldi Alvarenga, L. N. Leal, and R. M. Lamuela-Raventos, "A comprehensive study on the phenolic profile of widely used culinary herbs and spices: Rosemary, thyme, oregano, cinnamon, cumin and bay," *Food Chem.*, vol. 154, pp. 299–307, 2014.
- [15] L. Su, J. J. Yin, D. Charles, K. Zhou, J. Moore, and L. (Lucy) Yu, "Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf," *Food Chem.*, vol. 100, no. 3, pp. 990–997, 2007.
- [16] M. Rakshit and C. Ramalingam, "in-Vitro Antibacterial and Antioxidant Activity of Cinnamomum Verum (Cinnamon) Aqueous Bark Extract in Reference To Its Total Phenol

- Content As Natural Preservative To Food," *Int. J. Biol. Biotechnol.*, vol. 8, no. 4, pp. 529–537, 2011.
- [17] B. Klejdus and J. Kováčik, "Quantification of phenols in cinnamon: A special focus on 'total phenols' and phenolic acids including DESI-Orbitrap MS detection," *Ind. Crops Prod.*, vol. 83, pp. 774–780, 2016.
- [18] P. Khuwijitjaru, N. Sayputikasikorn, S. Samuhasaneetoo, P. Penroj, P. Siriwongwilaichat, and S. Adachi, "Subcritical water extraction of flavoring and phenolic compounds from cinnamon bark (*Cinnamomum zeylanicum*)," *J. Oleo Sci.*, vol. 61, no. 6, pp. 349–55, 2012.
- [19] H. Boz, "p-Coumaric acid in cereals: Presence, antioxidant and antimicrobial effects," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 50, no. 11, pp. 2323–2328, 2015.
- [20] A. U. Buranov and G. Mazza, "Extraction and purification of ferulic acid from flax shives, wheat and corn bran by alkaline hydrolysis and pressurised solvents," *Food Chem.*, vol. 115, no. 4, pp. 1542–1548, 2009.
- [21] G. E. Inglett and D. Chen, "Antioxidant activity and phenolic content of air-classified corn bran," *Cereal Chem.*, vol. 88, no. 1, pp. 36–40, 2011.
- [22] R. Mex-Álvarez, N. Bolívar-Fernández, P. Garma-Quen, J. Tut-Heredia, and K. Romero-Guillén, "Actividad antioxidante de cinco variedades de maíz cultivadas en Campeche, México," *Bol. Latinoam. y del Caribe Plantas Med. y Aromat.*, vol. 12, no. 6, pp. 558–571, 2013.
- [23] M. L. Cabrera-Soto, Y. Salinas-Moreno, G. A. Velázquez-Cardelas, and E. E. Trujillo, "Contenido de fenoles solubles e insolubles en las estructuras del grano de maíz y su relación con propiedades físicas," *Agrociencia*, vol. 43, no. 8, pp. 827–839, 2009.
- [24] G. F. Deng *et al.*, "Determination of antioxidant property and their lipophilic and hydrophilic phenolic contents in cereal grains," *J. Funct. Foods*, vol. 4, no. 4, pp. 906–914, 2012.
- [25] D. Luthria, S. Mukhopadhyay, and A. L. Kwansa, "A systematic approach for extraction of phenolic compounds using parsley (*Petroselinum crispum*) flakes as a model substrate," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 86, no. 2, pp. 1350–1358, 2006.
- [26] H. Sbai, I. Saad, N. Ghezal, M. Della Greca, and R. Haouala, "Bioactive compounds isolated from *Petroselinum crispum* L. leaves using bioguided fractionation," *Ind. Crops Prod.*, vol. 89, pp. 207–214, 2016.
- [27] I. Marín, E. Sayas-Barberá, M. Viuda-Martos, C. Navarro, and E. Sendra, "Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Essential Oils from Organic Fennel, Parsley, and Lavender from Spain," *Foods*, vol. 5, no. 1, p. 18, 2016.
- [28] S. M. Kamel, "Effect of microwave treatments on some bioactive compounds of parsley (*Petroselinum Crispum*) and dill (*Anethum graveolens*) leaves," *J. Food Process. Technol.*, vol. 4, no. 6, 2013.
- [29] L. Priccina and D. Karlina, "Total polyphenol, flavonoid content and antiradical activity of celery, dill, parsley, onion and garlic dried in conventive and microwave-vacuum dryers," in *2nd International Conference on Nutrition and Food Sciences*, 2013, vol. 53, no. 21, pp. 107–112.
- [30] D. L. Luthria, "Influence of experimental conditions on the extraction of phenolic compounds from parsley (*Petroselinum crispum*) flakes using a pressurized liquid

- extractor," *Food Chem.*, vol. 107, no. 2, pp. 745–752, 2008.
- [31] F. Al-Juhaimi and K. Ghafoor, "Total phenols and antioxidant activities of leaf and stem extracts from coriander, mint and parsley grown in Saudi Arabia," *Pakistan J. Bot.*, vol. 43, no. 4, pp. 2235–2237, 2011.
- [32] P. Kuzma, B. Druzynska, and M. Obiendzinski, "Optimization of Extraction Conditions of Some polyphenolic compounds from parsley leaves (*Petroselinum crispum*)," *Acta Sci. Pol.*, vol. 13, no. 2, pp. 145–154, 2014.
- [33] M. D. Rivero-Pérez, P. Muñiz, and M. L. González-Sanjosé, "Antioxidant profile of red wines evaluated by total antioxidant capacity, scavenger activity, and biomarkers of oxidative stress methodologies," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 55, no. 14, pp. 5476–5483, 2007.
- [34] M. A. Rojas-Graü, R. Soliva-Fortuny, and O. Martín-Belloso, "Effect of natural antibrowning agents on color and related enzymes in fresh-cut fuji apples as an alternative to the use of ascorbic acid," *J. Food Sci.*, vol. 73, no. 6, pp. 267–272, 2008.
- [35] G. Oms-Oliu, I. Aguiló-Aguayo, and O. Martí-Belloso, "Inhibition of Browning on Fresh-cut Pear Wedges by Natural Compounds," *J. Food Sci.*, vol. 71, no. 3, pp. S216–S224, 2006.
- [36] Y. Cho and H. Ahn, "Purification and characterization of polyphenol oxidase from potato: I. Purification and properties," *J. Food Biochem.*, vol. 23, no. 23, pp. 577–592, 1999.
- [37] R. C. Soliva-Fortuny, N. Grigelmo-Miguel, I. Odriozola-Serrano, S. Gorinstein, and O. Martín-Belloso, "Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 49, no. 8, pp. 3685–3690, 2001.
- [38] T. Masuda, D. Yamashita, Y. Takeda, and S. Yonemori, "Screening for tyrosinase inhibitors among extracts of seashore plants and identification of potent inhibitors from *Garcinia subelliptica*," *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, vol. 69, no. 1, pp. 197–201, 2005.
- [39] C. Escorza, "Inhibición de la enzima PPO de patata cv. Monalisa mediante compuestos naturales (salvados y especias)," Universidad Pública de Navarra, 2016.