



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y
BIOCIENCIAS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARITZAKO ETA BIOZIENTZIETAKO GOI
MAILAKO ESKOLA TEKNIKO***

DESARROLLO DE SNACKS DE MANZANA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE PROCESO

presentado por

ELENA ERDOCIAIN PÉREZ (e)k

aurkeztua

**GRADO EN INNOVACIÓN DE PROCESOS Y PRODUCTOS ALIMENTARIOS
*GRADUA ELIKAGAI PROZESU ETA PRODUKTUEN BERRIKUNTZAN***

Junio, 2020 / 2020, ekaina

Resumen

El secado de alimentos es una técnica interesante para crear nuevos productos y además alargar su vida útil y proporcionarles valor añadido. Dentro del grupo de los snacks saludables, los más comunes son los snacks de fruta deshidratada. Además, la manzana es una de frutas más utilizadas para elaborar este tipo de productos. El presente trabajo tiene el objetivo de desarrollar snacks de manzana de la variedad Royal Gala mediante secado con aire caliente y estudiar cómo factores como la temperatura de secado (40, 60 y 80 °C), el grosor del producto inicial (2 y 4 mm) y la aplicación de un pretratamiento antioxidante con zumo de limón pueden afectar a la cinética de secado y a parámetros como la humedad, el color y la textura del producto final. La cinética de secado y la textura se vieron afectadas por los tres factores planteados. El color de los snacks se volvió más oscuro a mayor temperatura de secado, particularmente a 80 °C, en los snacks no sometidos a pretratamiento con zumo de limón. Este pretratamiento tuvo un claro efecto antipardeante, al menos en los snacks obtenidos a las temperaturas de secado 40 y 60 °C.

Palabras clave: Snack de manzana, temperatura de secado, tratamiento antipardeante, color, textura.

Abstract

Food drying is an interesting technique used to create new products and also to extend their shelf life and provide them with added value. Within the group of healthy snacks, the most common are dehydrated fruit snacks. In addition, the apple is one of the most used fruits to make this type of product. The present work has the objective of developing apple snacks of the Royal Gala variety by drying with hot air and studying how factors such as the drying temperature (40, 60 and 80 °C), the thickness of the initial product (2 and 4 mm) and the application of an antioxidant pre-treatment with lemon juice can affect the drying kinetics and parameters such as humidity, colour and texture of the final product. The drying kinetics and texture were affected by the three factors considered. The colour of the snacks became darker at a higher drying temperature, particularly at 80 °C, in the snacks not pre-treated with lemon juice. This pre-treatment had a clear anti-browning effect, at least in the snacks obtained at drying temperatures of 40 and 60 °C.

Key words: Apple snacks, drying temperature, anti-browning treatment, colour, texture

Contenido

1. Introducción	1
1.1. Tendencias y consumo de fruta fresca en España	1
1.2. Secado de alimentos.....	5
2. Objetivos.....	8
3. Plan de las investigaciones y diseño experimental	9
3.1. Plan de las investigaciones	9
3.2. Diseño experimental final.....	9
4. Materiales y métodos.....	10
4.1. Materia prima.....	10
4.1.1. Caracterización materia prima	11
4.2. Proceso de elaboración	12
4.2.1. Preparación de las manzanas	12
4.2.2. Pretratamiento antipardeante	13
4.2.3. Secado	13
4.2.4. Envasado.....	14
4.3. Análisis fisicoquímicos	14
4.3.1. Textura.....	14
4.3.2. Color	15
4.3.3. Humedad	15
4.3.4. Actividad de agua	15
4.4. Evaluación sensorial	15
4.5. Análisis estadístico.....	16
5. Resultados y discusión.....	16
5.1. Estudio del efecto de los factores grosor y temperatura de secado en snacks sin pretratamiento antipardeante	17
5.1.1. Cinética de secado.....	17
5.1.2. Humedad	19
5.1.3. Color	21
5.1.4. Textura.....	23
5.2. Estudio del efecto de los factores temperatura (40 y 60 °C), grosor y pretratamiento antipardeante.....	27
5.2.1. Cinética de secado.....	27
5.2.2. Humedad	30
5.2.3. Color	32

5.2.4. Textura.....	37
6. Conclusiones.....	40
7. Bibliografía.....	43
ANEXOS.....	46
ANEXO I: Ficha de cata de prueba hedónica.....	46
ANEXO II: Ficha de cata JAR.....	47

Índice de tablas

Tabla 1. Consumo en hogares de España (MAPA, 2020b)	1
Tabla 2. Consumo de los tipos de fruta fresca (MAPA, 2020b).....	1
Tabla 3. Composición nutricional de la manzana (MAPA, 2020a)	2
Tabla 4. Snacks de manzana en el mercado.....	4
Tabla 5. Diseño experimental.....	10
Tabla 6. Parámetros del análisis de textura.	14
Tabla 11. ANOVA con dos factores (temperatura y grosor) para la humedad. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.	20
Tabla 12. Valores (media \pm desviación) de la humedad para cada temperatura y grosor.	20
Tabla 7. ANOVA de dos factores (temperatura y grosor) para las variables de color. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.	21
Tabla 8. Valores (media \pm desviación) de las variables de color para cada temperatura y grosor.....	21
Tabla 9. ANOVA de dos factores (temperatura y grosor) para las variables de textura. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.	24
Tabla 10. Valores (medias \pm s) de las variables de textura para cada temperatura y grosor.....	24
Tabla 17. ANOVA de tres factores (temperatura, grosor y tratamiento) para la humedad. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.....	31
Tabla 18. Valores (media \pm desviación) de la humedad para cada nivel de temperatura, grosor y tratamiento.....	31
Tabla 13. ANOVA de tres factores (temperatura, grosor y tratamiento) para las variables de color. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.....	33
Tabla 14.. Valores (media \pm desviación) de las variables color para cada temperatura, grosor y tratamiento.....	33
Tabla 15. ANOVA de tres factores (temperatura, grosor y tratamiento) para las variables de textura. Significatividad de los efectos principales y de la interacción	37
Tabla 16.. Valores (media \pm desviación) de las variables textura para cada temperatura, grosor y tratamiento.....	37

Índice de figuras

Figura 1. Fenómeno osmótico.....	6
Figura 2. Etiqueta manzana Royal Gala.....	10
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los snacks de manzana.....	12
Figura 4. Bandeja con muestras tras finalizar el secado.	13
Figura 5. Vista del ensayo de compresión de los snacks.....	14

Figura 6. Imagen obtenida en DigiEye.....	15
Figura 7. Curvas de secado a 40 °C de muestras con diferentes grosores.....	17
Figura 8. Curvas de secado a 60 °C de muestras con diferentes grosores.....	18
Figura 9. Curvas de secado a 80 °C de muestras con diferentes grosores.....	18
Figura 10. Curvas de secado a diferentes temperaturas en muestras con 2 mm de grosor.....	19
Figura 11. Curvas de secado a diferentes temperaturas en muestras con 4 mm de grosor.....	19
Figura 12. Valores de humedad (%) para cada valor de temperatura x grosor.	20
Figura 13. Valores de L* para cada valor de temperatura x grosor.....	22
Figura 14. Valores de a* para cada valor de temperatura x grosor.....	22
Figura 15. Valores de b* para cada valor de temperatura x grosor.....	23
Figura 16. Vista de tres snacks obtenidos a 40, 60 y 80 °C.	23
Figura 17. Desarrollo del ensayo de compresión en un snack obtenido a 80 °C.	25
Figura 18. Desarrollo del ensayo de compresión en un snack obtenido a 40 °C.	25
Figura 19. Valores de Fmax (g) para cada valor de temperatura x grosor.....	26
Figura 20. Valores de Tiempo (s) para cada valor de temperatura x grosor.....	26
Figura 21. Valores de Fracturabilidad (s ⁻¹) para cada valor de temperatura x grosor. ...	27
Figura 22. Curvas de secado de muestras con pretratamiento y diferentes grosores a 40 °C.....	27
Figura 23. Curvas de secado de muestras con pretratamiento y diferentes grosores a 60 °C.....	28
Figura 24. Curvas de secado de muestras con y sin pretratamiento y 2 mm de grosor a 40 °C.....	29
Figura 25. Curvas de secado de muestras con y sin pretratamiento y 4 mm de grosor a 40 °C.....	29
Figura 26. Curvas de secado de muestras con y sin pretratamiento y 2 mm de grosor a 60 °C.....	30
Figura 27. Curvas de secado de muestras con y sin pretratamiento y 4 mm de grosor a 60 °C.....	30
Figura 28. Valores de humedad (%) para cada valor de tratamiento x temperatura.	32
Figura 29. Valores de humedad (%) para cada valor de tratamiento x grosor.	32
Figura 30. Valores de L* para cada valor de tratamiento x temperatura.	33
Figura 31. Valores de L* para cada valor de tratamiento x grosor.	34
Figura 32. Valores de a* para cada valor de tratamiento x temperatura.....	34
Figura 33. Valores de a* para cada valor de tratamiento x grosor.	35
Figura 34. Valores de b* para cada valor de tratamiento x temperatura.....	35
Figura 35. Valores de b* para cada valor de tratamiento x grosor.....	36
Figura 36. Vista de snacks obtenidos a 40 y 60 °C, sin y con tratamiento antipardeante.	36
Figura 37. Valores de Fmax (g) para cada valor de grosor x temperatura.....	38
Figura 38. Valores de Fmax (g) para cada valor de tratamiento x temperatura.....	38
Figura 39. Valores de Tiempo (s) para cada valor de tratamiento x temperatura.....	39
Figura 40. Valores de Tiempo (s) para cada valor de tratamiento x grosor.....	39
Figura 41. Valores de Fracturabilidad (s ⁻¹) para cada valor de tratamiento x temperatura.	40
Figura 42. Valores de Fracturabilidad (s ⁻¹) para cada valor de tratamiento x grosor.	40

1.Introducción

1.1. Tendencias y consumo de fruta fresca en España

Los datos sobre el consumo en hogares obtenidos en la base de datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) muestran cómo el consumo total y per cápita de fruta fresca ha disminuido ligeramente, mientras que las frutas y hortalizas transformadas han mantenido cierta estabilidad en su consumo, con una variación del 0,2 % en negativo (*tabla 1*). Además, dentro de las frutas frescas, las frutas de pepita (manzana, uvas y peras) ocupan el tercer puesto en las frutas frescas más consumidas per cápita en 2018 (*tabla 2*) (MAPA, 2020b). Concretamente las manzanas, aumentaron su consumo un 4,1 % este último año (FEPEX, 2020).

Tabla 1. Consumo en hogares de España (MAPA, 2020b).

		Frutas frescas	Frutas y hortalizas transformadas
2015	Total (miles Kg)	4.424.410	592.727
	Per cápita (Kg)	99,18	13,29
2016	Total (miles Kg)	4.369.449	581.525
	Per cápita (Kg)	99,55	13,25
2017	Total (miles Kg)	4.216.654	591.971
	Per cápita (Kg)	92,45	12,98
2018	Total (miles Kg)	4.142.568	589.687
	Per cápita (Kg)	90,49	12,88

Tabla 2. Consumo de los tipos de fruta fresca (MAPA, 2020b).

	Consumo per cápita (Kg)
TOTAL FRUTAS FRESCAS	90,5
Cítricos	25,4
Exóticas	17,7
Fruta de pepita	16,3
Frutas con hueso	8,3
Frutos rojos	2,6
Melones y sandías	15,4
Otras frutas	4,7

La manzana es la fruta proveniente del árbol manzano, de la familia de las rosáceas. Según la variedad, su piel puede ser verde, amarilla o roja, su pulpa harinosa o crujiente y el sabor puede variar entre el agrio y el dulce (MAPA, 2020a).

Nutricionalmente, la manzana aporta fundamentalmente hidratos de carbono en forma de azúcares (mayoritariamente fructosa, seguido de glucosa y sacarosa) y contiene cantidades apreciables de fibra soluble e insoluble. La fibra soluble, ayuda a prevenir la formación de colesterol y la fibra insoluble es capaz de regular el tránsito del intestino grueso. También son una gran fuente de flavonoides. Por todo esto, la composición

nutricional de la manzana (*tabla 3*) hace que sea una de las frutas más beneficiosas para la salud (MAPA, 2020a).

Tabla 3. Composición nutricional de la manzana (MAPA, 2020a).

	Cantidad (por cada 100g)
Energía (Kcal)	53
Agua (g)	85,7
Carbohidratos (g)	12
Proteínas (g)	0,3
Lípidos totales	Trazas
Fibra (g)	2
Calcio (mg)	6
Hierro (mg)	0,4
Magnesio (mg)	5
Sodio (mg)	2
Potasio (mg)	120
Fósforo (mg)	8
Vitamina A (mg)	0,004
Vitamina C (mg)	10
Vitamina E (mg)	0,2
Tiamina (mg)	0,04
Riboflavina (mg)	0,02
Folatos (mg)	0,005

Algunas de las variedades más conocidas de manzana son: Red Delicious, Golden Delicious, Starking, Granny Smith, Gala, Fuji y Braeburn (Pacheco-Estay, 2009).

Como se ha mencionado, el consumo de fruta fresca ha ido disminuyendo a lo largo de los últimos años. Una de las opciones para aumentar su consumo puede ser la presentación de estas en otro formato de comercialización y la deshidratación es una de las posibles alternativas para el desarrollo de un nuevo producto con manzana. Los alimentos deshidratados no solo se utilizan como producto en sí, sino también como base para el desarrollo y formulación de nuevos productos (galletas, incorporados a productos lácteos, platos preparados, etc.) Además, produce un valor añadido en la materia prima utilizada y reduce los costes de transporte, distribución y almacenaje debido a la reducción de peso y volumen del producto en fresco (Marín B et al., 2006). En el caso de la manzana, se ha popularizado el formato de snack saludable.

Un “snack” se puede definir como una gran variedad de alimentos que generalmente son ligeros y consumidos fuera de las horas habituales de ingesta de alimentos (desayuno, comida, cena), es decir, durante almuerzos o meriendas. Pueden ser tanto salados como dulces o incluso bebidas (Miller et al., 2013).

Aunque generalmente se conoce a los snacks como alimentos no saludables, dependiendo de los ingredientes que contengan y el procesado utilizado para fabricarlos pueden considerarse saludables y nutricionalmente equilibrados. Su influencia en la







dieta viene condicionada por factores como: frecuencia de consumo, combinación, elección y complementación con otros alimentos (Miller et al., 2013).

Los snacks son alimentos fáciles de consumir en cualquier momento y lugar y pueden ayudar a cubrir necesidades alimentarias en ciertas comidas, utilizarse para las relaciones sociales, saciar una necesidad alimentaria entre horas o simplemente satisfacer un capricho.

El desarrollo de este tipo de alimentos puede considerarse como una oportunidad para la industria alimentaria, ya que existe una tendencia creciente hacia el cuidado de la salud a la vez que se está reduciendo el tiempo que se invierte a comer o cocinar en los hogares.

Actualmente, existen en el mercado numerosas empresas que ofrecen snacks de manzana y otras frutas elaborados principalmente utilizando el método de deshidratación y en menor medida utilizando otros procesos. En la *tabla 4* se muestran algunos ejemplos.

Tabla 4. Snacks de manzana en el mercado.

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	LUGAR DE COMPRA
	Producto horneado	20 €/Kg	Carrefour
		33,33 €/Kg	Carrefour
		33,89 €/Kg	Carrefour
		39,12 €/Kg	Cooperativa Landare
		49,5 €/Kg	Biecor (supermercado ecológico)
		24€/Kg	Carrefour

La mayoría de los productos comercializados están procesados de la misma manera: horneado con aire caliente y sin ningún otro ingrediente añadido. Resulta ser el método más económico para poder elaborar un producto asequible. El proceso de liofilización encarece mucho el producto. El elaborado mediante secado al sol es el más caro, ya que es un proceso muy lento y además cuenta con el valor añadido de ser mínimamente procesado.

Como se observa, las manzanas que utilizan las marcas comerciales son de diversas variedades y muchas cuentan con una doble variedad del producto: snack de manzana con piel roja o verde. Además, muchas de las empresas elaboran snacks de más tipos de frutas a parte de los de manzana.

1.2. Secado de alimentos

La deshidratación o secado de un alimento tiene como objetivo reducir el agua que contiene hasta un cierto nivel que permita minimizar la actividad microbiana. Esto ayuda a aumentar la vida útil y a reducir el espacio y el peso, ya que al reducir el contenido en agua también se produce una reducción del peso y el volumen (Aghilinategh et al., 2015).

Desde la antigüedad, se ha utilizado como método de conservación el secado de alimentos. Ya en el paleolítico, se secaban al sol alimentos como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados. (Marín B et al., 2006). Actualmente, es un proceso muy utilizado para procesar diferentes alimentos y ayudar a su conservación o simplemente para la creación de nuevos productos.

Durante el proceso de deshidratación, se realiza una transferencia de masa y de energía. La transferencia de masa se da al pasar el agua del interior del alimento desde la parte interna hacia su superficie, donde se evapora. La transferencia de energía se da en forma de calor, lo que provoca la evaporación de esa agua que ha sido transferida a la superficie del alimento (Vega-Mercado et al., 2001).

Actualmente, la tecnología de eliminación de agua ha evolucionado mucho y existen técnicas mucho más novedosas. Las más utilizadas son la evaporación superficial (secado por aire caliente, a vacío, secado solar y microondas), la deshidratación osmótica y la liofilización. En numerosas ocasiones las técnicas se utilizan combinadas para obtener mejores resultados (Fito Maupoei, 2001).

La liofilización es un método que consiste en eliminar total o parcialmente el agua de un alimento que se ha congelado previamente sublimando el hielo a vapor de agua y posteriormente sometiéndolo a un secado secundario de desorción para eliminar agua no congelada. El proceso se realiza en condiciones de vacío. Se trata del método de secado más costoso económica y temporalmente, pero también el que ofrece productos de mayor calidad sensorial y nutricional (Reale et al., 2019).

La deshidratación osmótica es un método que permite eliminar el agua del alimento sumergiéndolo en una solución altamente concentrada. Esto provoca que el agua del interior del alimento (más diluido) salga a través de la membrana semipermeable celular

hacia la solución concentrada para intentar equilibrarla (Zapata-Montoya y Castro-Quintero 1999). El fenómeno se entiende mejor observando la *figura 1*.

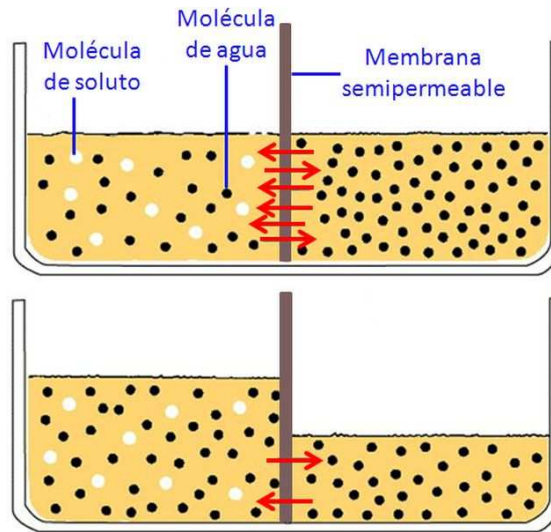


Figura 1. Fenómeno osmótico.

El procedimiento para la obtención de fruta deshidratada utilizando este método es el siguiente:

En primer lugar, se prepara la fruta lavándola y troceándola y pelándola en caso de ser necesario. Después, se prepara la solución concentrada utilizando agua y soluto y se vierte sobre un recipiente. La fruta preparada se introduce en el recipiente con la solución concentrada y se cierra herméticamente. Transcurrido el tiempo necesario, se extrae la fruta de la solución (Montoya, 1999).

Generalmente este proceso se utiliza complementariamente con otros, ya que solo consigue extraer cerca del 70-80 % de la humedad de la fruta. Un producto procesado con deshidratación osmótica previa al secado con aire caliente genera productos de mejor calidad que si se utiliza solamente el secado con aire caliente (Montoya, 1999).

El secado con aire caliente es el método más común para la deshidratación de alimentos. Consiste en impulsar, gracias a un ventilador, una corriente de aire en un secadero cerrado (Fito Maupoei, 2001).

Existen muchos secaderos utilizados en la industria alimentaria, pero el más común es el secadero directo o por convección. Generalmente, son aparatos sencillos y de fácil uso y constan de las siguientes partes (Fito Maupoei, 2001):

- Recinto
- Sistema de calefacción
- Sistema de impulsión del aire

Dentro de los secaderos por convección, existen numerosos tipos: secadores de horno, túnel, cinta transportadora, torre, cascada, lecho fluidizado, atomización, etc. Uno de los más utilizados es el secador de bandejas o armario. (Fito Maupoei, 2001).

Este secadero, está formado por una cámara rectangular (una especie de armario) que funciona como recinto y contiene unos soportes donde se insertan unas bandejas en las que se coloca el alimento que va a secarse. El aire caliente que circula entre las bandejas es impulsado por medio de un ventilador (sistema de impulsión del aire), que puede generar un flujo horizontal (el aire circula paralelamente al alimento) o un flujo transversal (el aire circula perpendicularmente al alimento). Previamente ese aire se hace circular por el calentador (sistema de calefacción), que está compuesto por una serie de tubos por los que circula normalmente vapor de agua. Este tipo de secadero es útil a la hora de secar cargas pequeñas de producto, ya que requieren mano de obra para su carga y descarga (Fito Maupoei, 2001).

Aunque estos procesos sean muy utilizados, llevan asociada la generación de muchos cambios indeseables en los alimentos (estructurales y fisicoquímicos) que afectan a la calidad del producto final (Sanjuán et al., 1999), es decir, la calidad de los alimentos deshidratados es menor que la del producto fresco (Ratti, 2001).

Por ello, es necesario mejorar el procesado evitando al mínimo el empeoramiento del producto utilizando el método de secado más adecuado, pretratando el producto, y definiendo las condiciones óptimas de procesado.

En la elaboración de snacks de frutas el secado con aire es el método más utilizado, pero se han hecho muchos estudios utilizando otras técnicas o combinación de estas. Unas de estas técnicas son el secado a vacío (Junlakan et al., 2017) y la fritura a vacío, estando esta última en ocasiones combinada con las altas presiones (Albertos et al., 2020). Además, se han estudiado muchas combinaciones de diferentes tratamientos para potenciar el tratamiento principal, por ejemplo, el secado con aire caliente asistido por microondas (Andrés et al., 2004), calentamiento óhmico (Moreno et al., 2016) o ultrasonidos (Maleki et al., 2020), combinación de liofilización con infrarrojos (Antal & Kerekes, 2016), utilización de impregnación a vacío como pretratamiento antes del secado (Moreno et al., 2016), etc.

Además, en muchos otros estudios, se ha investigado la adición de sustancias o microorganismos que puedan producir efectos beneficiosos en la salud elaborando así alimentos funcionales (Tavera-Quiroz et al., 2015).

Una de las principales alternativas para mejorar el producto final es el uso de pretratamientos que ayuden a evitar el pardeamiento enzimático u oxidativo, ya que uno de los principales factores de empeoramiento de la calidad del producto final es el cambio de color.

La manzana es un claro ejemplo de fruta susceptible al pardeamiento enzimático ya que poseen altos niveles de polifenoles que producen una oxidación enzimática al exponer los tejidos al aire (Asiye & Hasan, 2016).

Principalmente, el pardeamiento enzimático está catalizado por la enzima polifenol oxidasa (PPO). Esta enzima se ha inhibido tradicionalmente con sulfitos, pero estos pueden ser dañinos para la salud en algunas personas. En la actualidad, existen métodos

físicos (reducción de temperatura, reducción de oxígeno disponible, atmósferas modificadas, etc.) y químicos (adición de compuestos que inhiben la enzima, reducen la disponibilidad del sustrato, etc.) para inhibir la actividad enzimática de la PPO. (Denoya et al., 2012).

Los compuestos más utilizados para paliar este problema son los ácidos orgánicos, que ayudan a controlar el pardeamiento enzimático disminuyendo el pH y además garantizan la inocuidad microbiológica. El más utilizado es el ácido cítrico (Denoya et al., 2012).

La PPO tiene una característica estructural principal muy importante: en su centro activo hay dos átomos de cobre unidos a histidina alrededor de los cuales se sitúan aminoácidos hidrofóbicos importantes en la unión a los sustratos. El ácido cítrico actúa quelando o capturando el cobre del sitio activo de la PPO (Denoya et al., 2012).

El ácido cítrico es un ácido orgánico natural presente en casi todos los tejidos animales y vegetales. Se presenta sobre todo en frutas como el limón, mandarina, lima, naranja, piña, ciruela, melocotón, etc. así como en los huesos, músculos y sangre de animales. Sin embargo, también puede ser sintetizado en los laboratorios utilizando procesos microbianos y alrededor de un 99 % de la producción mundial utiliza este método. La industria alimentaria utiliza aproximadamente un 70 % de la producción total (Muñoz-Villa et al., 2014).

Se han hecho numerosos estudios en los que se utiliza como tratamiento antipardeante el zumo de frutas ricas en ácido cítrico u otros compuestos antioxidantes. Uno de los más utilizados es el zumo de limón, ya que contiene grandes cantidades de ácido cítrico.

El limón es el fruto en baya del limonero, un árbol que se desarrolla en climas templados y tropicales, aunque actualmente es cultivado en todo el mundo. Según su color se pueden clasificar en verdes o amarillos y según el tamaño en grandes, medianos o pequeños. El más consumido en España es el grande y amarillo, que presenta cáscara gruesa y tacto rugoso y pulpa con escasas semillas. El limón contiene una gran cantidad de vitamina C y potasio. Su pulpa contiene ácidos orgánicos, fundamentalmente ácido cítrico. Además, es también una buena fuente de fibra soluble (pectina) (MAPA, 2020a).

2. Objetivos

El presente documento pretende desarrollar snacks saludables de manzana de la variedad Royal Gala con diferentes condiciones de proceso.

De forma específica se pretende estudiar la influencia sobre diferentes parámetros fisicoquímicos, principalmente relacionados con el color y la textura, de tres factores de proceso: la temperatura de secado, el grosor de las láminas de manzana y la utilización de un tratamiento antipardeante previo al secado.

El trabajo estudiará también el grado de aceptación de los snacks por parte de los consumidores y la influencia de determinados atributos sensoriales sobre dicha aceptación.

3. Plan de las investigaciones y diseño experimental

3.1. Plan de las investigaciones

El trabajo realizado tuvo las siguientes fases:

- Realización de una revisión bibliográfica sobre snacks de manzana y otras frutas.
- Definición y prueba del procedimiento básico de elaboración de los snacks y de los métodos de análisis fisicoquímicos, en particular el desarrollo de la medida de textura.
- Selección y diseño preliminar de las pruebas sensoriales.
- Realización de pruebas experimentales preliminares para establecer el diseño experimental final: elaboración de snacks de manzana Golden Delicious y Royal Gala, con dos grosores distintos de las láminas de manzana, con y sin tratamiento antipardeante y a dos temperaturas de secado.
- Establecimiento del diseño experimental final.
- Realización de las elaboraciones y análisis fisicoquímicos de los snacks.
- Análisis estadístico de los resultados.
- Redacción del presente documento.

Aclaración: algunas elaboraciones y análisis (entre ellos el análisis sensorial) no pudieron llevarse a cabo debido a las medidas adoptadas a raíz de la crisis del coronavirus. Los detalles se señalan a lo largo de los materiales y métodos.

3.2. Diseño experimental final

El proceso de elaboración de los snacks de manzana consistió simplemente en lavarlas, extraer el corazón, laminarlas, someterlas al tratamiento antipardeante e introducirlas en el secadero. El diseño experimental se centró en estos tres últimos pasos, estableciéndose tres factores experimentales con los siguientes niveles cada uno de ellos:

- Grosor de las láminas: 2 y 4 mm.
- Pretratamiento: sin o con.
- Temperatura de secado: 40, 60 y 80 °C.

Teniendo en cuenta estos factores, el diseño experimental se planteó tal y como se muestra en la *tabla 5*.

Tabla 5. Diseño experimental.

Ensayo	Temperatura de secado (°C)	Pretratamiento antipardeante	Grosor de las láminas (mm)
40sin2	40	SIN	2
40sin4			4
40con2		CON	2
40con4			4
60sin2	60	SIN	2
60sin4			4
60con2		CON	2
60con4			4
80sin2	80	SIN	2
80sin4			4
80con2		CON	2
80con4			4

De esta forma, se obtuvieron 12 variantes diferentes de producción del snack de manzana. Sobre ellas, se realizarán las pruebas analíticas y estadísticas pertinentes para conocer si los factores analizados determinaban o no la existencia de diferencias en el producto final.

Aclaración: Debido a las medidas derivadas de la crisis del coronavirus no se pudo completar la realización de todos los ensayos. Quedaron sin elaborarse los snacks obtenidos con pretratamiento y temperatura de secado de 80 °C. Por lo tanto, se completaron 10 de las 12 elaboraciones.

4. Materiales y métodos

4.1. Materia prima

Se utilizaron manzanas de la variedad Royal Gala compradas en un supermercado de Pamplona, pero procedentes de la empresa Fruits Queralt (Lleida). El formato de envasado eran bolsas de plástico que contenían 1.5 kg cada una y correctamente etiquetadas (figura 2) Todas ellas pertenecían al mismo lote para evitar una excesiva variabilidad.



Figura 2. Etiqueta manzana Royal Gala.

4.1.1. Caracterización materia prima

Se realizó una caracterización preliminar de las manzanas: sólidos solubles, acidez, pH y humedad.

Sólidos solubles

Para conocer los grados Brix de la manzana, se utilizó un refractómetro digital RX-70000i de dos decimales de precisión. La medida se obtuvo siguiendo estos pasos:

1. Con ayuda de una batidora, se bate media manzana hasta formar un puré pastoso.
2. Se toma el refractómetro y se pone sobre la zona de medición una gota de agua con ayuda de una pipeta pasteur y se comprueba que da el valor 0 Brix.
3. Se repite el paso anterior, esta vez tomando con ayuda de una espátula una pequeña cantidad del puré de manzana elaborado anteriormente. Se toma el valor y se anota.

Acidez

La acidez se conoció mediante una valoración que se hizo siguiendo estos pasos:

1. Con ayuda de una batidora, se bate media manzana hasta formar un puré pastoso. Se toman aproximadamente 5 mL de ese puré y se diluyen en 20 mL de agua en un vaso de precipitado de 50 mL con ayuda de una placa imantada. Se mantiene en agitación durante unos minutos para favorecer la dilución del ácido málico en el agua.
2. Se toma una bureta, se llena con NaOH 0,1 N, y se coloca sobre el vaso de precipitado.
3. Se introduce el pH-metro en la disolución manteniendo especial cuidado en que no quede cerca de la punta de la bureta y se configura de forma que haga la medición en continuo.
4. Comienza la valoración añadiendo lentamente el NaOH y finaliza cuando el pH-metro marque el valor 8,1 (viraje de la fenolftaleína). Se anota el volumen del reactivo utilizado.
5. Se realizan los cálculos con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acidez (g/mL)} = \frac{Vr * N * eq}{Vm} * 100$$

Siendo:

Vr=Volumen de reactivo gastado.

N=Normalidad del reactivo.

Eq=Miliequivalente del ácido valorado (málico).

Vm=Volumen de la muestra tomado.

pH

Para medir el pH de la manzana fresca, se utilizó un pH-metro Basic 20 (CRISON). Se preparó la muestra según los siguientes pasos:

1. Con ayuda de una batidora, se bate media manzana hasta formar un puré pastoso.
2. Se introduce unos 15mL en un vaso de precipitados de 20mL, se introduce la sonda del pH-metro y se pulsa el botón de comenzar. Cuando el valor se estabiliza, se anota.

Humedad

Para conocer la humedad de la manzana fresca, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se cortan aproximadamente 5g de la manzana, se anota el valor de peso, y se coloca sobre una placa de aluminio. Se realiza por duplicado.
2. Se introducen en la estufa calentada a 105°C y se mantiene durante al menos 8h.
3. Transcurrido ese tiempo, se sacan las muestras, se pesa y se anota el valor.
4. Para obtener el resultado, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Siendo:

P_i= Peso inicial (g).

P_f= Peso final (g).

4.2. Proceso de elaboración

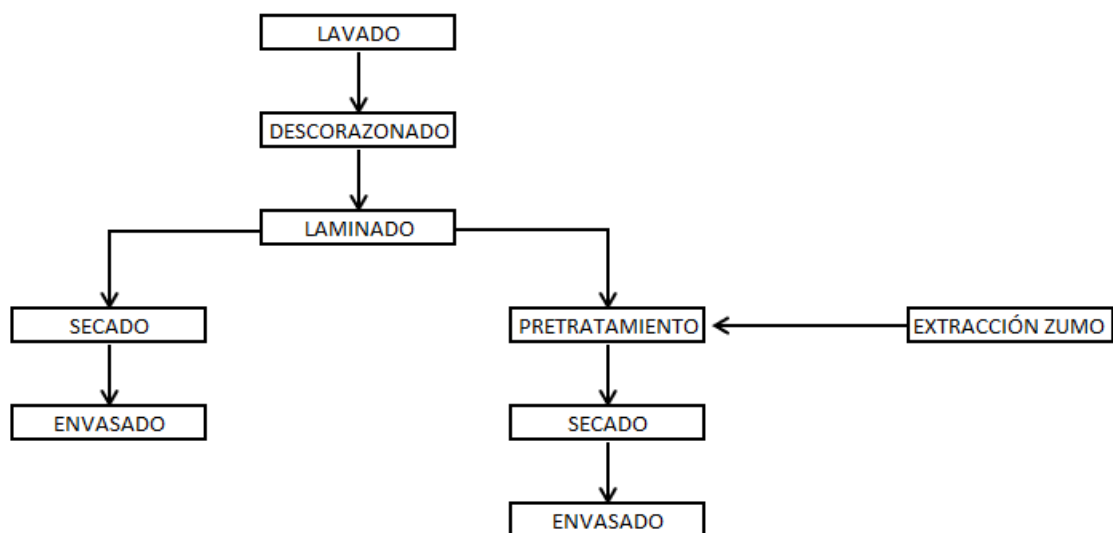


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los snacks de manzana.

4.2.1. Preparación de las manzanas

Las manzanas se lavaron con agua del grifo y después, con ayuda de un utensilio de cocina se quitó el corazón de las manzanas.

Tras haberlas acondicionado, se cortaron las láminas con ayuda de una máquina corta fiambres BOSCH MAS6200N con un grosor de 2 mm o de 4 mm. Las láminas que no recibían pretratamiento antipardeante se colocaban en bandejas de malla metálica, de forma ordenada, sin que quedaran apiladas, formando una única capa de material.

4.2.2. Pretratamiento antipardeante

Como pretratamiento se utilizó zumo de limón con el fin de que tuviese un efecto antipardeante. Para ello, se exprimieron los limones necesarios para obtener una cantidad de zumo tal que cumpliera la relación 1:4 (g zumo/g manzana).

El zumo se colocaba en una bandeja de plástico y las láminas de manzana se sumergían durante 30 segundos. A continuación, se colocaban en las bandejas de malla metálica. Además, se le realizaba una caracterización que consistía en analizar el pH, sólidos solubles y acidez. Estos análisis se realizaron siguiendo los mismos métodos que en el caso de la manzana fresca.

4.2.3. Secado

El secado de las láminas de manzana se realizó en un secadero de aire caliente tipo armario.

Antes de introducir las muestras, se precalentaba a la temperatura necesaria y una vez alcanzada se introducían las bandejas con las láminas de manzana. Durante el secado, se iba realizando un seguimiento de la variación del peso de los snacks empleando para ello un pequeño cestillo de malla metálica con una determinada cantidad de muestra para poder obtener así las curvas de secado.

Con los datos recopilados de la evolución del peso de las muestras, se determinó la humedad (X) por encima del equilibrio (g agua/g materia seca) y la velocidad de secado ($\Delta X/\Delta t$) (g agua/g materia seca segundo) utilizando las siguientes fórmulas:

$$X = \frac{\text{Peso en tiempo } n - \text{Peso final equilibrio}}{\text{Peso final equilibrio}}$$

$$\left(\frac{\Delta X}{\Delta t}\right)_n = \frac{X_{n-1} - X_n}{t_n - t_{n-1}}$$

Tras obtener estos datos, se hace una representación de la evolución durante el secado de la velocidad frente a la humedad.



Figura 4. Bandeja con muestras tras finalizar el secado.

4.2.4. Envasado

Una vez se finalizó el secado, se sacaron las muestras de las bandejas y se envasaron en bolsas de plástico con cierre tipo zip. Las bolsas se almacenaban en un lugar seco, sin luz y a temperatura ambiente.

4.3. Análisis fisicoquímicos

4.3.1. Textura

El análisis de textura de los snacks se realizó con el texturómetro TA-XT plus (Stable Micro Systems). Se realizó un ensayo de compresión empleando como base la plataforma con un orificio en el centro y como accesorio una varilla de 1,6 mm de grosor acabado en punta redonda (figura 5). Se utilizaron los parámetros que aparecen en la tabla 6.

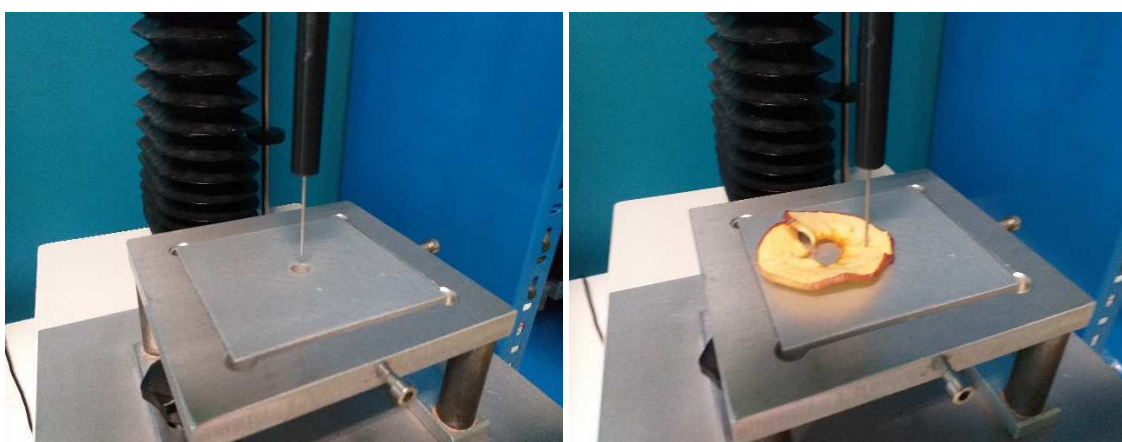


Figura 5. Vista del ensayo de compresión de los snacks.

Tabla 6. Parámetros del análisis de textura.

Modo de ensayo	Compresión
Velocidad de pre-ensayo	1 mm/s
Velocidad de ensayo	0,1 mm/s
Velocidad de post-ensayo	10 mm/s
Distancia máxima recorrida	7 mm
Medidas obtenidas	Fuerza máxima (N)
	Tiempo hasta fuerza máxima (s)
	Fracturabilidad (s ⁻¹)

Se colocaba el snack sobre el orificio de la base y se sometía al proceso de compresión. Después de cada repetición se movía el snack para volver a someterlo a la medición en otro lugar. Para cada snack se hacían 3 repeticiones y se analizaban 5 snacks para cada tratamiento. Por lo tanto, se obtuvieron 15 repeticiones por tratamiento.

El software del equipo dio las variables de fuerza máxima (g) y tiempo transcurrido hasta la fuerza máxima (s). Se construyó una nueva variable, la fracturabilidad, hallada con la inversa de dicho tiempo. Con esta variable se pretendió cuantificar la fragilidad o facilidad de la muestra para romperse.

4.3.2. Color

La medición del color de los snacks de manzana se realizó con el sistema CIELab, que permite expresar el color dando tres coordenadas localizadas en el espacio. Los valores son L^* (luminosidad), a^* (proporción entre rojo y verde) y b^* (proporción entre amarillo y azul).

Para obtener estos datos, se utilizó el sistema de imagen DigiEye (VeriVide). El sistema consta de una caja cerrada con iluminación, una cámara fotográfica digital en la parte superior y un ordenador al que se conecta la máquina para obtener los datos. Antes del uso el aparato debía ser correctamente calibrado. Para comenzar, se colocaban 3 muestras del ensayo que se quería analizar y se disparaba la cámara para obtener una imagen (figura 6).



Figura 6. Imagen obtenida en DigiEye.

Una vez se realizaban todas las fotos, se procedía a obtener los datos de las coordenadas L^* , a^* y b^* . A través de la herramienta “color measurement” el software permitía elegir de cada imagen el tamaño y forma de la superficie sobre la cual se quería obtener los datos. Para cada ensayo se fotografiaron 3 snacks y se tomaron 4 medidas de cada uno de ellos, por lo que se obtuvieron 12 medidas de cada uno.

4.3.3. Humedad

Para conocer la humedad, se siguieron los mismos pasos que en el caso de la manzana fresca.

4.3.4. Actividad de agua

Para obtener el valor de actividad de agua se utilizó una máquina llamada Lab Master Aw (Novasina). La muestra se introducía en unas cápsulas de plástico y se obtenía el resultado pasados unos 30-60 minutos.

Aclaración: no se pudo obtener ningún dato de actividad de agua de ninguno de los productos obtenidos, ya que el equipo de análisis estuvo ocupado hasta el momento en que estalló la crisis del coronavirus.

4.4. Evaluación sensorial

En el trabajo se planteaba la realización de una evaluación sensorial de carácter afectivo con consumidores, que finalmente no pudo llevarse a cabo. Se pretendía evaluar alrededor de 4 a 6 productos seleccionados en base a las diferencias observadas en las

variables fisicoquímicas. Es decir, productos diferentes en base a sus propiedades de color y textura, principalmente.

La evaluación sensorial prevista consistía en la realización de dos pruebas. Una prueba de aceptación mediante escala hedónica de 9 puntos, en la que se evaluaban las propiedades apariencia, color, aroma, textura, sabor e impresión global. Y una prueba de escala de punto ideal (en inglés Just About Right, JAR), en la que los consumidores debían evaluar en qué medida los parámetros color, crujiente, dulzor y acidez se ajustaban en intensidad a lo que a ellos les gustaba.

En los *anexos I y II* se presentan las fichas de cata desarrollada para las dos pruebas.

Los resultados de la prueba de escala hedónica se debían evaluar mediante ANOVA simple y los análisis de comparación múltiple para determinar la existencia o no de diferencias significativas en la aceptación de los productos. Con los datos obtenidos en la prueba de escala de punto ideal se pretendía realizar un Análisis de Penalizaciones para observar en qué medida la valoración por debajo o por encima del punto ideal de los cuatro parámetros analizados influye en los valores medios obtenidos en los parámetros analizados a través de la prueba de escala hedónica.

4.5. Análisis estadístico

Todos los resultados se analizaron estadísticamente con el programa Statgraphics utilizando el método de análisis de varianza (ANOVA) multifactorial.

Se pretendía realizar un único ANOVA de tres factores (temperatura, pretratamiento y grosor) pero, dado que no se pudo completar el diseño experimental, se decidió realizar dos ANOVA distintos. Uno de dos factores, en el que se evaluaba el efecto principal y la interacción de los factores temperatura (40, 60 y 80 °C) y grosor en todas las muestras elaboradas sin pretratamiento. Y otro de tres factores en el que se contemplaba el efecto principal e interacciones de los tres factores, la temperatura, el grosor y la aplicación del pretratamiento en las muestras elaboradas a 40 y 60 °C. Para la determinación de la existencia o no de diferencias significativas entre los niveles de los distintos factores se empleó el criterio Tukey al 95 % de confianza.

Además, también se pretendía usar el análisis de varianza para los datos procedentes de la prueba hedónica (escala lineal) y el análisis de penalizaciones para la prueba de escala de punto ideal.

5. Resultados y discusión

Este apartado se subdivide en dos partes. En la primera se analizan los datos disponibles de los tratamientos realizados a las tres temperaturas estudiadas y los dos grosores, todos ellos sin tratamiento antipardeante. En la segunda se analizan los datos de los snacks obtenidos a 40 y 60 °C evaluando el efecto de los tres factores estudiados: temperatura de secado, grosor y aplicación del pretratamiento antipardeante.

5.1. Estudio del efecto de los factores grosor y temperatura de secado en snacks sin pretratamiento antipardeante

5.1.1. Cinética de secado

Se presentan dos apartados diferentes: en primer lugar, se analiza el efecto del grosor en el secado y en segundo lugar el efecto de la temperatura.

Efecto del grosor

En las *figuras 7, 8 y 9* se observa cómo para las muestras con grosor mayor el tiempo que tarda en llevarse a cabo el secado es mayor, es decir, cuanto mayor es el grosor más tarda en secarse el producto. La diferencia más evidente se observa en el secado a 80 °C.

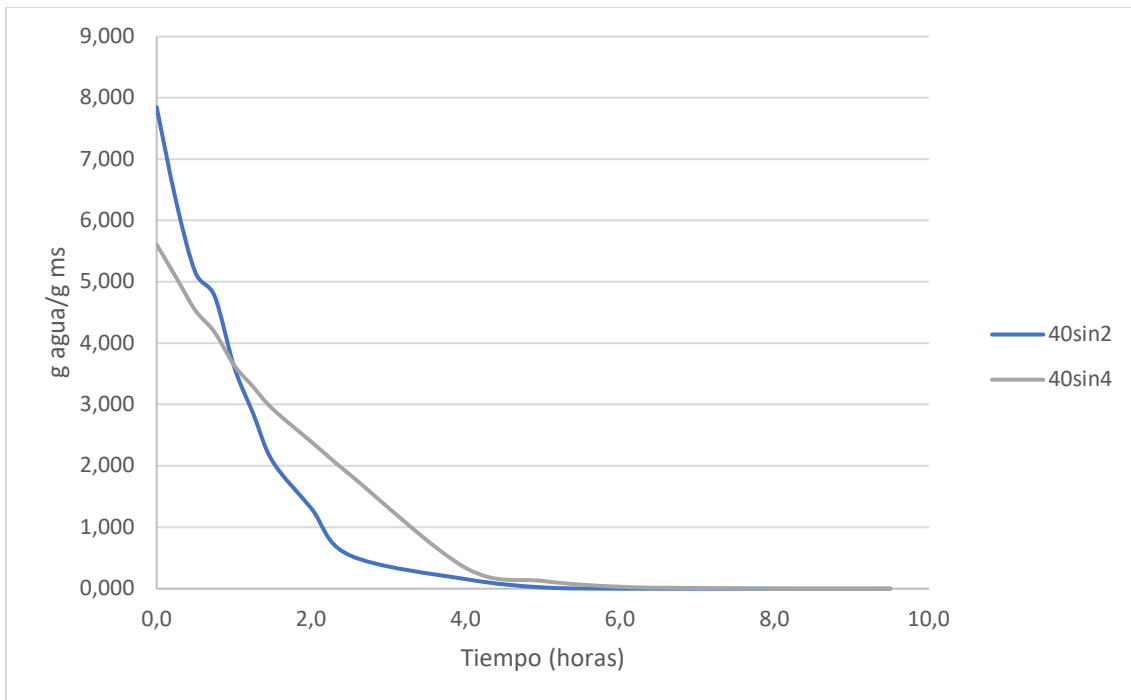


Figura 7. Curvas de secado a 40 °C de muestras con diferentes grosores.

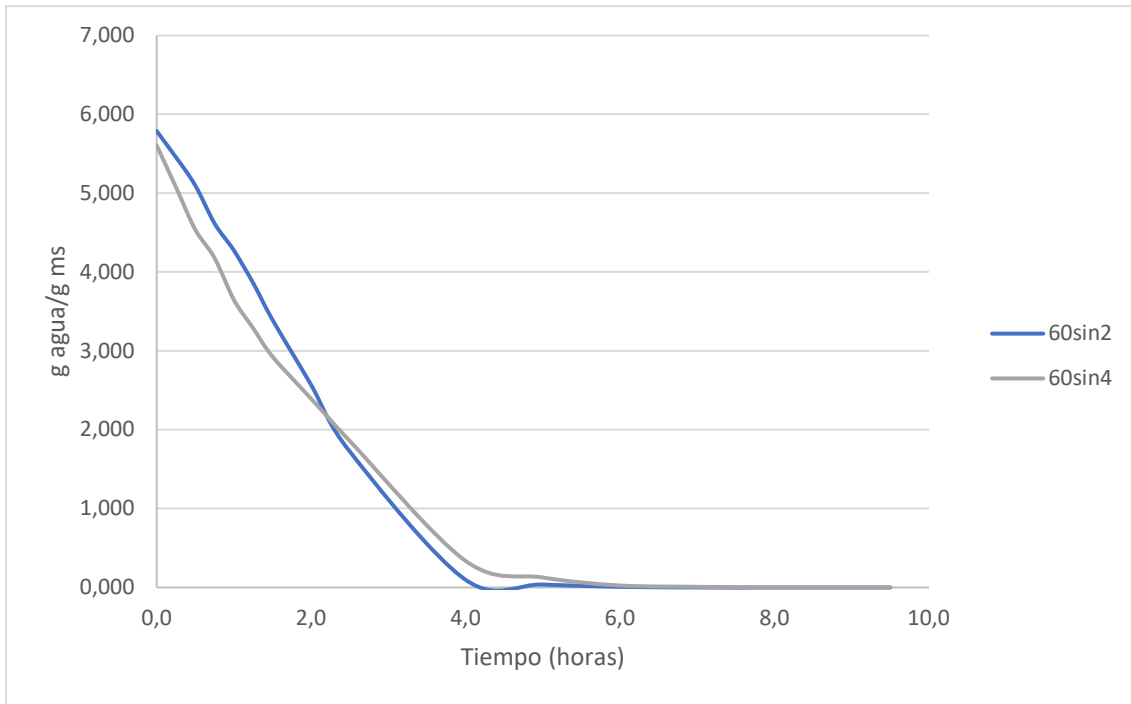


Figura 8. Curvas de secado a 60 °C de muestras con diferentes grosores.

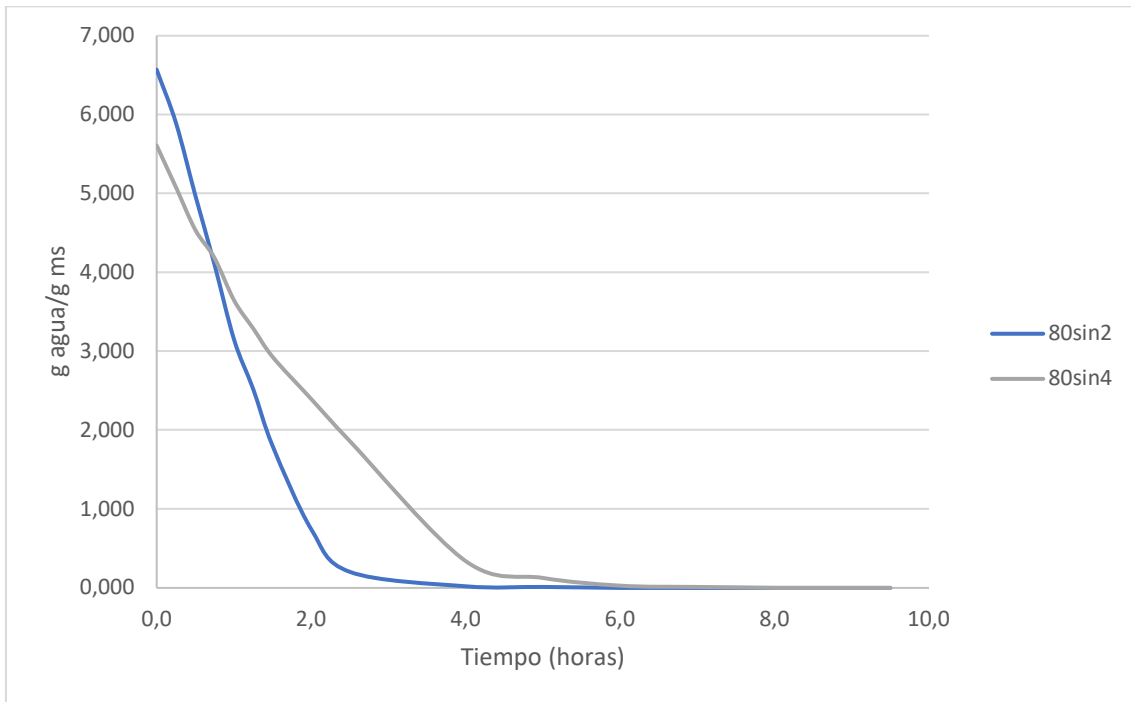


Figura 9. Curvas de secado a 80 °C de muestras con diferentes grosores.

Efecto de la temperatura

En las *figuras 10 y 11* se aprecia como a mayor temperatura, mayor rapidez de secado independientemente del grosor que tenga la muestra. Las diferencias más evidentes se observan en las curvas para la temperatura 80 °C.

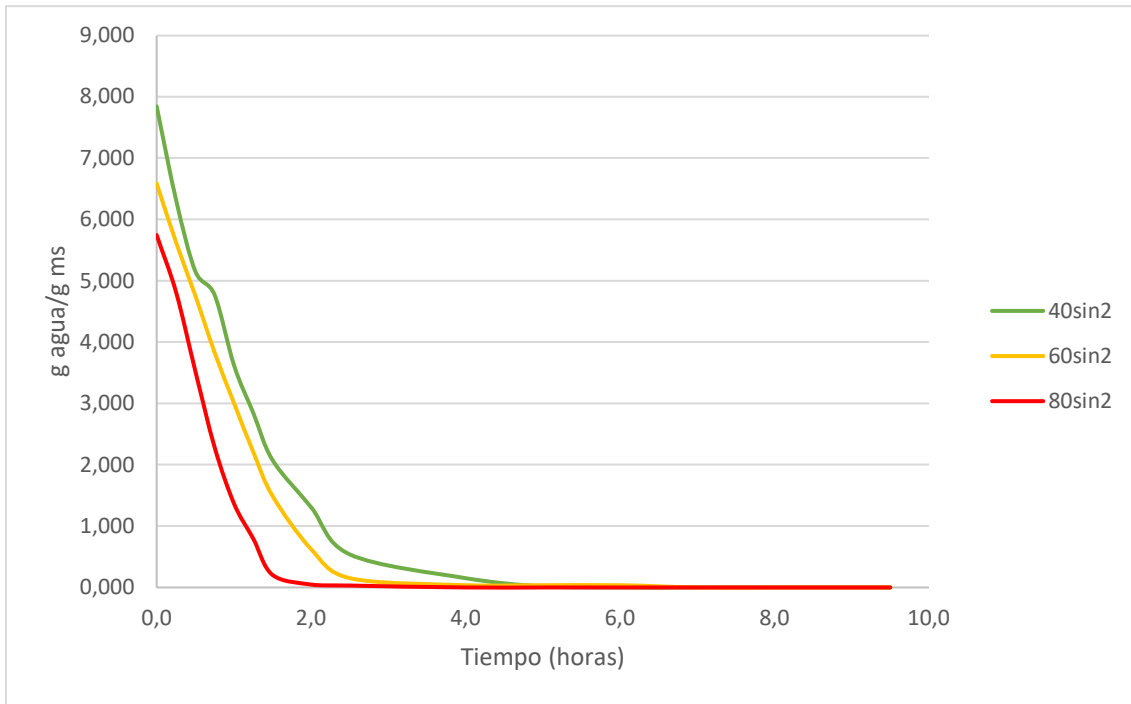


Figura 10. Curvas de secado a diferentes temperaturas en muestras con 2 mm de grosor.

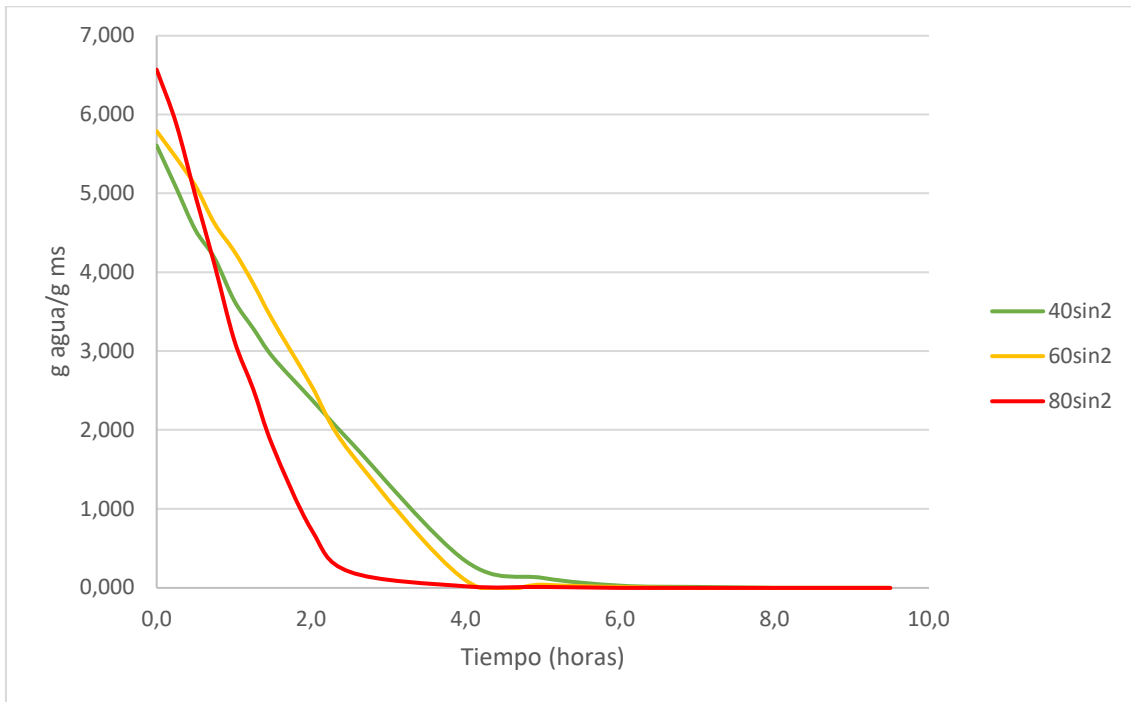


Figura 11. Curvas de secado a diferentes temperaturas en muestras con 4 mm de grosor.

5.1.2. Humedad

Se realizó el análisis ANOVA con dos factores (temperatura y grosor) para la humedad en las muestras elaboradas sin pretratamiento con zumo de limón.

En la *tabla 11* se muestra como existen diferencias significativas en la humedad dependiendo de la temperatura, el grosor y la interacción entre ambos.

Tabla 7. ANOVA con dos factores (temperatura y grosor) para la humedad. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.

Factor	Humedad (%)
A: Temperatura	***
B: Grosor	***
Interacción A x B	**

*** p < 0,001, ** p < 0,01, * p < 0,05, NS: no significativa

En la *tabla 12* se presentan los resultados de los ANOVAs aplicados para los datos de humedad de las elaboraciones sin pretratamiento. Se puede ver que la humedad disminuye conforme la temperatura aumenta y que es mayor cuando el grosor de las láminas de manzana también lo es.

Tabla 8. Valores (media ± desviación) de la humedad para cada temperatura y grosor.

Factor	Humedad (%)
Temperatura	
40 °C	14,3 ± 1,9 c
60 °C	7,3 ± 1,3 b
80 °C	5,3 ± 1,0 a
Grosor	
2 mm	7,8 ± 3,9 a
4 mm	10,2 ± 4,6 b

Para cada factor, dos medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas (criterio Tukey, al 95 % de confianza)

En la *figura 12* se observa lo anteriormente dicho. A mayor temperatura menor humedad. La mayor variación se produce al pasar de 40 °C a 60 °C, descendiendo la humedad final del equilibrio de los snacks prácticamente a la mitad. Al aumentar la temperatura de secado a 80 °C la humedad final también disminuye, pero en menor medida. Además, la interacción de los dos factores es ligeramente significativa. En los snacks obtenidos a 40 °C se aprecia una diferencia entre la humedad media en función del grosor un poco mayor que a las temperaturas de secado superiores.

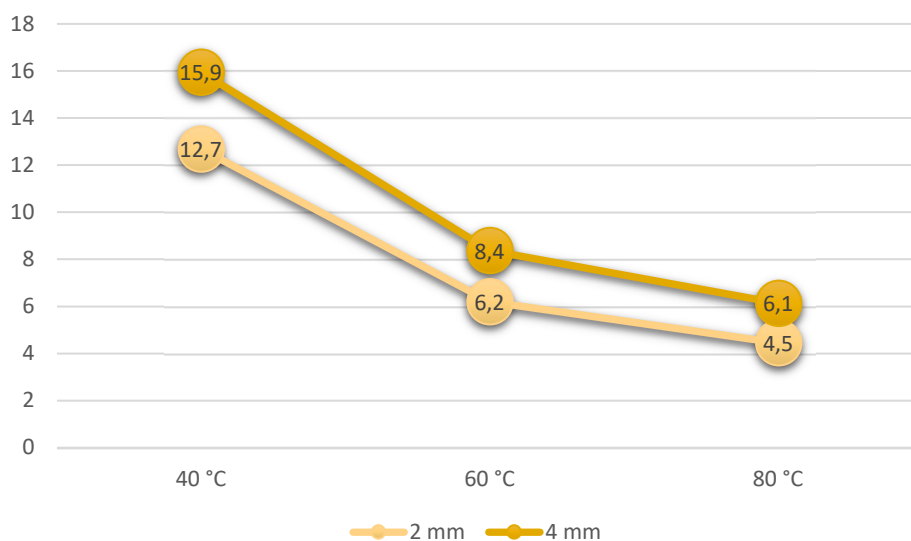


Figura 12. Valores de humedad (%) para cada valor de temperatura x grosor.

5.1.3. Color

Se realizó el análisis ANOVA con dos factores (grosor y temperatura) para las variables de color (coordenadas L*, a* y b*) en las muestras elaboradas sin pretratamiento con zumo de limón.

Como se observa en la *tabla 7*, únicamente se aprecian diferencias significativas al aplicar diferentes temperaturas de secado. El grosor de las láminas de manzana no afecta al color que toman las mismas al terminar el proceso de secado. Esto se debe a que el pardeamiento que se produce en el producto afecta a la superficie que está en contacto con el aire, independientemente de cuál sea su grosor.

Tabla 9. ANOVA de dos factores (temperatura y grosor) para las variables de color. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.

Factor	L*	a*	b*
A: Temperatura	***	***	***
B: Grosor	NS	NS	NS
Interacción A x B	NS	NS	NS

*** p < 0,001, ** p < 0,01, * p < 0,05, NS: no significativa

En la *tabla 8* se presentan los resultados de los ANOVAs aplicados para los datos de color de las elaboraciones sin pretratamiento. Como se ha comentado, se aprecia que no hay efecto del grosor sobre el color final del producto. En cuanto a las temperaturas, en la variable L* y en la variable a* se observan diferencias significativas de la temperatura 80 °C con las otras dos, y en la variable b* hay diferencias entre la temperatura 60 °C y las otras dos.

La variable L* es la luminosidad. Representa la diferencia entre luz (L*=100) y oscuridad (L*=0). Como se observa en la *tabla 8*, a 80 °C se produce un descenso significativo en el valor obtenido, con lo que se ve que utilizar esta temperatura produce un mayor efecto de oscurecimiento del producto que con las otras dos temperaturas.

Tabla 10. Valores (media ± desviación) de las variables de color para cada temperatura y grosor.

Factor	L*	a*	b*
Temperatura			
40 °C	84,0 ± 1,5 b	5,6 ± 1,1 a	38,0 ± 2,3 a
60 °C	83,5 ± 1,7 b	6,2 ± 1,4 a	41,4 ± 2,4 b
80 °C	78,3 ± 2,6 a	10,2 ± 1,9 b	37,0 ± 2,0 a
Grosor			
2 mm	81,6 ± 3,2 a	7,4 ± 2,8 a	39,2 ± 2,9 a
4 mm	82,3 ± 3,3 a	7,2 ± 2,3 a	38,5 ± 2,9 a

Para cada factor, dos medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas (criterio Tukey, al 95 % de confianza).

Además, la interacción entre los factores temperatura y grosor, tampoco produce ninguna diferencia significativa para ninguna de las variables del color (L*, a*, b*), tal y como se aprecia en las *figuras 13, 14 y 15*.

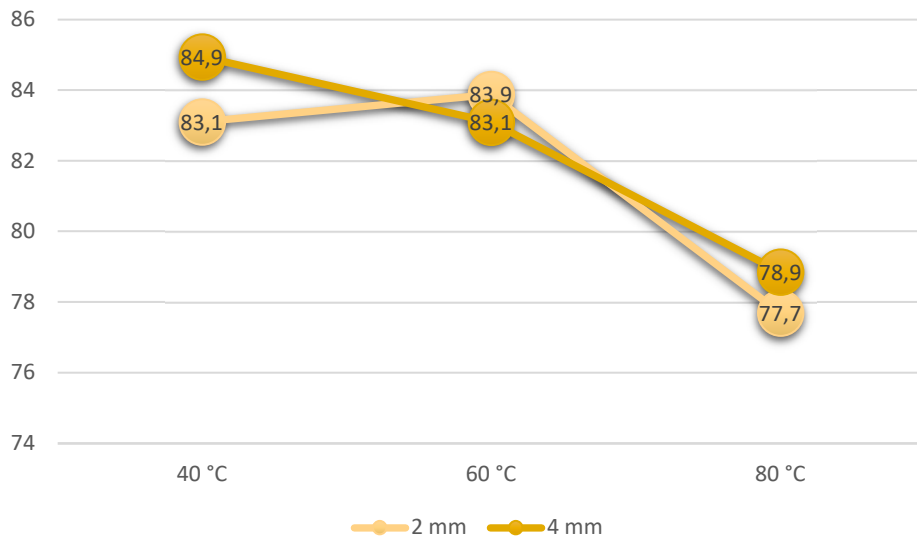


Figura 13. Valores de L* para cada valor de temperatura x grosor.

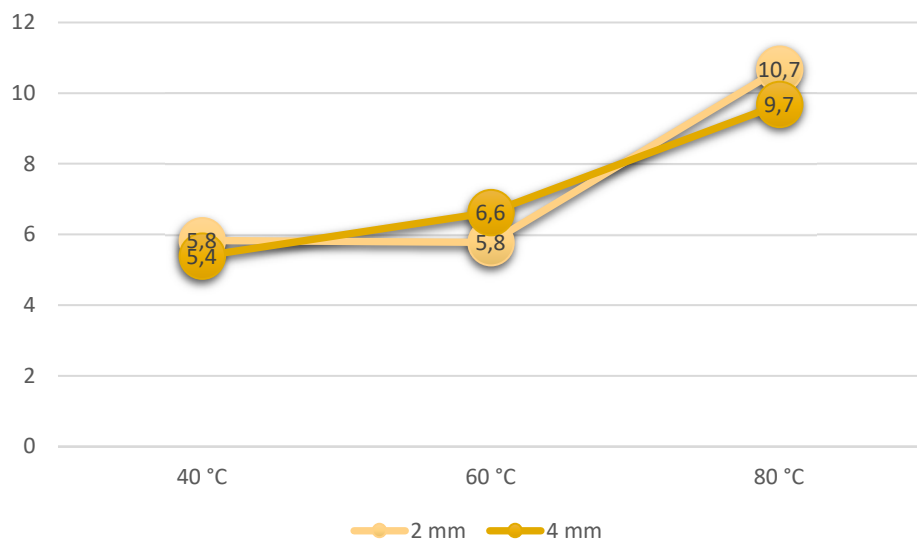


Figura 14. Valores de a* para cada valor de temperatura x grosor.

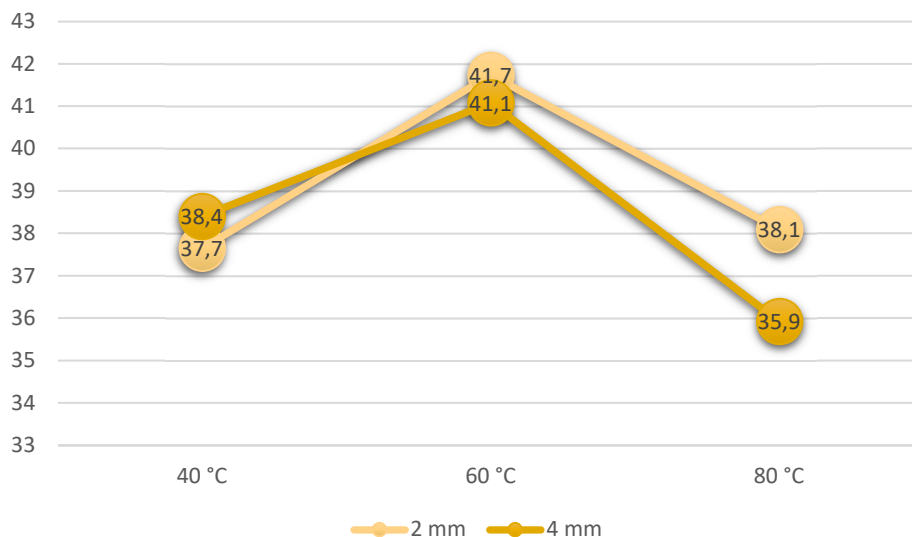


Figura 15. Valores de b* para cada valor de temperatura x grosor.

En la *figura 16* se puede observar cómo influye la temperatura en el aspecto de tres snacks obtenidos a las tres temperaturas de secado. Se aprecia un progresivo oscurecimiento, particularmente cuando la temperatura es más alta.

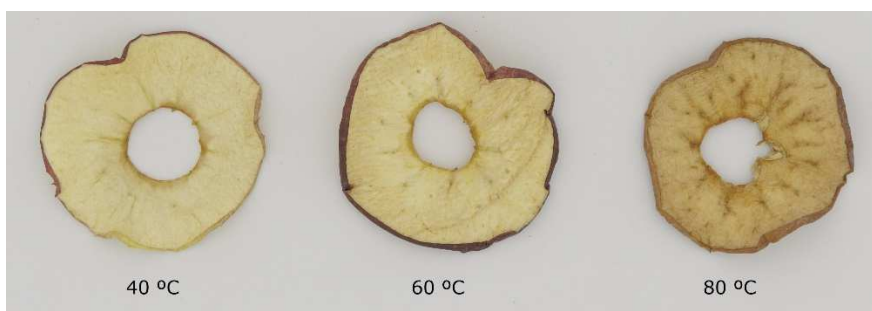


Figura 16. Vista de tres snacks obtenidos a 40, 60 y 80 °C.

5.1.4. Textura

Se realizó el análisis ANOVA con dos factores (temperatura y grosor) para las variables de textura (fuerza máxima, tiempo y fracturabilidad) en las muestras elaboradas sin pretratamiento con zumo de limón.

Como se puede ver en la *tabla 9*, la temperatura produce diferencias significativas en las variables de textura, mientras que el grosor las produce únicamente en la fuerza máxima. Además, la interacción de ambos factores afecta de manera significativa únicamente en la fuerza máxima. Esto último se debe a que, para poder romper una muestra de mayor grosor, se necesita aplicar una fuerza mayor.

Tabla 11. ANOVA de dos factores (temperatura y grosor) para las variables de textura. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.

Factor	F max (g)	Tiempo (s)	Fracturabilidad (s ⁻¹)
A: Temperatura	***	***	***
B: Grosor	***	NS	NS
Interacción A x B	***	NS	NS

*** p < 0,001, ** p < 0,01, * p < 0,05, NS: no significativa

En la *tabla 10* se presentan los resultados de los ANOVAs aplicados para los datos de textura de las elaboraciones sin pretratamiento. Para la fuerza máxima y la fracturabilidad, se observan mayores valores cuanto mayor es la temperatura y, por el contrario, para el tiempo se observan valores menores cuando la temperatura es mayor. Esto muestra que a baja temperatura el producto final es más blando, le cuesta más romperse y es menos crujiente que cuando la temperatura es mayor.

Tabla 12. Valores (medias ± s) de las variables de textura para cada temperatura y grosor.

Factor	F max (g)	Tiempo (s)	Fracturabilidad (s ⁻¹)
Temperatura			
40 °C	245,0 ± 40,7 a	22,8 ± 5,2 c	0,047 ± 0,013 a
60 °C	398,8 ± 156,4 b	19,0 ± 5,5 b	0,057 ± 0,018 a
80 °C	449,8 ± 174,2 c	8,9 ± 3,6 a	0,131 ± 0,053 b
Grosor			
2 mm	269,5 ± 66,1 a	16,0 ± 7,6 a	0,084 ± 0,056 a
4 mm	461,7 ± 170,1 b	17,6 ± 7,7 a	0,074 ± 0,044 a

Para cada factor, dos medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas (criterio Tukey, al 95 % de confianza)

En las *figuras 17 y 18* se aprecia muy bien el muy distinto comportamiento en el ensayo de compresión de dos snacks obtenidos bajo condiciones muy distintas de temperatura. En el snack obtenido a 80 °C se produce un aumento rápido de la fuerza debido a su dureza que se ve interrumpido rápidamente porque el snack se quiebra con facilidad. Se comporta como un material “crujiente”. En el snack obtenido a 40 °C, la fuerza aumenta de una forma más gradual conforme la varilla del accesorio comprime la superficie del snack, hasta llegar a un máximo cuando la varilla atraviesa limpiamente la muestra, sin que se fragmente en pedazos. Se comporta como un material “gomoso”.

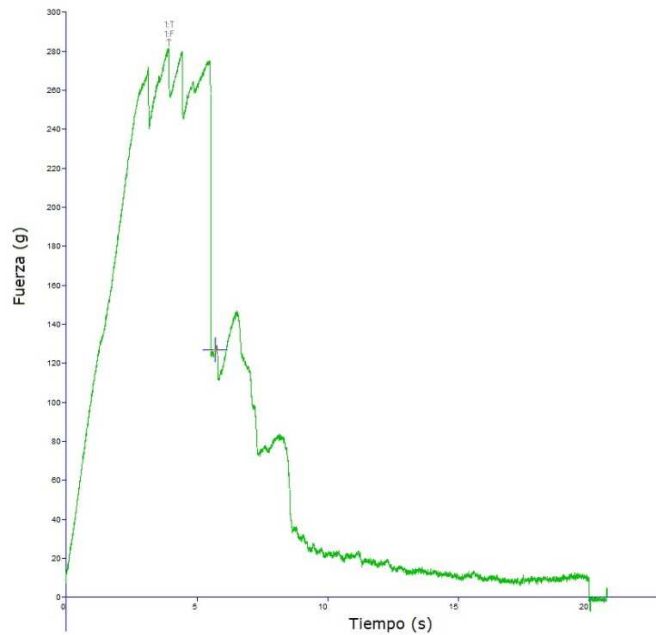


Figura 17. Desarrollo del ensayo de compresión en un snack obtenido a 80 °C.

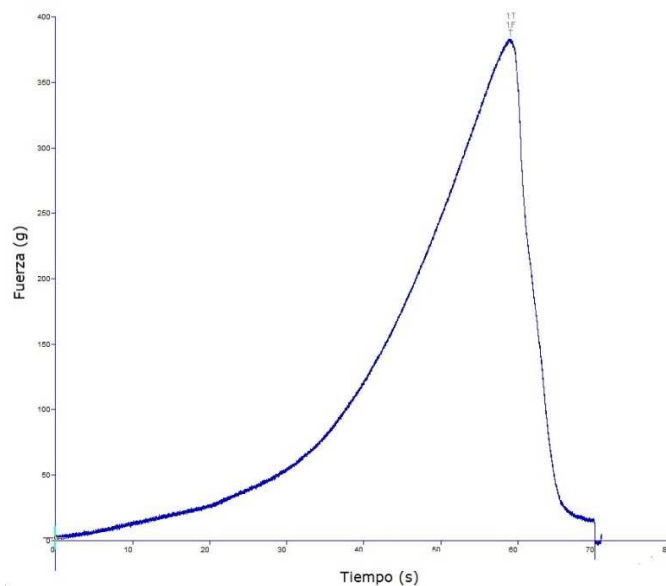


Figura 18. Desarrollo del ensayo de compresión en un snack obtenido a 40 °C.

En la *tabla 10* se aprecia también que el factor grosor tienen una influencia únicamente en la fuerza máxima. Los snacks de mayor grosor muestran una firmeza significativamente superior a los de menor grosor. No obstante, se aprecia una interacción significativa entre los dos factores en esta variable. El efecto grosor solo tiene influencia en los snacks obtenidos a 60 y 80 °C (*figura 19*). En los otros parámetros ni el grosor tiene influencia ni existe interacción entre los dos factores (*figuras 20 y 21*).

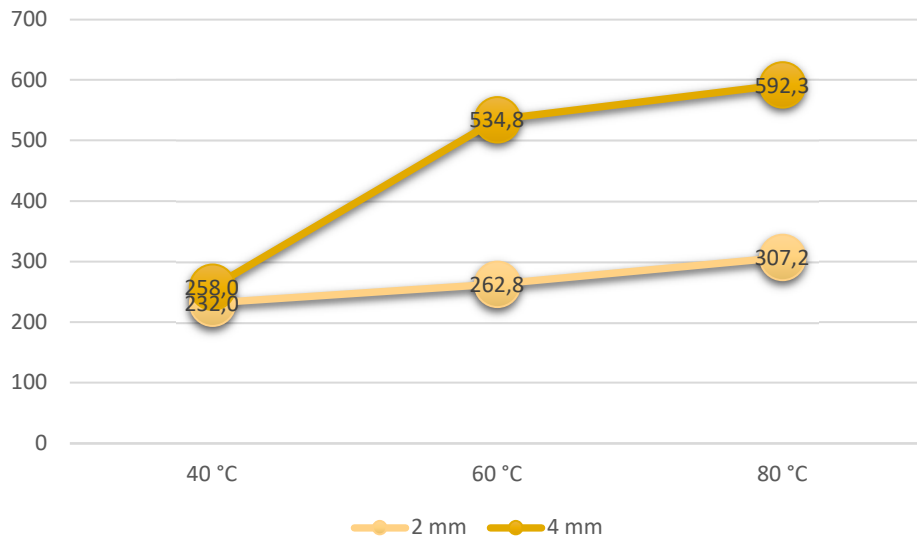


Figura 19. Valores de Fmax (g) para cada valor de temperatura x grosor.

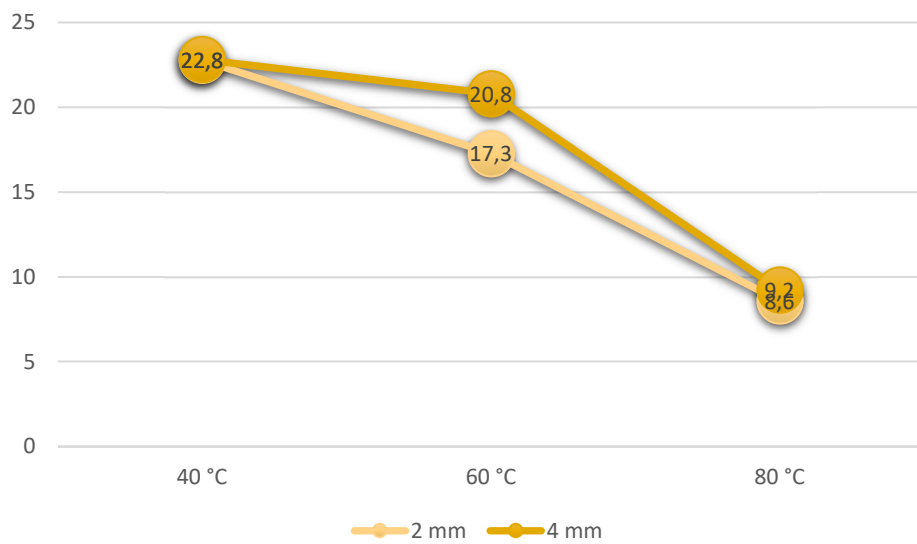


Figura 20. Valores de Tiempo (s) para cada valor de temperatura x grosor.

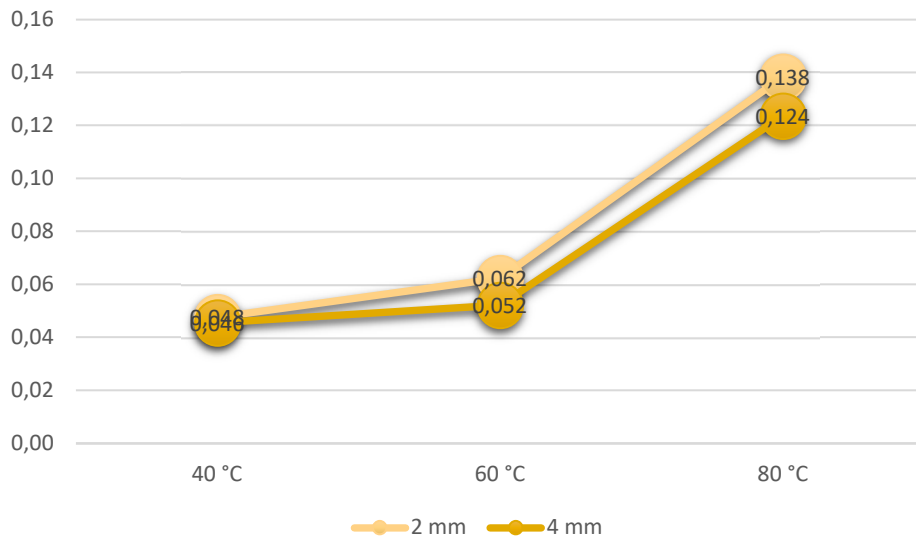


Figura 21. Valores de Fracturabilidad (s^{-1}) para cada valor de temperatura x grosor.

5.2. Estudio del efecto de los factores temperatura (40 y 60 °C), grosor y pretratamiento antipardeante.

5.2.1. Cinética de secado

Se presentan dos apartados diferentes: en primer lugar, se analiza el efecto del grosor en el secado y en segundo lugar el efecto del pretratamiento antipardeante.

Efecto grosor

En la *figura 22* se aprecia como el grosor tiene un gran efecto en la velocidad de secado en las muestras con pretratamiento. Se produce un proceso de secado largo y lento.

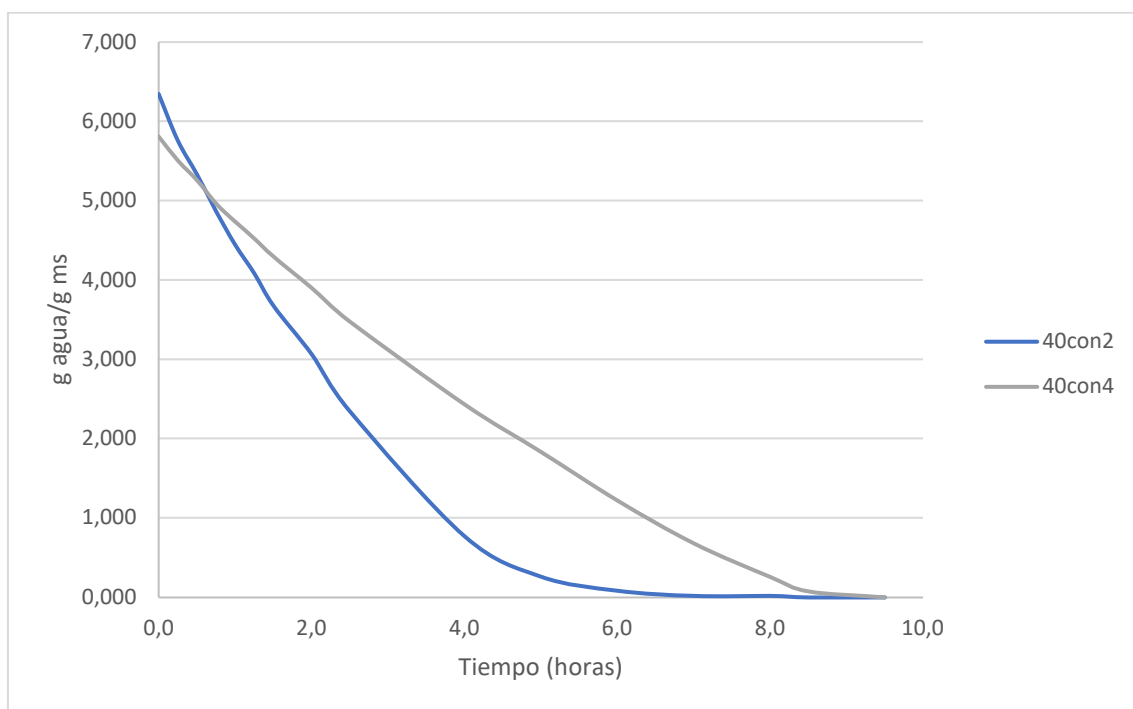


Figura 22. Curvas de secado de muestras con pretratamiento y diferentes grosores a 40 °C.

Sin embargo, en la *figura 23* se observa como a pesar de notarse diferencias en la velocidad de secado entre los dos grosores, ambos son significativamente más rápidos que los realizados a 40 °C.

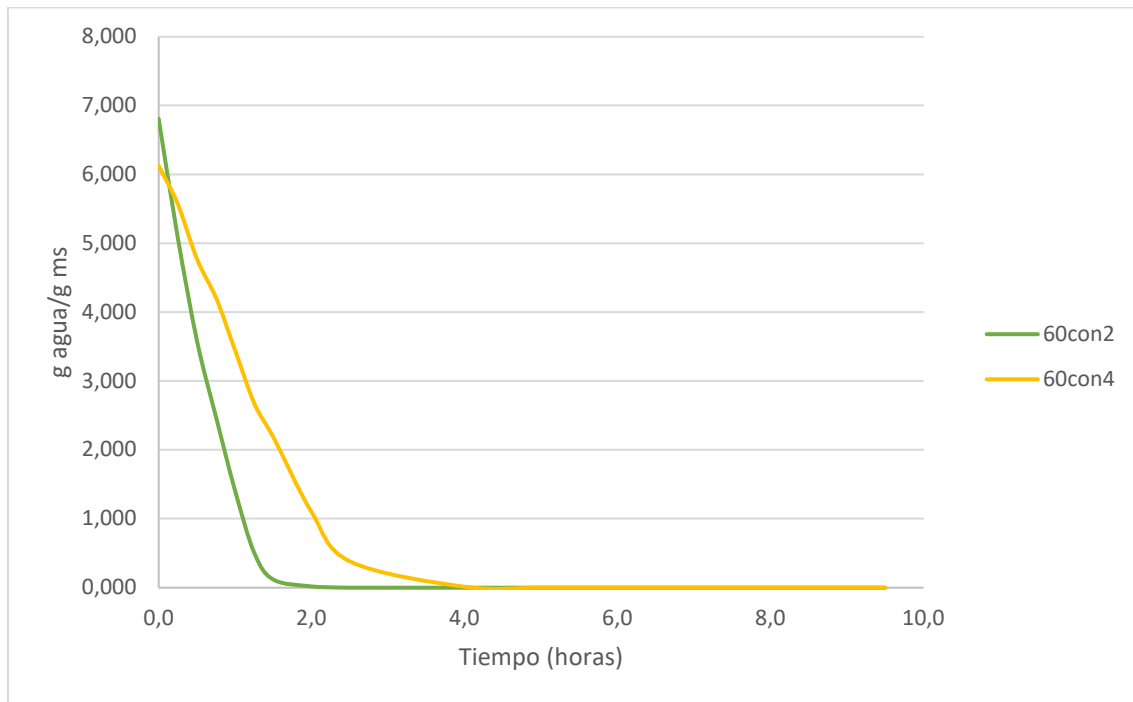


Figura 23. Curvas de secado de muestras con pretratamiento y diferentes grosores a 60 °C.

Por lo tanto, el grosor afecta al proceso de secado, pero al aumentar la temperatura su efecto es menos evidente.

Efecto pretratamiento

En las *figuras 24 y 25* se aprecia como el pretratamiento tiene un gran efecto en el secado. Provoca que el proceso se alargue significativamente en el tiempo. Además, para las muestras con grosor 4 mm este efecto es aún más notorio.

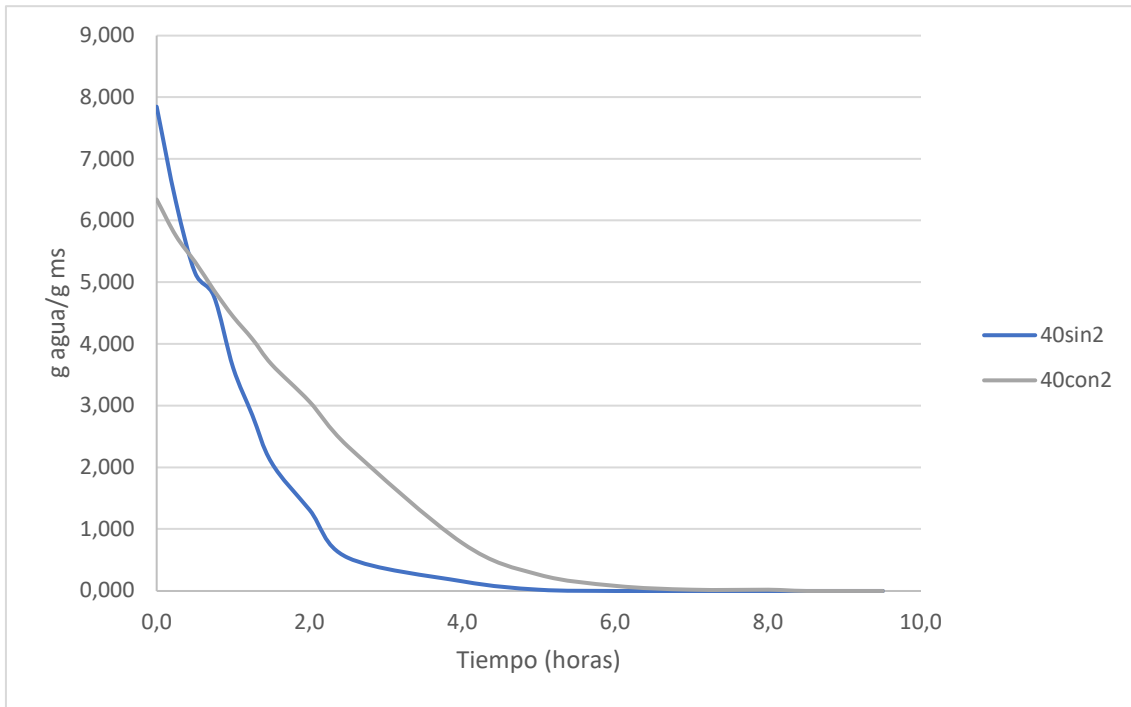


Figura 24. Curvas de secado de muestras con y sin pretratamiento y 2 mm de grosor a 40 °C.

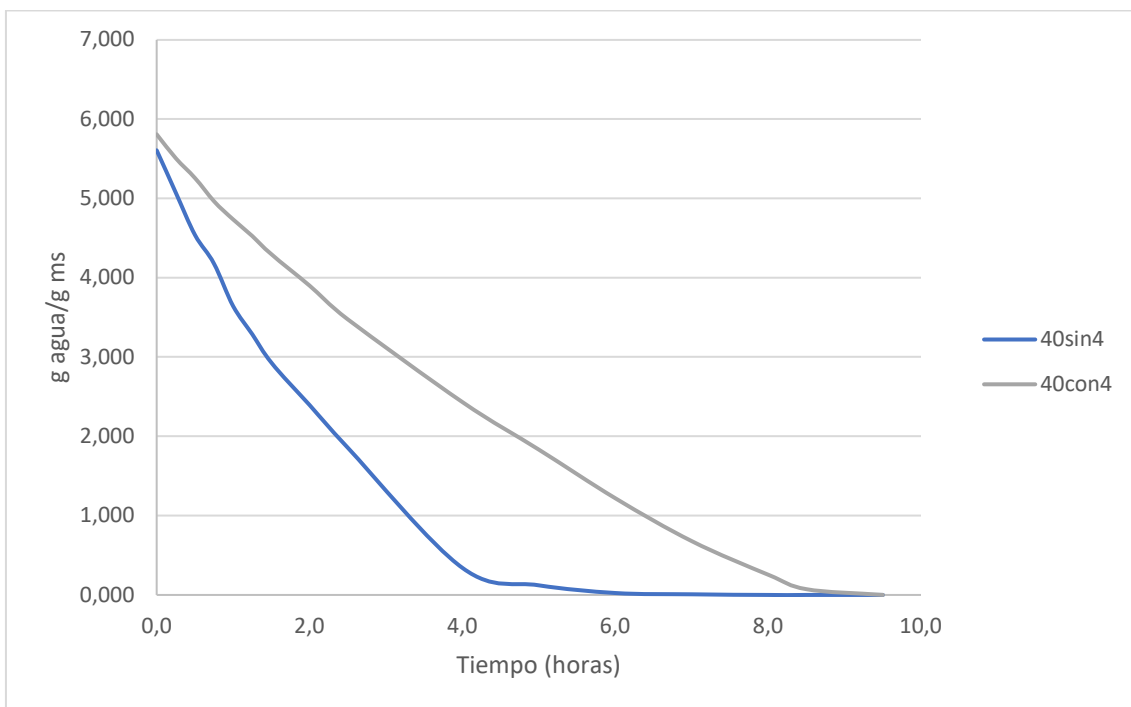


Figura 25. Curvas de secado de muestras con y sin pretratamiento y 4 mm de grosor a 40 °C.

En las *figuras 26 y 27* se aprecia como sigue habiendo diferencias entre las muestras que están tratadas con zumo de limón y las que no y que además el efecto para el grosor 4 mm es más notorio. Sin embargo, se vuelve a observar como todos estos efectos se reducen notablemente en el secado a 60 °C volviéndose prácticamente despreciables.

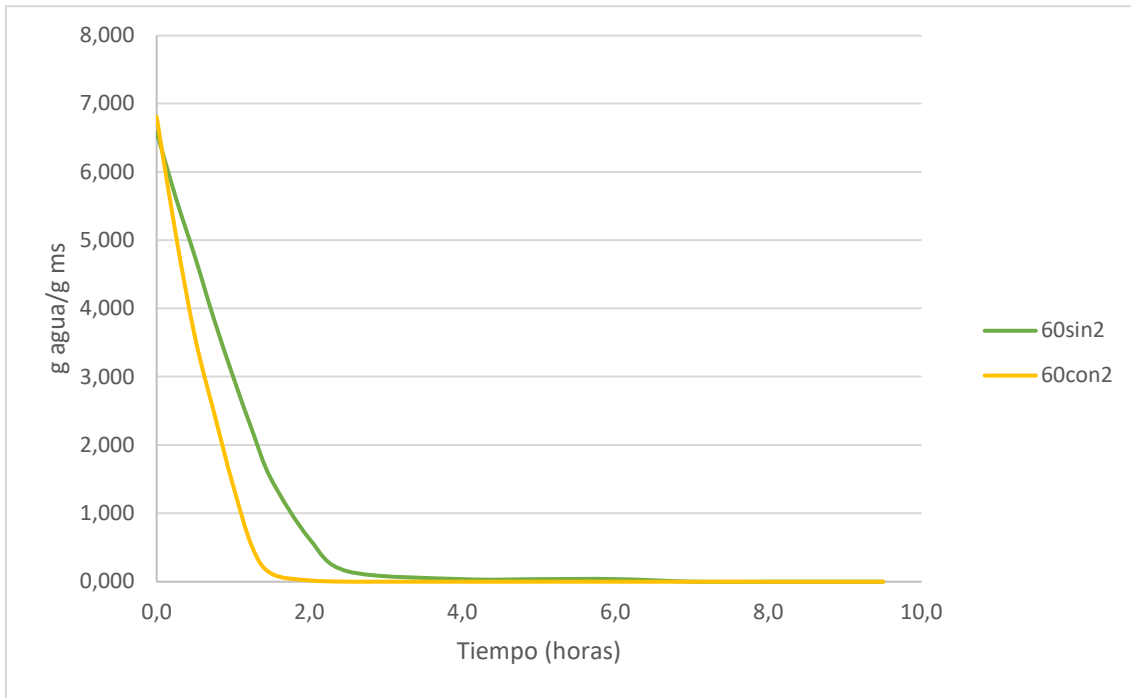


Figura 26. Curvas de secado de muestras con y sin pretratamiento y 2 mm de grosor a 60 °C

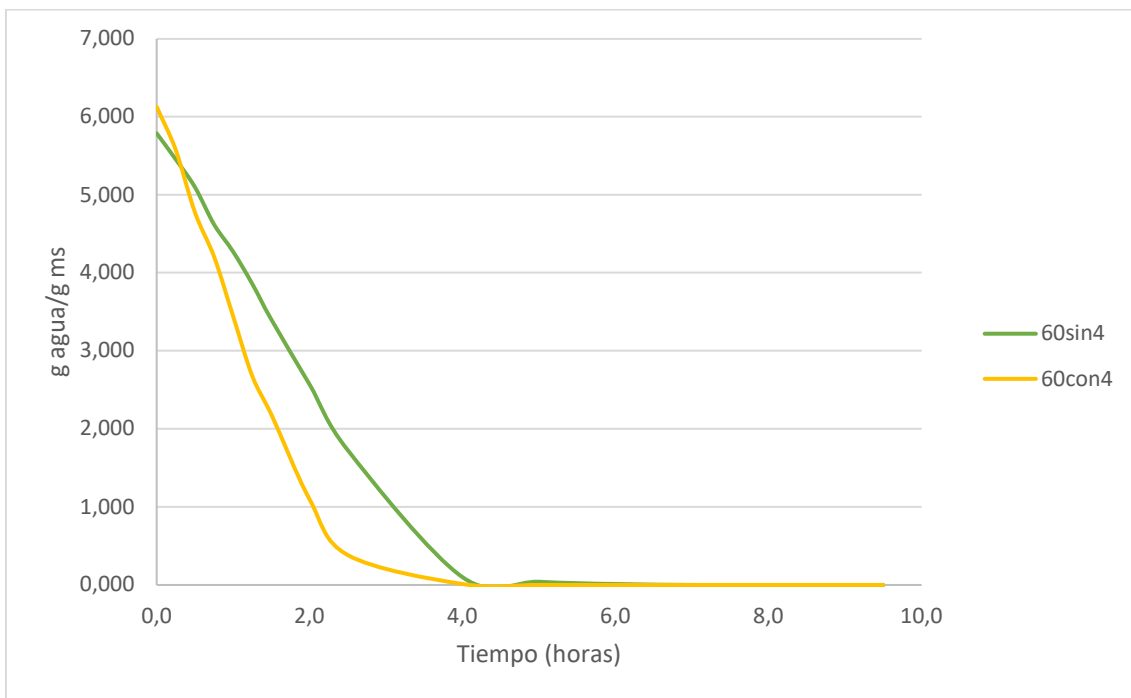


Figura 27. Curvas de secado de muestras con y sin pretratamiento y 4 mm de grosor a 60 °C.

5.2.2. Humedad

Se realizó el análisis ANOVA con tres factores (temperatura, grosor y pretratamiento) para la humedad en las muestras elaboradas a 40 y 60 °C.

En la *tabla 17* se observa como los tres factores estudiados producen diferencias significativas en la humedad final del producto. Además, también se producen

interacciones significativas entre varias parejas de factores (tratamiento-grosor y tratamiento-temperatura)

Tabla 13. ANOVA de tres factores (temperatura, grosor y tratamiento) para la humedad. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.

Factor	Humedad (%)
A: Temperatura	***
B: Grosor	***
C: Tratamiento	***
Interacción A x B	NS
Interacción A x C	**
Interacción B x C	***

*** p < 0,001, ** p < 0,01, * p < 0,05, NS: no significativa

En la *tabla 18*, se ve que, como cabía esperar, el factor con una incidencia más significativa en la humedad es la temperatura de secado. A 60 °C la humedad final de equilibrio alcanzada en los snacks es, en término medio, prácticamente la mitad que la alcanzada a 40 °C (*figura 28*).

Tabla 14. Valores (media ± desviación) de la humedad para cada nivel de temperatura, grosor y tratamiento.

Factor	Humedad (%)
Temperatura	
40 °C	15,7 ± 2,0 b
60 °C	7,8 ± 1,2 a
Grosor	
2 mm	10,6 ± 4,4 a
4 mm	12,8 ± 4,4 b
Tratamiento	
Sin	10,8 ± 4,0 a
Con	12,7 ± 4,8 b

Para cada factor, dos medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas (criterio Tukey, al 95 % de confianza)

El efecto de los otros dos factores es menor (*tabla 18*). Los snacks obtenidos tras pretratamiento presentaron una humedad final ligeramente superior a los no sometidos a dicho tratamiento, sobre todo cuando se secaron a 40 °C (*figura 28*). Por su parte, a mayor grosor de las láminas de manzana, mayor humedad final de los snacks.

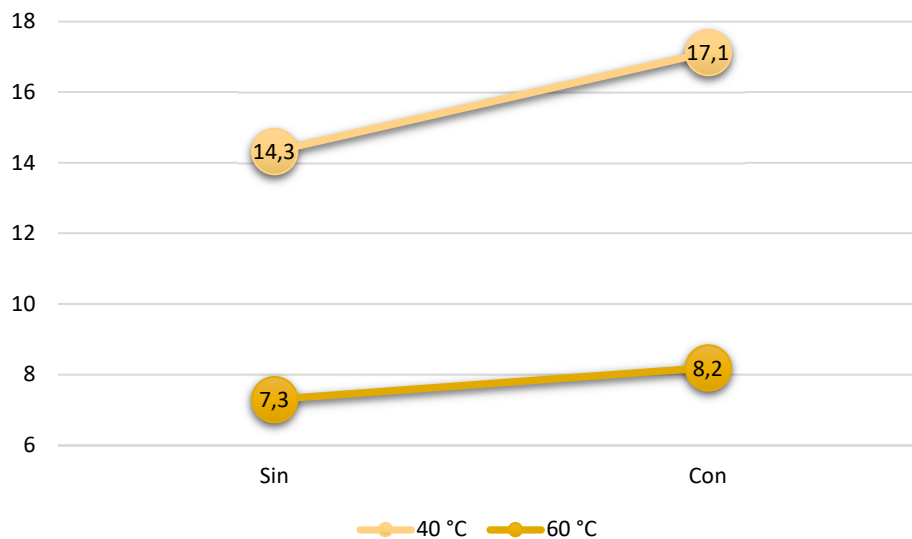


Figura 28. Valores de humedad (%) para cada valor de tratamiento x temperatura.

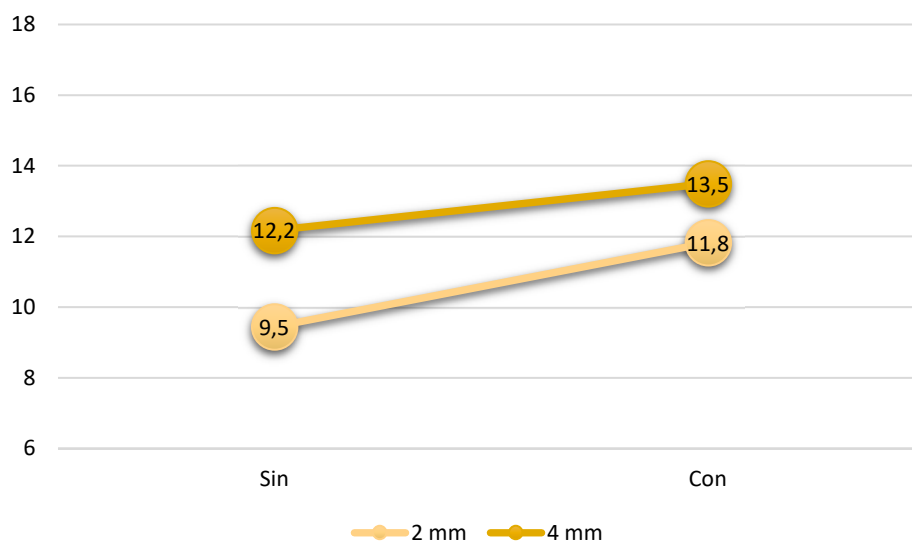


Figura 29. Valores de humedad (%) para cada valor de tratamiento x grosor.

5.2.3. Color

Se realizó el análisis ANOVA con tres factores (temperatura, grosor y pretratamiento) para las variables de color (coordenadas L*, a* y b*) en las muestras elaboradas a 40 y 60 °C.

Como se observa en la *tabla 13*, a la variable L* le afectan todos los factores planteados además de la interacción de la temperatura y el grosor. No obstante, el efecto del grosor es muy reducido a nivel técnico. Como se vio en el estudio de los snacks sin pretratamiento, el descenso de la luminosidad fue realmente significativo en los snacks secados a 80 °C, no existiendo diferencias significativas entre los snacks obtenidos a 40 y 60 °C. Como cabía esperar, el factor más determinante sobre el color es claramente el tratamiento antipardeante, que afecta también a las variables a* y b*.

Tabla 15. ANOVA de tres factores (temperatura, grosor y tratamiento) para las variables de color. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.

Factor	L*	a*	b*
A: Temperatura	*	NS	NS
B: Grosor	**	NS	NS
C: Tratamiento	***	***	***
Interacción A x B	***	**	NS
Interacción A x C	NS	NS	***
Interacción B x C	NS	NS	NS

*** p < 0,001, ** p < 0,01, * p < 0,05, NS: no significativa

Tabla 16.. Valores (media \pm desviación) de las variables color para cada temperatura, grosor y tratamiento.

Factor	L*	a*	b*
Temperatura			
40 °C	86,9 \pm 3,2 b	3,9 \pm 2,0 a	34,4 \pm 4,3 a
60 °C	86,4 \pm 3,2 a	4,1 \pm 2,5 a	34,3 \pm 7,6 a
Grosor			
2 mm	86,3 \pm 3,0 a	3,8 \pm 2,3 a	34,1 \pm 6,5 a
4 mm	87,0 \pm 3,4 b	4,2 \pm 2,2 a	34,6 \pm 5,8 a
Tratamiento			
Sin	83,8 \pm 1,6 a	5,9 \pm 1,3 b	39,7 \pm 2,9 b
Con	89,5 \pm 1,2 b	2,1 \pm 1,0 a	29,0 \pm 3,0 a

Para cada factor, dos medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas (criterio Tukey, al 95 % de confianza)

En la *tabla 14* se observa como en la variable L* (luminosidad) es más cercana al valor L*=100 en el caso del producto con pretratamiento. Esto indica que el tratamiento es efectivo, ya que consigue una mayor luminosidad en la muestra y evita el pardeamiento.

En las *figuras 30 y 31* se puede comprobar que este efecto es independiente del grosor del snack y temperatura de secado.

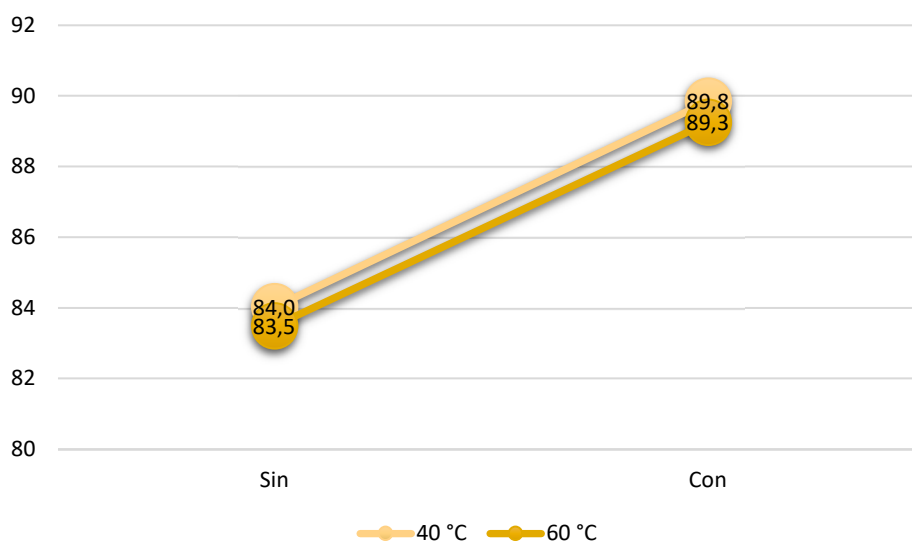


Figura 30. Valores de L* para cada valor de tratamiento x temperatura.

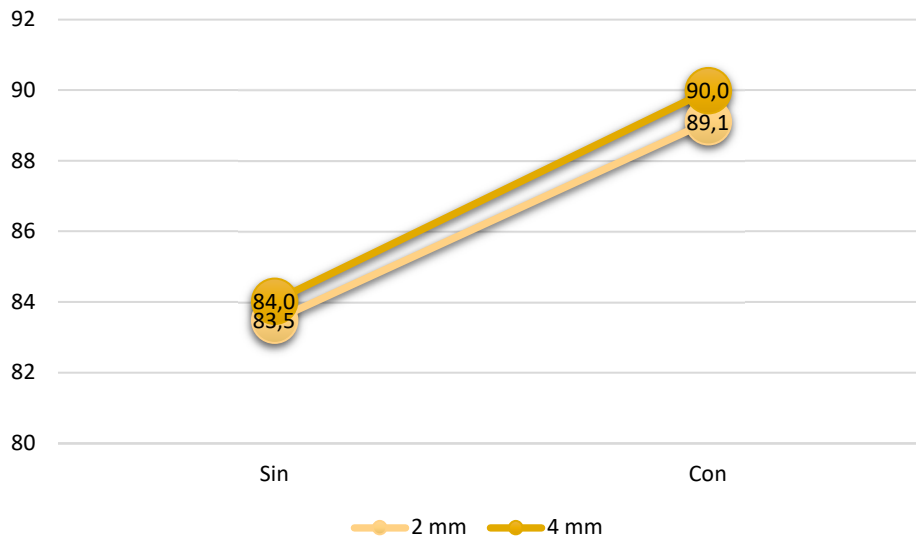


Figura 31. Valores de L* para cada valor de tratamiento x grosor.

La variable a* muestra la diferencia entre el rojo (+a*) y el verde (-a*). También se ve con esta variable el efecto antipardeante del ácido cítrico, ya que en el caso de las muestras con pretratamiento el valor de a* es menor, es decir, menos rojizo. Y se ve también que este efecto es independiente de los otros dos factores (figuras 32 y 33)

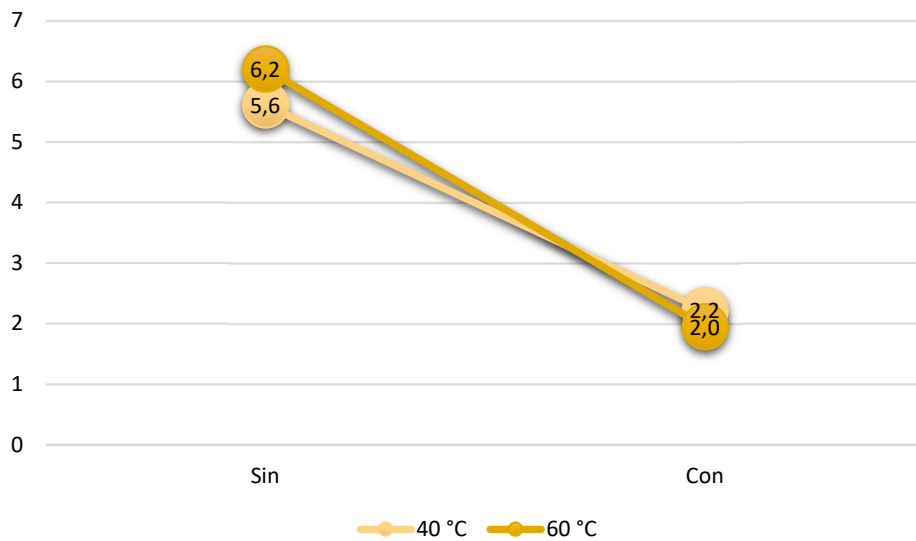


Figura 32. Valores de a* para cada valor de tratamiento x temperatura.

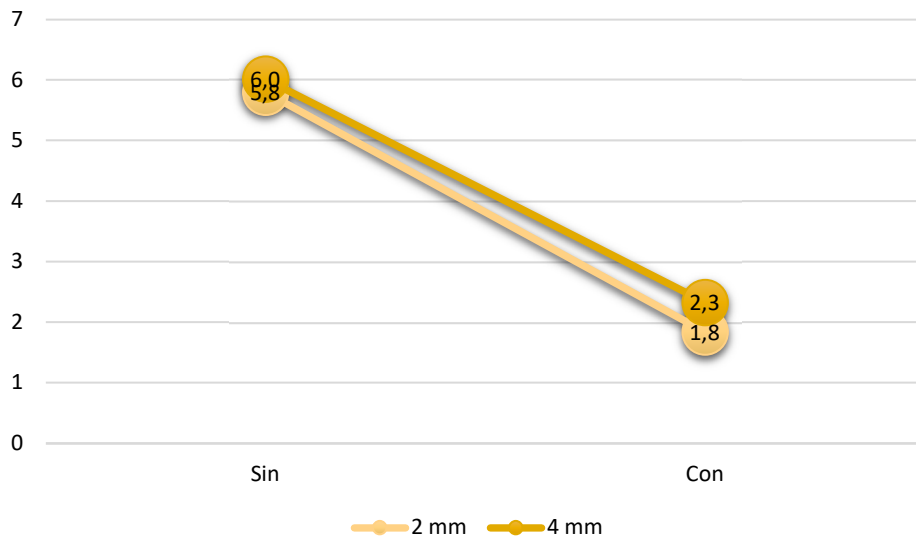


Figura 33. Valores de a^* para cada valor de tratamiento x grosor.

En la variable b^* se aprecia un efecto del tratamiento antipardeante similar la observado en el parámetro a^* . Las muestras sin tratamiento tienen un valor de b^* más elevado, un color más amarillo, más pardeado. Curiosamente, este efecto parece más intenso en las muestras secadas a $60\text{ }^\circ\text{C}$ que en las secadas a $40\text{ }^\circ\text{C}$ (figura 34). El grosor, por su parte, no influye en el efecto del tratamiento antipardeante (figura 35).

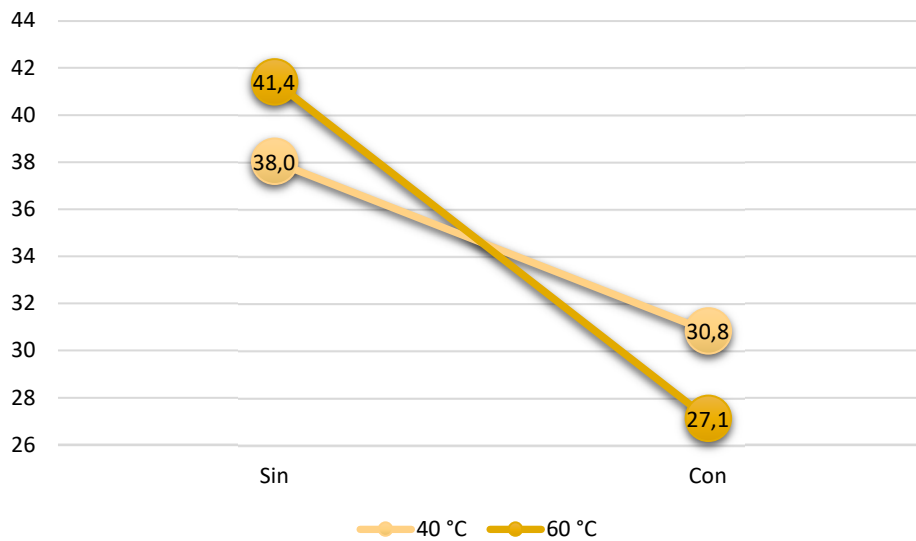


Figura 34. Valores de b^* para cada valor de tratamiento x temperatura.

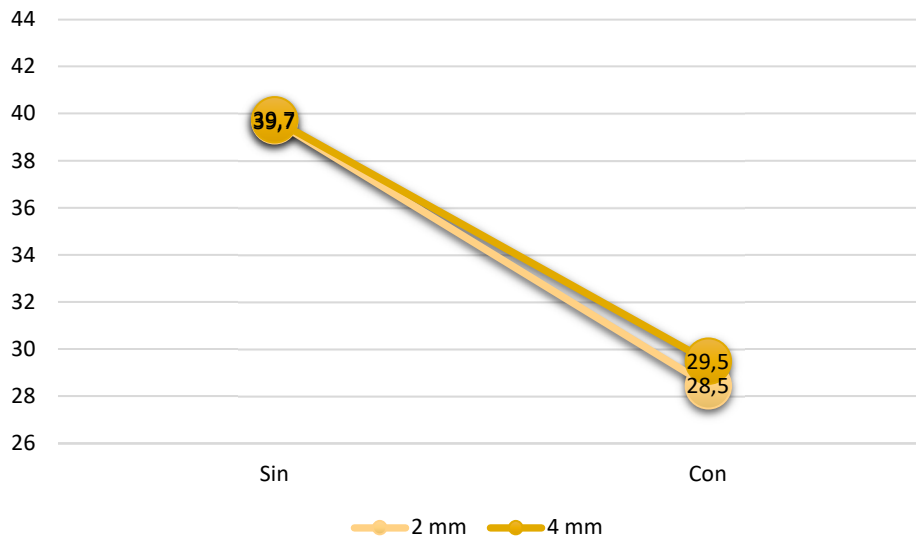


Figura 35. Valores de b^* para cada valor de tratamiento x grosor.

Finalmente, en la *figura 36* se observan snacks obtenidos a 40 y 60 °C, sin y con pretratamiento antipardeante. Se observa cómo al elevar la temperatura de secado el resultado son snacks más pardeados, en los snacks sin pretratamiento. Pero lo que de verdad se observa más claramente es el efecto del tratamiento antipardeante. Los dos snacks obtenidos a partir de láminas de manzana sumergidas en zumo de limón antes del secado parecen mantener un color prácticamente intacto.

Otro aspecto que quizás no se observe bien en toda su extensión en la *figura 36* es que la piel de los snacks tratados con zumo de limón tiene una coloración rojiza mucho más intensa que las no tratadas. Esto probablemente se deba a que el zumo de limón proporciona un menor pH, lo que provoca que los pigmentos antociánicos responsables del color rojo de la piel de las variedades de manzana roja se mantengan en su forma más coloreada.

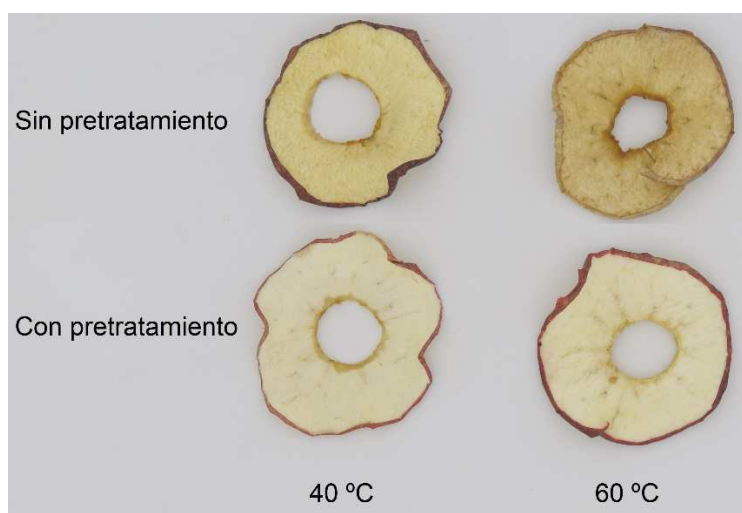


Figura 36. Vista de snacks obtenidos a 40 y 60 °C, sin y con tratamiento antipardeante.

5.2.4. Textura

Se realizó el análisis ANOVA con tres factores (temperatura, grosor y pretratamiento) para las variables de textura (fuerza máxima, tiempo y fracturabilidad) en las muestras elaboradas a 40 y 60 °C

En la *tabla 15* se aprecia como los tres factores afectan a las tres variables de textura, en mayor o menor medida. Además, la Fmax se ve afectada también por todas las interacciones entre factores.

Tabla 17. ANOVA de tres factores (temperatura, grosor y tratamiento) para las variables de textura. Significatividad de los efectos principales y de la interacción.

Factor	F max (g)	Tiempo (s)	Fracturabilidad (s ⁻¹)
A: Temperatura	***	***	***
B: Grosor	***	***	**
C: Tratamiento	**	***	***
Interacción A x B	***	NS	NS
Interacción A x C	***	**	NS
Interacción B x C	***	***	NS

*** p < 0,001, ** p < 0,01, * p < 0,05, NS: no significativa

En la *tabla 16* se observa como las muestras con tratamiento requieren una mayor fuerza para ser rotas pero por el contrario tienen una menor fracturabilidad. Esto se debe a que al añadir zumo de limón el secado no afecta de la misma forma que a las muestras sin pretratamiento, ya que la humedad de la que se parte es mayor y el producto final queda más gomoso.

También se puede apreciar que con el aumento de la temperatura de secado también aumentan la Fmax y la fracturabilidad. Esto indica que las muestras son más crujientes, aspecto que ya se observó en el estudio de los snacks sin pretratamiento.

Tabla 18.. Valores (media ± desviación) de las variables textura para cada temperatura, grosor y tratamiento.

Factor	F max (g)	Tiempo (s)	Fracturabilidad (s ⁻¹)
Temperatura			
40 °C	298 ± 67 a	35,2 ± 14,7 b	0,034 ± 0,016 a
60 °C	375 ± 124 b	28,2 ± 10,8 a	0,042 ± 0,020 b
Grosor			
2 mm	282 ± 59 a	28,1 ± 9,8 a	0,042 ± 0,019 b
4 mm	390 ± 116 b	35,3 ± 15,4 b	0,035 ± 0,017 a
Tratamiento			
Sin	322 ± 137 a	20,9 ± 5,7 a	0,052 ± 0,016 b
Con	351 ± 59 b	42,5 ± 9,5 b	0,025 ± 0,005 a

Para cada factor, dos medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas (criterio Tukey, al 95 % de confianza)

En las *figuras 34, 35, 36, 37, 38 y 39* se observa que, con el aumento del grosor, la temperatura y la adición de tratamiento la fuerza máxima y el tiempo aumentan. Sin embargo, con la fracturabilidad ocurre lo contrario, disminuye con el tratamiento y con el aumento de grosor.

Además, en algunos casos se observa cierta interacción entre los factores. El efecto del grosor sobre la fuerza máxima se produce en los snacks secados a 60 °C pero no en los secados a 40 °C, o dicho de otra forma, el efecto de la temperatura es significativo en los snacks de 4 mm, pero no en los de 2 mm (figura 37).

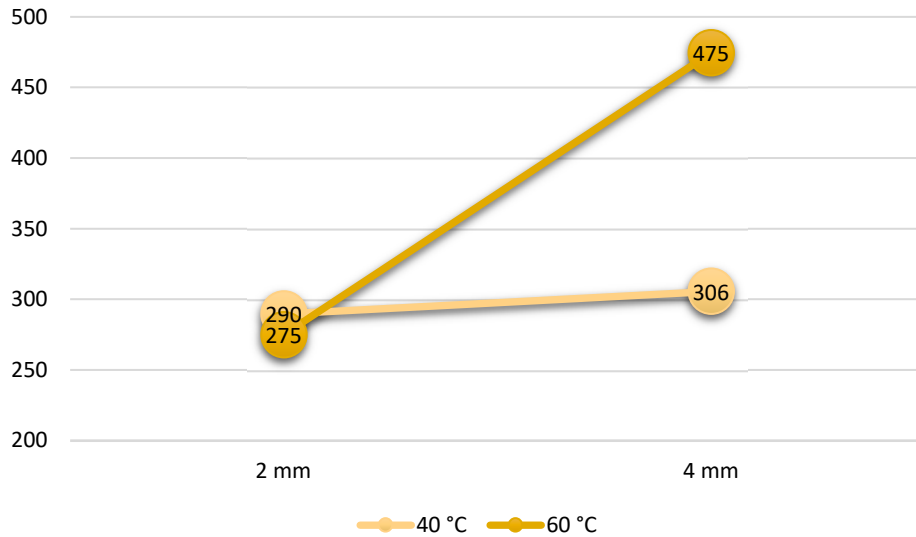


Figura 37. Valores de Fmax (g) para cada valor de grosor x temperatura.

También en la fuerza máxima se ve una interacción entre los factores temperatura y tratamiento antipardeante. El efecto de la temperatura solo se produce en los snacks no tratados. En los snacks tratados se observa que la fuerza máxima es similar sea cual sea la temperatura de secado (figura 38).

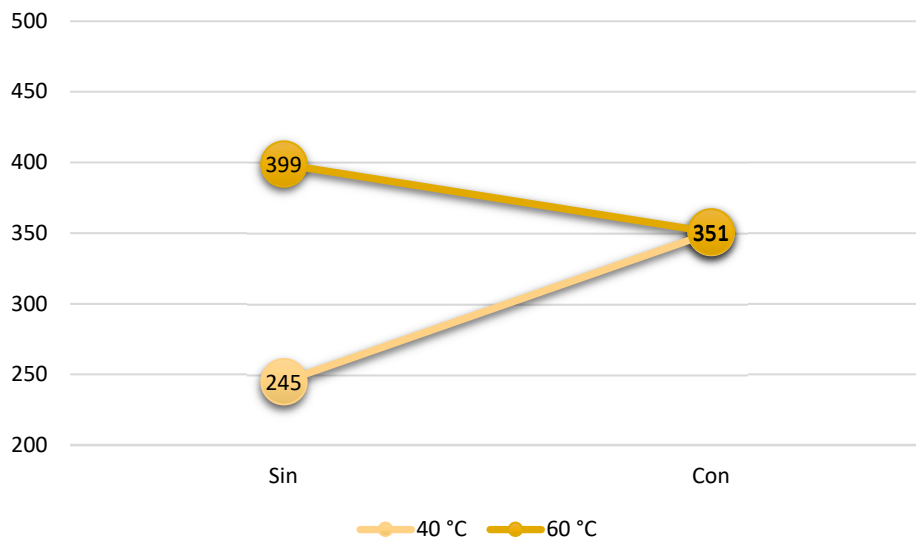


Figura 38. Valores de Fmax (g) para cada valor de tratamiento x temperatura.

Finalmente, es muy destacable el efecto del tratamiento con zumo de limón sobre las variables tiempo y fracturabilidad. De los tres factores, es el que más influye en estas variables, aumentando el valor de la primera y disminuyendo el de la segunda. Se comprueba que el pretratamiento provoca que los snacks sean más “gomosos”, menos fracturables.

Este efecto es ligeramente superior en los snacks obtenidos a 40 °C que en los obtenidos a 60 °C (figura 39) y también en los snacks obtenidos con láminas de manzana de 4 mm que en los producidos con láminas de 2 mm (figura 40).

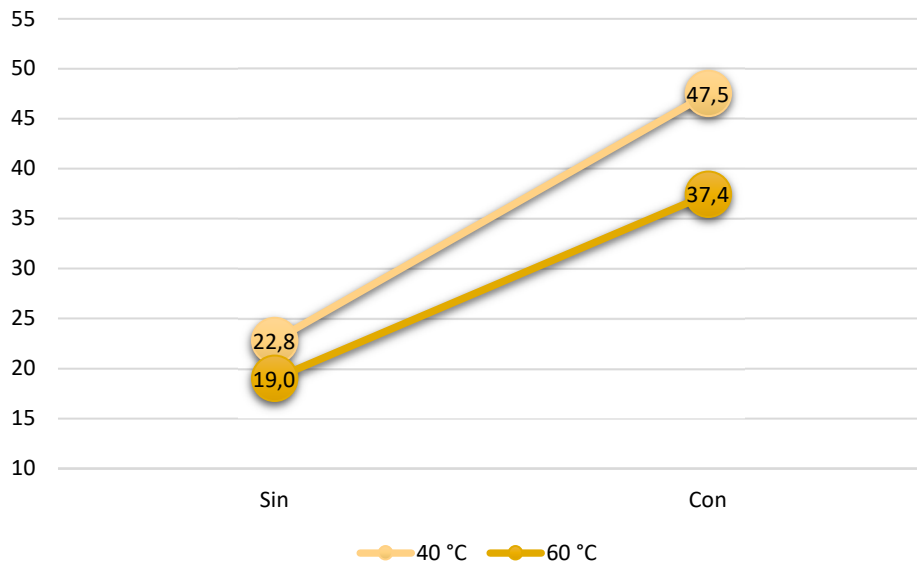


Figura 39. Valores de Tiempo (s) para cada valor de tratamiento x temperatura.

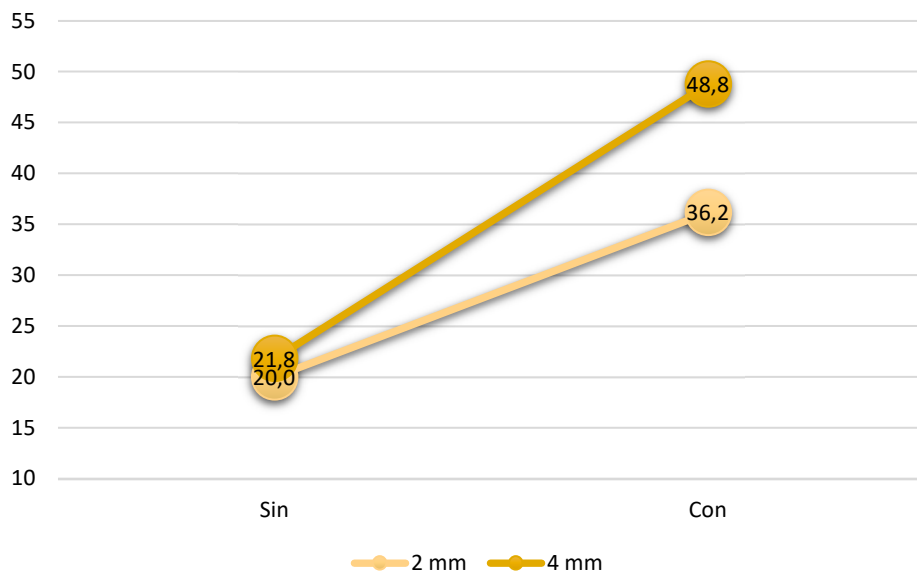


Figura 40. Valores de Tiempo (s) para cada valor de tratamiento x grosor.

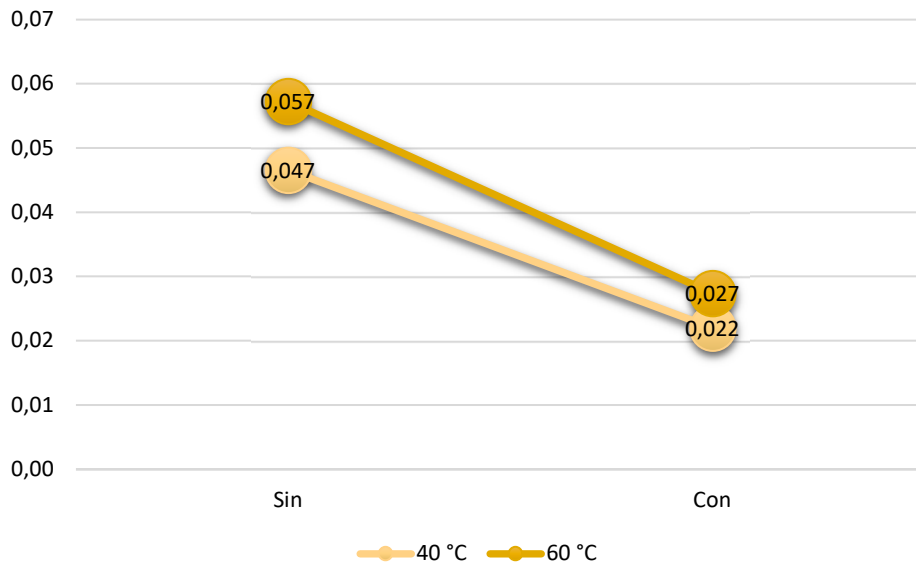


Figura 41. Valores de Fracturabilidad (s^{-1}) para cada valor de tratamiento x temperatura.

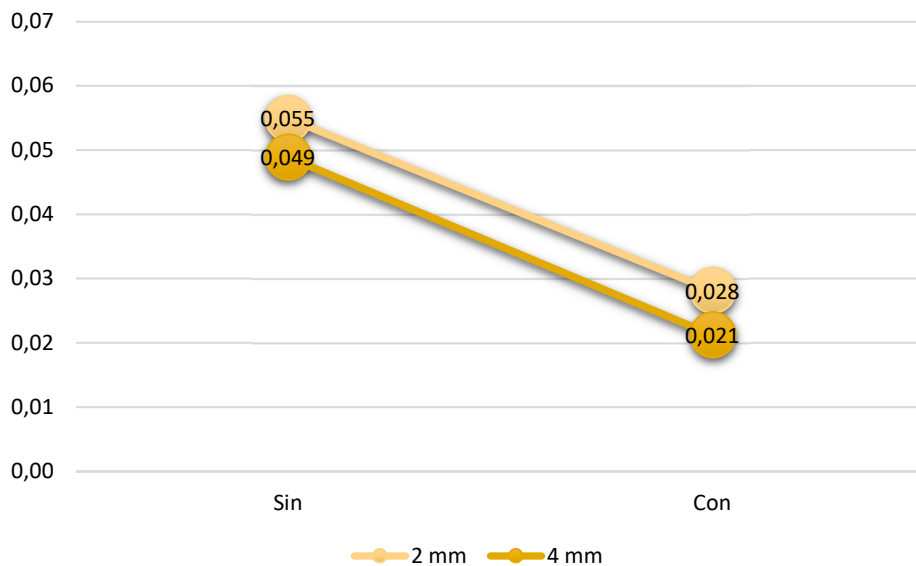


Figura 42. Valores de Fracturabilidad (s^{-1}) para cada valor de tratamiento x grosor.

6. Conclusiones

Tras analizar y discutir todos los resultados, se llega a las siguientes conclusiones:

La cinética de secado se ve afectada en mayor o menor medida por los tres factores estudiados.

La temperatura es el factor que más afecta en este aspecto. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la velocidad de secado de las muestras y más rápido es el proceso. El pretratamiento con zumo de limón también afecta a la velocidad de secado, produciendo secados más largos en el caso de las muestras tratadas. Sin embargo, este efecto se ha observado en mayor medida en las muestras secadas a 40 °C, pudiéndose

considerar que en las secadas a 60 °C, aunque se observen esas diferencias, no se entiendan como significativas. El grosor de las láminas produce diferencias en la velocidad de secado. En las muestras de 4 mm de grosor se observan secados más largos y lentos que en las muestras de 2 mm de grosor.

La humedad también se ve afectada por los tres factores estudiados. La temperatura produce diferencias significativas. A mayor temperatura, menores humedades finales del producto. Con el aumento del grosor, se produce también un ligero aumento de la humedad final del snack. Y por último la adición del pretratamiento hace que la humedad final sea más elevada. Este efecto se acentúa cuando la temperatura de secado es más baja.

El color se ve afectado únicamente por los factores temperatura y tratamiento. El grosor no tiene influencia en este parámetro.

Cuanto más alta es la temperatura a la que se realiza el secado, más pardeados quedan los snacks (en el caso de no llevar pretratamiento antipardeante). El incremento del pardeamiento fue especialmente significativo a 80 °C. Sin embargo, si se realiza dicho pretratamiento el color del producto final se ve poco modificado, independientemente de la temperatura de secado (las diferencias entre los snacks tratados con zumo de limón y secados a 40 y 60 °C son mínimas).

La textura se ve afectada por todos los factores estudiados en mayor o menor medida.

La temperatura de secado produce que la fracturabilidad de los snacks varíe. Esto provoca que a temperaturas más altas de secado los snacks obtenidos sean más crujientes, mientras que a temperaturas más bajas el producto final tenga una textura más gomosa. La gomosidad se ve acentuada si en la elaboración se añade el tratamiento antipardeante. Los snacks resultantes de la aplicación del tratamiento con zumo de limón y secado a la temperatura más baja son muy gomosos y los resultantes del secado a la temperatura más alta sin previo tratamiento antipardeante son muy crujientes. El grosor afecta en menor medida a la textura, aunque si se aprecian ciertas diferencias en la fracturabilidad y la fuerza máxima sobre todo si se estudia combinado con los otros factores. En general a mayor grosor, mayor fuerza máxima y menor fracturabilidad.

Finalmente, se puede concluir que la mejor combinación de factores para elaborar los snacks de manzana es utilizar una temperatura de 60 °C con pretratamiento antipardeante. De esta forma, se consiguen unos snacks crujientes pero que además no resultan excesivamente pardeados por utilizar el secado a la temperatura más elevada y se ven ayudados para ello por el tratamiento con zumo de limón. El grosor tiene menor importancia, aunque a menor grosor los snacks resultan un poco más crujientes. Desde el punto de vista económico parece tener más sentido optar por los menos gruesos, dado que el número de snacks obtenidos por cada manzana va a ser prácticamente el doble.

Conviene matizar también que todos estos resultados deberían ser contrastados con una adecuada evaluación sensorial tal y como se planteó inicialmente, ya que las

conclusiones anteriores derivan únicamente de los datos fisicoquímicos. Por ejemplo, se ha comprobado que el tratamiento antipardeante mejoró muy significativamente el color del producto final. No obstante, también se pudo constatar que la intensidad del sabor ácido en los snacks tratados con zumo de limón se veía claramente incrementada. Sería interesante comprobar cómo incide este hecho en el grado de aceptación sensorial de los snacks.

7. Bibliografía

- Aghilinategh, N., Rafiee, S., Gholikhani, A., Hosseinpour, S., Omid, M., Mohtasebi, S. S., & Maleki, N. (2015). A comparative study of dried apple using hot air, intermittent and continuous microwave: Evaluation of kinetic parameters and physicochemical quality attributes. *Food Science & Nutrition*, 3(6), 519-526. <https://doi.org/10.1002/fsn3.241>
- Albertos, I., Rico, D., & Martin-Diana, A. B. (2020). Improving the texture of healthy apple snacks by combining processing and technology (high pressure and vacuum frying). *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(3). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14352>
- Andrés, A., Bilbao-Sáinz, C., & Fito, P. J. (2004). Drying kinetics of apple cylinders under combined hot air–microwave dehydration. *Journal of Food Engineering*, 63, 71-78. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00284-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00284-X)
- Antal, T., & Kerekes, B. (2016). Investigation of Hot Air- and Infrared-Assisted Freeze-Drying of Apple: Hybrid Drying of Apple. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(2), 257-269. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12603>
- Asiye, & Hasan. (2016). Effect of pretreatments on color of dehydrated different apple cultivars during storage. <https://www.semanticscholar.org/paper/EFFECT-OF-PRETREATMENTS-ON-COLOR-OF-DEHYDRATED-Asiye-Hasan/82980567d31c4ee2ea7a35a97c9659e2068e73e1>
- Denoya, G. I., Ardanaz, M., Sancho, A. M., Benítez, C. E., González, C., & Guidi, S. (2012). Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 38(3), 263-267.
- FEPEX. (2020). FEPEX. <https://www.fepex.es/servicios/produccion>
- Fito Maupoei, P. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Editorial U.P.V.
- Junlakan, W., Tirawanichakul, S., & Yamsaengsung, R. (2017). Effects of vacuum drying on structural changes of bananas, pineapples, and apples. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13264. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13264>
- Maleki, M., Shahidi, F., Varidi, M. J., & Azarpazhooh, E. (2020). Hot air drying kinetics of novel functional carrot snack: Impregnated using polyphenolic rich osmotic solution with ultrasound pretreatment. *Journal of Food Process Engineering*, 43(2). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13331>

- MAPA. (2020a). Alimentación. MAPA.
<https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/default.aspx>
- MAPA. (2020b). Últimos datos de consumo alimentario.
<https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/ultimos-datos/default.aspx>
- Marín B, E., Lemus M, R., Flores M, V., & Vega G, A. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista chilena de nutrición*, 33(3).
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182006000500009>
- Miller, R., Benelam, B., Stanner, S. A., & Buttriss, J. L. (2013). Is snacking good or bad for health: An overview: Is snacking good or bad for health? *Nutrition Bulletin*, 38(3), 302-322. <https://doi.org/10.1111/nbu.12042>
- Moreno, J., Espinoza, C., Simpson, R., Petzold, G., Nuñez, H., & Gianelli, M. P. (2016). Application of ohmic heating/vacuum impregnation treatments and air drying to develop an apple snack enriched in folic acid. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 381-386.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.12.014>
- Muñoz-Villa, A., Sáenz-Galindo, A., López-López, L., Cantú-Sifuentes, L., & Barajas-Bermúdez, L. (2014). Ácido Cítrico: Compuesto Interesante Citric Acid. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 16 (12), 18-23. 12, 6.
- Pacheco-Estay, L. A. P. (2009). Determinación de nutrientes en manzanas de las variedades Fuji Royal, Granny Smith y Fuji en frutos libres y afectados por bitter pit. *Memoria Fin de Estudios, Universidad de Chile*.
Http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105311/qf-pacheco_l.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311-319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)
- Reale, V. A., Torrez Irigoyen, R. M., & Giner, S. A. (2019, abril). Desarrollo de un proceso para la obtención de snacks saludables de frutas mediante liofilización. *V Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería (La Plata, 2019)*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/75701>
- Sanjuán, N., Simal, S., Bon, J., & Mulet, A. (1999). Modelling of broccoli stems rehydration process. *Journal of Food Engineering*, 42(1), 27-31.
[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00099-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00099-0)
- Tavera-Quiroz, M. J., Romano, N., Mobili, P., Pinotti, A., Gómez-Zavaglia, A., & Bertola, N. (2015). Green apple baked snacks functionalized with edible coatings of methylcellulose containing *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Functional Foods*, 16, 164-173. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.024>

Vega-Mercado, H., Marcela Góngora-Nieto, M., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2001). Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 271-289. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00224-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00224-7)

Zapata Montoya, J. E. Z. & Castro Quintero, G (1999). Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 52 (1) 451-466.

ANEXOS

ANEXO I: Ficha de cata de prueba hedónica



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Innovación en Productos y Procesos
Alimentarios

Dpto. Tecnología de alimentos

Se presentan 6 muestras de snack de manzana. Empezando por la izquierda, valore los atributos de cada producto asignándoles una puntuación entre 1 y 9, siendo 1 la mínima puntuación y 9 la máxima.

- 1= Me disgusta muchísimo
- 2= Me disgusta mucho
- 3= Me disgusta bastante
- 4= Me disgusta un poco
- 5= Ni me gusta ni me disgusta
- 6= Me gusta un poco
- 7= Me gusta bastante
- 8= Me gusta mucho
- 9= Me gusta muchísimo

	Código muestra						
Apariencia							
Color							
Acidez							
Dulzor							
Sabor							
Textura							
Impresión global							

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Nombre: _____

Código muestra

Pruebe la muestra y señale su grado de aceptación marcando la respuesta en la siguiente escala:

- Me gusta muchísimo
- Me gusta mucho
- Me gusta bastante
- Me gusta un poco
- Ni me gusta ni me disgusta
- Me disgusta un poco
- Me disgusta bastante
- Me disgusta mucho
- Me disgusta muchísimo

A continuación, evalúe los parámetros siguientes, en el orden en que aparecen, marcando el cuadro que considere en cada escala:

Crujiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mucho menos que lo que me gusta	Menos que lo que me gusta	Justo como me gusta	Más que lo que me gusta	Mucho más que lo que me gusta
Acidez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mucho menos que lo que me gusta	Menos que lo que me gusta	Justo como me gusta	Más que lo que me gusta	Mucho más que lo que me gusta
Dulzor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mucho menos que lo que me gusta	Menos que lo que me gusta	Justo como me gusta	Más que lo que me gusta	Mucho más que lo que me gusta
Color tostado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mucho menos que lo que me gusta	Menos que lo que me gusta	Justo como me gusta	Más que lo que me gusta	Mucho más que lo que me gusta