



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AGROALIMENTARIA**

**DESARROLLO TECNOLÓGICO Y VALORACIÓN
ECONÓMICA DE UN NUEVO PRODUCTO A BASE DE
PIÑÓN ROSA MEXICANO.**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

Presenta:

SILVIA LOPEZ LINO



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
REGISTRO DE EXAMENES PROFESIONALES

Bajo la supervisión de: ANASTACIO ESPEJEL GARCÍA, DR.



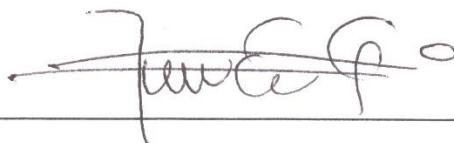
Chapingo, Estado de México, a 22 de Julio de 2019.

DESARROLLO TECNOLÓGICO Y VALORIZACIÓN ECONÓMICA DE UN NUEVO PRODUCTO A BASE DE PIÑÓN ROSA MEXICANO

Tesis realizada por **SILVIA LÓPEZ LINO** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

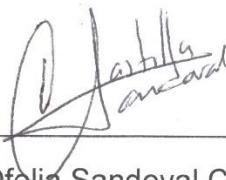
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

DIRECTOR:



Dr. Anastacio Espejel García

ASESOR:



Dra. Ofelia Sandoval Castilla

ASESOR:



Ph.D. Arturo Hernández Montes

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE CUADROS	ix
AGRADECIMIENTOS	xii
DEDICATORIA	xiii
DATOS BIOGRÁFICOS	xiv
RESUMEN GENERAL	xv
GENERAL ABSTRACT	xvi
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	17
2. REVISIÓN DE LITERATURA	19
2.1 Piñón Rosa Mexicano (<i>Pinus cembroides</i>)	19
2.1.1 Origen	19
2.1.2 Producción y comercio	21
2.1.3 Composición nutricional	22
2.1.4 Usos	24
2.2 Productos Untables	24
2.2.1 Formulación	25
2.2.2 Propiedades de calidad	31
2.3 Valoración económica.....	38
2.3.1 Valorización económica de los bienes de no mercado.....	38
2.4 Literatura citada	44
3. OPTIMIZACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UN NUEVO PRODUCTO UNTABLE A BASE DE PIÑÓN	54
3.1 Resumen	54
Abstract	55

3.2	Introducción	56
3.3	Materiales y métodos.....	57
3.3.1	Planeación experimental	57
3.3.2	Materiales.....	58
3.3.3	Métodos	58
3.4	Resultados y discusión	63
3.4.1	Resultados de la superficie de respuesta.....	63
3.4.2	Efecto de los niveles de piñón y aceite en los atributos sensoriales	65
3.4.3	Efecto de los niveles de piñón y aceite en los atributos de textura	67
3.4.4	Efecto de los niveles de piñón y aceite en los atributos de calidad	70
3.4.5	Efecto de los niveles de piñón y aceite en los atributos económicos	72
3.4.6	Optimización de las variables respuesta y predicción del tratamiento óptimo	73
3.5	Conclusiones	76
3.6	Literatura citada	76
4.	CARACTERIZACIÓN PROXIMAL, ANÁLISIS DE TEXTURA Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE CREMA UNTABLE DE PIÑÓN ROSA MEXICANO.....	79
4.1	Resumen	79
	Abstract	80
4.2	Introducción	81
4.3	Materiales y métodos.....	82
4.3.1	Muestra	82
4.3.2	Análisis proximal y aporte calórico	82
4.3.3	Análisis de textura	82
4.3.4	Perfil de ácidos grasos	83

4.3.5	Análisis estadístico	83
4.4	Resultados y discusión	84
4.4.1	Valor nutricional.....	84
4.4.2	Análisis de textura	86
4.4.3	Perfil de ácidos grasos	89
4.5	Conclusiones	92
4.6	Literatura citada	92
5.	CARACTERIZACIÓN SENSORIAL Y VIDA DE ANAQUEL EN CREMA	
	UNTABLE DE PIÑÓN ROSA MEXICANO	96
5.1	Resumen	96
	Abstract	97
5.2	Introducción	98
5.3	Materiales y métodos.....	101
5.3.1	Muestras	101
5.3.2	Análisis estadístico.....	103
5.4	Resultados y discusión	104
5.4.1	Vida útil sensorial	105
5.4.2	Análisis descriptivo cuantitativo.....	108
5.5	Conclusiones	113
5.6	Literatura citada	114
6.	HÁBITOS DE CONSUMO Y DISPOSICIÓN A PAGAR POR CREMA	
	UNTABLE DE PIÑÓN (<i>Pinus cembroides spp.</i>)	118
6.1	Resumen	118
	Abstract	119
6.2	Introducción	120
6.3	Materiales y métodos.....	123
6.3.1	Fuente de datos	123

6.3.2	Experimento de elección	124
6.4	Resultados y discusión	126
6.4.1	Hábitos de consumo de cremas untables	126
6.4.2	Experimento de elección	130
6.4.3	Hábitos de compra de cremas untables relacionados con la elección.	132
6.5	Conclusiones	134
6.6	Literatura citada	134
7.	INTENCIÓN DE COMPRA Y FACTORES QUE DETERMINAN EL PRECIO EN CREMAS UNTABLES DE PIÑÓN ROSA MEXICANO	138
7.1	Resumen	138
	Abstract	139
7.2	Introducción	140
7.3	Materiales y métodos.....	142
7.3.1	Fuente de datos	142
7.3.2	Selección de características y definición de variables.....	143
7.3.3	Análisis estadístico.....	144
7.4	Resultados y discusión	145
7.4.1	Intención de compra.....	145
7.4.2	Precios hedónicos	152
7.5	Conclusiones	156
7.6	Literatura consultada	157
	CONCLUSIONES GENERALES.....	162

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva típica de extrusión inversa.....	35
Figura 2. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de crema untable de piñón.	62
Figura 3. Superficie de respuesta de la aceptabilidad en crema untable de piñón realacionada con los niveles de porcentaje de piñón y aceite.	66
Figura 4. Efectos de los niveles de porcentaje de piñón y aceite sobre la adhesividad en crema untable de piñón.	69
Figura 5. Superficie de respuesta para Índice de peróxidos relacionado con los niveles de porcentaje de piñón y aceite.	71
Figura 6. Superficie de respuesta para la variable costos de la formulación de crema untable de piñón relacionada con los niveles de porcentaje de piñón y aceite.	73
Figura 7. Cromatograma de esteres metílicos derivados del aceite de la crema por CG-EM.....	90
Figura 8. Modelo ajustado Arrhenius-lognormal, para tres temperaturas (19, 37 y 55 °C) en crema untable de piñón para predecir vida de anaquel sensorial...	107
Figura 9. Atributos obtenidos en el QDA y ubicación de los cinco tiempos de almacenamiento de correspondientes a 0, 66, 120, 193 y 273 horas y temperatura de 55 °C, obtenidos por Análisis de componentes principales para la crema untable de piñón.	110
Figura 10. Lugares comerciales empleados para la adquisición de compra de cremas untables.....	126
Figura 11. Frecuencia de consumo de acuerdo al ingreso mensual.....	127
Figura 12. Momento del día en el que se consumen las cremas untables.	128
Figura 13. Nivel de importancia (5=Muy importante, 0=nada importante) de algunas características que poseen las cremas de acuerdo al nivel de ingresos.	129

Figura 14. Análisis de componentes principales atributos de elección y características importantes de las cremas untables al momento de realizar la compra.....	133
Figura 15. Razones que determinan la intención de compra de crema untable de piñón natural y el nivel de importancia (1=Muy en desacuerdo, 2=En desacuerdo, 3=Indiferente, 4=De acuerdo y 5=Muy de acuerdo).....	151
Figura 16. Correlaciones entre los elementos relacionados con el precio hedónico de una crema natural de piñón.	154

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Valor nutricional y pesos para la porción comestible de piñones.	22
Cuadro 2. Porcentaje de proteína, grasas y carbohidratos de distintos piñones comercializados a nivel internacional ¹	23
Cuadro 3. Diseño Compuesto Central (superficie de respuesta), con los porcentajes de formulación (piñón y aceite) del nuevo producto untable a base de piñón y los datos codificados	61
Cuadro 4. Formulación establecida para la elaboración de crema untable de piñón, tomando como base los niveles obtenidos de la superficie de respuesta para piñón y aceite.....	63
Cuadro 5. Significancia de las variables dependientes de diseño compuesto central analizadas con superficie de respuesta.	64
Cuadro 6. Valores de untabilidad determinados para cada uno de los tratamientos obtenidos del diseño compuesto central para la elaboración de crema untable de piñón.	65
Cuadro 7. Valores de firmeza y consistencia determinados para cada uno de los tratamientos obtenidos del diseño compuesto central para la elaboración de crema untable de piñón.	68
Cuadro 8. Valores de porcentaje de desgrasado determinados para cada uno de los tratamientos obtenidos del diseño compuesto central para la elaboración de crema untable de piñón.	72
Cuadro 9. Optimización de las variables respuesta de crema untable de piñón untable.	74
Cuadro 10. Predicciones de la aceptabilidad y costos para la selección del tratamiento óptimo.	75
Cuadro 11. Análisis proximal de la crema con respecto al piñón.....	84

Cuadro 12. Comparación de la calidad nutricional de la crema untable de piñón en base seca con otras cremas.	86
Cuadro 13. Medidas de textura de crema untable de piñón rosa mexicano.	87
Cuadro 14. Compuestos identificados por CG-EM.	92
Cuadro 15. Temperatura y tiempos empleados para la crema untable de piñón de vida de anaquel acelerada.	102
Cuadro 16. Valor Anderson-Darling (primer criterio para seleccionar la distribución adecuada).	105
Cuadro 17. Criterio AIC.	105
Cuadro 18. Valores de logverosimilitud para temperaturas y modelo ajustado.	106
Cuadro 19. Parámetros estimados por Máxima Verosimilitud (MV) del modelo lognormal con el parámetro de escala constante.	107
Cuadro 20. Valores de vida útil estimados para el 50 % de rechazo del consumidor y sus intervalos de confianza del 95 %.	108
Cuadro 21. Resultados de la comparación de medias de los 17 descriptores de crema untable de piñón rosa mexicano con cinco tiempos almacenamiento (0, 66, 120, 193 y 273 horas) y temperatura de 55 °C.	109
Cuadro 22. Caracterización sociodemográfica de las muestras	123
Cuadro 23. Atributos y niveles incluidos en el estudio de elección.	124
Cuadro 24. Tarjeta o conjunto de elección de un nuevo producto untable a base de piñón rosa mexicano.	125
Cuadro 25. Modelo Logit Condicional: parámetros estimados y disposición al pago (DAP)	130
Cuadro 26. Variables determinadas para el modelo de precios hedónicos basadas en la formulación de la crema untable de piñón.	143
Cuadro 27. Tabla de contingencia intención de compra*género del decisor ..	145
Cuadro 28. Tabla de contingencia intención de compra*edad del decisor.	146
Cuadro 29. Tabla de contingencia intención de compra*nivel de estudios del decisor.	147

Cuadro 30. Tabla de contingencia intención de compra*ocupación del decisor.	147
Cuadro 31. Tabla de contingencia intención de compra*nivel de ingresos del decisor.	148
Cuadro 32. Prueba Chi-cuadrado de independencia entre las variables socioeconómicas ($\alpha = 0.05$) para cada una de las categorías de intención de compra de una crema natural de piñón.	149
Cuadro 33. Prueba Chi-cuadrado de independencia entre las variables socioeconómicas ($\alpha = 0.05$) para cada una de las categorías de intención de compra de una crema natural de piñón.	153
Cuadro 34. Variables y sus estadísticas descriptivas utilizadas en el modelo de precios hedónicos	153
Cuadro 35. Estimación de los parámetros hedónicos en función del precio de la crema untada de piñón natural.....	155

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado para la culminación de mis estudios.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, por darme la oportunidad de culminar una meta más en mi vida.

A mi director de tesis Dr. Anastacio Espejel García, pilar importarte en la planeación y culminación de esta investigación, a quien expreso mi más sincera gratitud, por compartirme de sus conocimientos y apoyarme incondicionalmente.

A la Dra. Ofelia Sandoval Castilla, por su disposición, apoyo, orientación, asesoría, compromiso y por la confianza para realizar este trabajo de investigación, pero sobre todo por su amistad y alegría con la que siempre me motivo a seguir aprendiendo.

Al Dr. Arturo Hernandez Montes, a quien le doy las gracias, por ser parte de la finalización de este estudio, al enriquecerlo con críticas y sugerencias acertadas en el tema.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a los seres más maravillosos del mundo, a quienes les debo la vida y todo lo que soy.

A mi madre

María Violeta Guadalupe Lino López

Por ser mi ángel, mi guía, consejera y amiga, sé, que toda tu vida ha estado llena sacrificio y esfuerzo que has hecho por mí, quiero que sientas que el objetivo logrado también es tuyo y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue tu apoyo.

A mi padre

Juan Dagoberto López Silva

Por confiar y creer en mí, apoyarme en mis decisiones y darme la oportunidad de seguir adelante con mis metas.

A mis hermanos

Guadalupe, Juan, Alfonso, Rodrigo y Fernando

Mis primeros amigos y protectores a quien quiero, respeto y admiro.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Silvia López Lino

Fecha de nacimiento: 28 de diciembre de 1992

Lugar de nacimiento: Jalacingo, Veracruz

CURP: LOLS92128MVZPNL07

Cédula profesional: 11087308 (Licenciatura)

Desarrollo académico

Ingeniero Agroindustrial

RESUMEN GENERAL

DESARROLLO TECNOLÓGICO Y VALORACIÓN ECONÓMICA DE UN NUEVO PRODUCTO A BASE DE PIÑÓN ROSA MEXICANO

Los objetivos de esta investigación fueron formular un nuevo alimento a base de piñón, optimizando variables respuestas relacionadas con la calidad y características tecnológicas que garanticen propiedades deseables en el alimento, como la untabilidad; caracterizar el producto untable en términos proximales, texturales y determinar los ácidos grasos presentes para valorar su calidad nutricional y vida útil sensorial; valorar los atributos naturales de la crema mediante la disposición a pagar y el establecimiento del precio hedónico para el producto. Para la formulación y estructuración se usó la metodología de superficie de respuesta con dos factores (% de piñón y % de aceite) a dos niveles, utilizándose un diseño central compuesto. Se utilizaron ocho variables respuestas de las que solo fueron estadísticamente significativas cuatro ($p < 0.05$) la aceptabilidad, adhesividad, peróxidos y costos. Para determinar el tratamiento óptimo se maximizaron las dos primeras y el resto se minimizaron, obteniéndose una formulación con 46 % piñón y 17 % aceite, con una aceptabilidad de 7, \$ 70.00 / 100 g como costo de producción, una adhesividad de -669.73 g s^{-1} y $2.04 \text{ meq O}_2 \text{ Kg}^{-1}$ de índice de peróxido. La crema tiene como componente principal grasa ($45.03 \pm 0.21 \%$) en ésta el oleico fue el ácido graso más abundante, seguido del linoleico, su firmeza fue de $1269.03 \pm 0.5 \text{ g}$, consistencia de $3390.1 \pm 0.4 \text{ g s}^{-1}$ y $700.23 \pm 0.6 \text{ g s}^{-1}$ de adhesividad. Se encontró una vida útil sensorial de 250.2 horas sin el uso de conservadores. Por último, la mayor disposición a pagar obtenida fue del 39 % si la crema cuenta con un sello de productores y además el precio que están dispuestos a pagar los consumidores ($n=247$) es de \$126.5 / 250 g por su color y una crema sin conservador.

Palabras clave: crema untable, vida sensorial de anaquel, calidad nutricional.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Silvia López Lino.

Director de Tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

GENERAL ABSTRACT

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT AND ECONOMIC VALUATION OF A NEW PRODUCT BASED ON MEXICAN PINK PINE NUT

The objectives of this research were to formulate a new food based on pine nut optimizing variables related to quality and technical characteristics that guarantee desirable properties in the food, as the spreadability; to characterize the spreadable product in proximal, textural terms and determine the fatty acids present to assess their nutritional quality and sensory shelf life, to valorize the natural attributes of the cream through the willingness to pay and the establishment of the hedonic price. For formulation and structuring, the use of the response surface methodology was implemented with two factors (% of pine nut and % of oil) at two levels, using a central composite design. Eight variables were used, four of which were only statistically significant ($p < 0.05$) acceptability, adhesiveness, peroxides and costs. To determine the optimal treatment, the first two were maximized and the rest were minimized, obtaining a formulation of 46 % pine nut and 17 % oil, with an acceptability of 7, \$ 70.00 / 100 g as production cost, an adhesiveness of -669.739 and 2.04 meq O₂ Kg⁻¹ of peroxide index. The cream has fat as a main component (45.035 ± 0.21%) in this, the oleic was the most abundant fatty acid, followed by the linoleic; its firmness was of 1269.03±0.5 g, consistency of 3390.1 ± 0.4 g s⁻¹ and 700.23 ± 0.6 g s⁻¹ of adhesiveness. A sensory shelf life of 250.2 hours was found without the use of preservatives. Finally, the highest willingness from the consumers to pay was 39 % if the cream has a stamp of producers and also the price that consumers are willing to pay (n = 247) is \$126.5 / 250 g for its color and a cream without any preservatives

Keywords: spreadable cream, sensory shelf life, nutritional quality.

Thesis: Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Silvia López Lino
Advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Está bien sabido que, la ingesta de carne y productos cárnicos está fuertemente asociada con concentraciones elevadas de colesterol en la sangre y un mayor riesgo de hipertensión, diabetes y enfermedades cardiovasculares debido al alto contenido de ácidos grasos saturados (SFA). Por el contrario, la ingesta de alimentos ricos en ácidos grasos insaturados, como los que contienen la mayoría de frutos secos, pescados, y algunas oleaginosas se asocia con perfiles lipídicos mejorados, que generan una menor potencia de biomarcadores intermedios de aterosclerosis y una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares.

Los piñones son productos forestales no maderables poco conocidos en la mayor parte del país, que por sus atributos son considerados dentro de los frutos secos. A partir de la importancia bioeconómica que podría representar el aprovechamiento del piñón como fruto y como alternativa de agregación de valor y de mejora de los ingresos de productos forestales no maderables, se planteó un desarrollo tecnológico con ésta especie.

El desarrollo tecnológico consiste en la elaboración de un nuevo producto untable en el que se pretende cuidar mayoritariamente los ácidos grasos presentes, lo que se proyecta al adicionar aceite vegetal de ajonjolí (rico en ácidos grasos poliinsaturados), seguido de esto la utilización de aislado de proteína de lactosuero (WIP) para cumplir con el aporte proteico y al mismo tiempo fungir como emulsificante y antioxidante. La utilización de aislado de proteína de lactosuero (WPI) y adición de aceite vegetal de ajonjolí, permitirá desarrollar un producto untable estable con características mecánico-sensoriales aceptables y al mismo tiempo un mejor balance nutricional.

Los resultados de esta investigación se muestran en cinco capítulos. En el primer capítulo se aborda la formulación de un nuevo producto untable con diferentes proporciones de piñón, aceite vegetal y aislado de proteína de lactosuero (WPI), mediante la optimización de las formulaciones con base en las variables de degradación, propiedades texturales y sensoriales. El segundo capítulo consistió en analizar y caracterizar la composición proximal, textural y perfil de ácidos de una crema a base de piñón rosa mexicano. En el tercero se caracterizó sensorialmente y se determinó la vida útil sensorial. En el capítulo cuarto se determinó la disposición a pagar (DAP) mediante un experimento de elección, así mismo se determinaron los hábitos de consumo.

Finalmente, en el quinto capítulo se muestra el análisis de la intención y razones de compra, así como el precio que están dispuestos a pagar los consumidores por una crema natural de piñón para establecer su viabilidad comercial. La información generada en esta investigación contribuye, por una parte, a la agregación de valor de una semilla nativa de México mediante la elaboración de un producto que puede representar un impacto social y económico, así mismo a partir de las propiedades de sus compuestos se aprovechara su potencial como alimento funcional.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Piñón Rosa Mexicano (*Pinus cembroides*)

2.1.1 Origen

El piñón es un producto forestal no maderable, puede aprovecharse la madera y sus semillas, las cuales se denominan piñón y son la parte comestibles de los conos de pino (Keeley, 2012). Data sus orígenes desde hace aproximadamente 180 millones de años, en el norte de Asia; diferenciándose hace 75 millones de años en dos subgéneros que actualmente forman parte de la clasificación de la flora mundial: Haploxylon (blando o blanco) y Diploxylon (duros o amarillos) (Price, Liston y Strauss, 1998), ambas dan una semilla comestible. La Organización para la Agricultura y la Alimentación informó sobre la utilización de las semillas de piñón como un alimento comestible a partir de tiempos prehistóricos (Zonneveld, 2011).

Se tienen un registro de 636 especies del género *Pinus* en todo el mundo, de las cuales 126 son nombres de especies aceptadas (FAO, 1995) y de esas únicamente 29 proporcionan una semilla comestible de acuerdo a la organización para la Agricultura y la Alimentación (Ciesla, 1998) y solo 20 se comercializan de manera local o internacionalmente, siendo tres de importancia internacional *P. koraiensis* de China, *P. pinea* del sur de Europa, *P. gerardiana* de Pakistán y Afganistán (NSWFA, 2012).

México posee una elevada riqueza de taxones del género *Pinus*, albergando alrededor de 40 % de las especies conocidas a nivel mundial, con un total de 47 especies, de las cuales 35 presentan distribución restringida al territorio mexicano, es decir, 74 % son endémicas (Granados, Granados, y Sánchez-González, 2015). De acuerdo a Richardson (1988), los pinos piñoneros son endémicos de Norteamérica, en donde tienen una distribución extendida, desde el sur de Idaho (*Pinus monophylla* Torr. & Frém, 42° 16' N) en el suroeste de Estados Unidos de América, hasta el sur de Puebla en México (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D. K. Bailey, 18°27' N), y se desarrollan bajo diferentes regímenes climáticos. Pueden habitar lugares altos como *P. edulis* Engelm en las Montañas Rocallosas o tierras bajas muy calurosas como *P. cembroides* Zucc.

Esta elevada riqueza se debe principalmente a que el territorio mexicano sirvió como refugio para la flora Neártica durante las grandes glaciaciones; en el caso de los pinos, representó un ambiente benigno en el que se establecieron, dispersaron y diversificaron, convirtiéndose en el centro secundario más importante de evolución y especiación de *Pinus* (Farjon y Styles, 1997; Gernandt y Pérez, 2014).

Dentro del género destacan los pinos piñoneros (subsección *Cembroides*), que se establecieron y formaron grandes extensiones boscosas en el Altiplano Mexicano durante las glaciaciones del Cuaternario (Farjon y Styles, 1997), pues la modificación de las condiciones climáticas de estas zonas áridas permitió la expansión de los bosques dominados por las poblaciones de estas especies hacia el centro del país. Posteriormente, el aumento de la temperatura produjo un incremento en las condiciones de aridez, y con ello, el advenimiento de una flora más competitiva, conformada por especies latifoliadas y xerófitas (Richardson, 1998).

Los piñoneros abarcan una superficie aproximada de 800,000 a 1, 000,000 ha, sobre las faldas orientales de la Sierra Madre Occidental, desde Sonora hasta Jalisco; y en las laderas occidentales de la Sierra Madre Oriental desde Nuevo León hasta Puebla. También se encuentra en las sierras intermedias de los estados del norte y del centro, zonas semiáridas de Coahuila, San Luis Potosí y Querétaro, incluyendo las sierras de San Pedro Mártir y de la Laguna en Baja California (FAO, 1998).

2.1.2 Producción y comercio

Según la revisión estadística mundial 2017-2018 publicada por la Fundación del Consejo Internacional de la Nuez y la Fruta Seca, a pesar de su naturaleza irregular, la producción mundial total de piñones siguió una tendencia creciente a lo largo de los últimos 10 años, con un total de 22,850 toneladas métricas (núcleo básico). En los últimos cinco años, la producción mundial ascendió a 26,400 toneladas métricas, siendo China el principal productor con 8,860 TM (equivalente a un 39 % de la producción total) seguido de Mongolia con 4,000 TM (15 % de participación en la producción total), Corea del Norte fue la siguiente (3,500 o 13 % de participación).

Las exportaciones de piñones han aumentado notablemente entre 2006 y 2016, alcanzando 21, 600 toneladas métricas. China fue el primer exportador mundial de piñones en 2016, con 14,400 TM de piñones sin cáscara, 67 % de la cuota mundial. Los principales destinos para los piñones de China fueron los países europeos y Estados Unidos. Turquía, junto con Italia, fueron los principales países exportadores del Mediterráneo, siendo el resto de Europa su principal mercado.

En México el pino piñonero es importante básicamente por la producción del piñón, del cual se abastece el 90 % del mercado nacional mexicano, lo cual trae beneficios socioeconómicos a la población de las zonas rurales donde este se desarrolla (FAO, 1998). La producción exacta de todos los estados de México no se tiene registrada, en el reporte de producción del SIAP (2017) solo figuran

Puebla y Veracruz, con una superficie sembrada de 971 y 587 ha respectivamente, cosechándose en Veracruz el 100 % y en Puebla solo 656 ha, los dos estados aportan un valor de la producción de \$154,698.43.

2.1.3 Composición nutricional

De acuerdo a la referencia estándar de la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el piñón tiene la siguiente composición nutricional (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valor nutricional y pesos para la porción comestible de piñones.

Nutrientes	Unidad	Valor (100 g)	1 taza (135 g)	10 nueces (1.7 g)
Proximal				
Agua	g	2.28	3.08	0.04
Energía	kcal	673	909	11
Proteína	g	13.69	18.48	0.23
Lípidos totales (grasa)	g	68.37	92.3	1.16
Carbohidratos (por diferencia)	g	13.08	17.66	1.16
Fibra dietética total	g	3.7	5	0.1
Azúcares	g	3.59	4.85	1.02
Minerales				
Calcio	mg	16	22	0
Hierro	mg	5.53	7.47	0.09
Magnesio	mg	251	339	4
Fosforo	mg	575	776	10
Potasio	mg	597	806	10
Sodio	mg	2	3	0
Zinc	mg	6.45	8.71	0.11
Vitaminas				
Vitamina C	mg	0.8	1.1	0
Tiamina	mg	0.36	0.49	0.06
Riboflamina	mg	0.22	0.30	0.04
Niacina	mg	4.38	5.92	0.07
Vitamina B-6	mg	0.09	0.12	0.01
Folato DFE	mg	34	46	1
Vitamina A	mg	29	39	8
Vitamina E	mg	9.33	12.6	0.16
Vitamina K	mg	53.9	72.8	0.9
Lípidos				
Ácidos grasos saturados totales	g	4.89	6.61	0.08
Ácidos grasos monoinsaturados totales	g	18.76	25.33	0.31
Ácidos grasos poliinsaturados totales	g	44.07	45.99	0.57

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2016).

Los piñones son recomendables para controlar los lípidos en la sangre y controlar enfermedades coronarias (Ryan, Galvin, O’connor, Maguire & O’Brien, 2006). Esto se debe a que contienen mayoritariamente ácidos grasos insaturados, mientras que la mayoría de las otras nueces también tienen ácidos grasos monoinsaturados, principalmente ácido oleico. Sin embargo, los granos de pino contienen principalmente ácido linoleico en forma de ácidos grasos poliinsaturados. El ácido linoleico se puede transformar en mediadores celulares que desempeñan un papel importante a nivel de los vasos y mejoran la coagulación de la sangre (Ros & Mataix, 2006). *P. koraensis Siebold* y *zucc* y *P. sibirica* tienen el mayor contenido de grasa, máximo 65-75 %. Además de su asociación favorable con la salud cardiovascular, los piñones son una fuente rica de otros nutrientes (Nergiz & Dönmez, 2004). En el Cuadro 2 se presenta una comparación de los valores dietéticos entre las especies disponibles en el mercado mundial. Además, los piñones también pueden usarse como supresores naturales del apetito (Evaristo, Batista, Correia & Costa, 2010).

Cuadro 2. Porcentaje de proteína, grasas y carbohidratos de distintos piñones comercializados a nivel internacional^z

Tipo de nuez	Carbohidratos (%)	Grasas (%)	Proteína (%)
<i>P. Pinea</i>	7	48	34
<i>P. Gerardiana</i>	23	51	14
<i>P. Edulis</i>	18	62-71	14
<i>P. Sibirica</i>	12	51-75	19
<i>P. Cembroides</i>	14	60	19
<i>zucc.</i>			
<i>P. koraiensis</i>	12	65	18
<i>P. Sabiniana</i>	9	56	28

^z Los porcentajes son aproximados y se basan en nueces sin cascara. Fuente: Evaristo et al. (2010) y Mutke, Pastor y Picardo (2011).

Sagrero-Nieves (2006) realizó un estudio la especie *Pinus cembroides* en la región central del estado de Veracruz, México, donde determinó los ácidos grasos presentes: láurico (0 - 4,8 %), mirístico (3.4 a 9.1 %), palmítico (6.4 - 7.8 %), esteárico (3.1 a 5.5 %), oleico (36,7 a 47,2 %) y ácidos linoleico (32.9 - 44.5

%). Con este estudio se logró determinar que el contenido de ácidos grasos presentes en el piñón es mayoritariamente poliinsaturados.

2.1.4 Usos

Los piñones son considerados como “frutos secos” de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-FF-084-SCFI-2009 y el Código Alimentario Español (2010), se entiende por frutos secos o de cáscara, a aquellos cuya parte comestible contiene menos de un 50 % de agua.

De acuerdo a la literatura, el piñón está teniendo gran apertura en el mercado dentro de los frutos secos, en México es destinado a consumidores que lo compran con cáscara para comerlo como botana, con una estacionalidad marcada de aproximadamente dos meses, puede ser que se encuentre tostado o crudo, en este caso la semilla no ha tenido ninguna transformación que alargue su vida de anaquel, aunque indudablemente se distingue de otros frutos secos por su sabor característico, razón por la que es utilizado en la cocina, ya sea, como un producto gourmet en los restaurantes o solo cocinado con pequeños trozos que adornan y decoran a los platillos tradicionales.

2.2 Productos Untables

Los productos para untar son productos que se pueden esparcir y tienen al menos un 40 % de frutos secos, que se pueden agregar de varias formas, como nueces enteras o en trozos, como pasta o lechada; en contraste con la mantequilla que se refiere a un producto que contiene al menos un 90 % de frutos secos (USDA, 2006; Nielsen, 2010).

Las mantequillas y productos para untar a base de frutos secos surgieron como producto alternativo a la necesidad de disminuir el consumo de mantequilla láctea debido a su contenido de grasa, la más común y por muchos años única es la mantequilla de maní o crema de cacahuete, seguida está la crema de almendras, avellanas, anacardo, semilla de calabaza, pistache, soja, girasol, macadamia,

nuez y sésamo; aunque existen cremas con la combinación de las semillas anteriormente mencionadas (Shakerardekani, Karim, Mohd y Ling, 2013a).

De acuerdo a Shakerardekani et al. (2013a), los productos untables a base de nueces tienen una diversidad de usos, y el más común es en la preparación de sándwich. Otros usos son en la preparación de galletas, como ingrediente saborizante. Además, se usan como rellenos de panes o crepas; estos usos refieren a las propiedades texturales que debe tener la crema, que en su mayoría debe ser suave y fácil de esparcir, la textura final se atribuye a los ingredientes y proceso de elaboración.

Los ingredientes principales de los productos para untar (a) nueces (como la almendra, el anacardo, la avellana, la nuez de macadamia, el cacahuete, la nuez, el pistache o la nuez), (b) edulcorantes (como los edulcorantes naturales o artificiales), (c) aceites vegetales (como el aceite de palma), (d) emulsificantes, (e) fuentes de proteínas (como el aislado de proteína de soja [SPI]), (f) saborizantes y aromatizantes (Liedl y Rowe, 2007).

2.2.1 Formulación

De la formulación no solo depende la textura, sino también la calidad, por lo que es importante la selección adecuada de los ingredientes y la cantidad, de la lista anterior se puede omitir el inciso (f) con los cuidados adecuados de la nuez y algunas fuentes de proteína pueden funcionar como estabilizantes, como a continuación se indica.

Nueces

Muchos factores influyen en la vida útil de los productos untables, como la variedad, la madurez del grano en el momento de la cosecha, el tamaño de la semilla y por ultimo las condiciones de procesamiento y almacenamiento (temperatura, tiempo, luz y oxígeno).

Condiciones de procesamiento (tostado y molienda)

Tostado

Algunas nueces como el cacahuate necesitan tostarse o freírse para poder consumirse, de acuerdo a Shakerardekani et al. (2013a), algunas nueces contienen lipoxigenasa, que acelera la oxidación. La lipoxigenasa generalmente se destruye durante el tostado, pero después de tostar, los catalizadores no enzimáticos pueden iniciar la oxidación. Las condiciones de tostado dependen del tipo de nuez y del tipo de tostador. Ardakani et al. (2006), señalaron que la temperatura y el tiempo de tostado más adecuados para las nueces de macadamia fue de 135 °C y 20 min, respectivamente y para el cacahuate fue de 180 °C y 45 min.

Durante el tostado suceden cambios con respecto al flavor y color, por lo tanto, debe controlarse adecuadamente. El desarrollo de color tiene que ver con las reacciones de caramelización, dando pauta a la formación pigmentos marrones (Carmmarn, 1990) colores deseables en cremas de cacahuate, avellanas, sésamo y macadamias.

Molienda

Este paso es crítico la producción de los productos untables porque el tamaño de las partículas y la distribución de las mismas son parámetros importantes que influyen en la calidad general del producto final.

Dickinson (2010) y Genovese et al. (2007), informaron sobre la influencia del tamaño de partícula en la estabilidad y las propiedades reológicas de los coloides alimenticios, como el chocolate, la mantequilla de maní y la pasta de sésamo. Ciftci et al. (2008), observaron que la reducción en el tamaño de partícula de la pasta de sésamo aumentaba la estabilidad del producto.

Edulcorantes (azúcar)

Las formulaciones de productos untables llevan de 4 a 32 % de azúcar (Shakerardekani et al., 2013a), el azúcar confiere atributos relacionados con la textura, Crippen, Hamann y Young (1989) encontraron que la dureza instrumental era ligeramente menor en las muestras de mantequilla de maní con azúcar agregada. En algunas formulaciones de productos untables se ha utilizado azúcar glass de 8.3 % a 37.5 % (Shakerardekani et al., 2013b) encontrando que el menor contenido de azúcar mostró el mayor comportamiento viscoso. Además se ha informado que en el chocolate el tamaño de partícula del azúcar es un factor importante que afecta tanto a la fuerza como a la extensión de la red, ya que una partícula más fina produce una mayor elasticidad (Baldino, Gabriele & Migliori, 2010).

Aceites vegetales

Uno de los componentes más importantes en la fabricación de productos untables es la grasa. Imparte acortamiento, riqueza y sensibilidad, y mejora la sensación en la boca y el sabor (intensidad) (Pareyt, et al., 2009).

Algunos investigadores encontraron que el reemplazo parcial de la grasa usada con aceites vegetales puede mejorar la capacidad de propagación a la temperatura de refrigeración (4 °C) (Rousseau, Forestiere, Hill & Marangoni, 1996; Kim, Shewfelt, Lee & Akoh, 2005).

La mayoría de los aceites vegetales son ricos en ácidos grasos insaturados, que tienen muchos beneficios para la salud humana. Por ejemplo, se ha informado que el ácido graso monoinsaturado, el ácido oleico, tiene un efecto beneficioso sobre la enfermedad arterial coronaria, el cáncer, las enfermedades autoinmunes e inflamatorias (Sales-Campos et al., 2013). También se sabe que los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) tienen muchos efectos positivos en la salud humana, incluido el desarrollo cerebral (Clandinin, 1999) y las enfermedades cardiovasculares (Lorgeril et al., 1994; Micha & Mozaffarian, 2010), y existe un mercado en crecimiento para productos alimenticios fortificados que incluyen

margarina enriquecida con PUFA y productos para untar (Egert, Lindemeler, Harnack, Krome, Erbersdobler, Wahrburg y Somoza, 2012).

Además de los beneficios de los ácidos grasos insaturados, otros ingredientes tales como vitaminas, fitoesteroles, y antioxidantes polifenólicos en aceite vegetal tienen beneficios de salud adicionales (Carluccio, Massaro, Scoditti, & De Caterina, 2007).

Emulsificantes o estabilizantes

Los productos untables son considerados como una emulsión agua en aceite W/O; siendo ésta uno de los dos tipos de emulsiones que existen, el otro es aceite en agua O/W, donde lo único que cambia es la organización espacial relativa de su fase continua o dispersante. Una emulsión se define tradicionalmente como una dispersión de dos fases líquidas inmiscibles, donde gotitas de un líquido se encuentran disperso en otro (Dickinson y Stainsby, 1982).

Las emulsiones están constituidas por tres regiones, las cuales presentan propiedades físico-químicas diferentes: la fase dispersa, la fase continua y la interfase. Todas las moléculas o ingredientes de la emulsión se distribuyen según su concentración y polaridad a lo largo de las regiones mencionadas anteriormente.

La estabilidad de una emulsión puede definirse como la resistencia a los cambios físicos (Mulder & Walstra, 1974) y puede romperse por algunos de estos fenómenos: cremado, floculación, coalescencia, madurado de Ostwald e inversión de fases.

Siendo sistemas termodinámicamente inestables, las emulsiones de alimentos son estabilizadas para la mejora de su estabilidad cinética (Bergenstahl & Claesson, 1997; McClements, 2005), utilizando dos tipos de sustancias estabilizantes o emulsionantes; un estabilizante no es igual a un emulsionante, lo que a veces se identifica como emulgente o emulsificante no es tal, sino un estabilizante, que para efectos prácticos no presenta actividad interfacial

significativa. Los emulsificantes juegan dos roles en la estabilidad cinética de la emulsión:

1. Disminuyen la tensión interfacial entre las dos fases (aceite y el agua).
2. Forman una unión mecánica y cohesiva interfacial alrededor de las gotitas evitando la coalescencia (Dickinson, 1992).

Tipos de emulsionantes

Hay dos tipos, de bajo y alto peso molecular; en los primeros existen estudios sobre el uso de fosfolípidos (lecitina de soja) en los productos untables, al igual que para monoglicéridos, por mencionar algunos, Ardakani et al. (2009) investigaron el efecto de éstos dos emulsionantes en tres niveles (0.0, 1.0 y 2.0 %) sobre la fuga de aceite y el efecto del antioxidante (BHT) en tres niveles (0.00, 0.01 y 0.02 %) sobre los valores de peróxido de la mantequilla de pistache. Las muestras que contenían lecitina y monodiglicéridos tuvieron la menor filtración de aceite después de 4 meses almacenadas a 20 °C. Además de estos dos emulsionantes existen también lípidos polares y glicolípidos.

Entre los emulsionantes de alto peso molecular, se pueden citar las proteínas, lipoproteínas, copolímeros de bloque (sintéticos) y algunos polisacáridos exudados como la goma arábiga (Dickinson, 2003).

Proteína

Ha sido muy estudiado el efecto que tienen las proteínas en emulsiones aceite en agua O/W, Dickinson y Golding, 1998, resaltan que éstas se encargan de facilitar la formación y mejorar la estabilidad. Durante la homogeneización, las proteínas globulares tienden a adsorber más rápidamente la superficie de las gotitas de aceite que los polisacáridos y, por lo tanto, son capaces de formar gotitas más pequeñas (McClements, 2005). Disminuyen la tensión interfacial e inhiben la coalescencia de las gotitas formando membranas protectoras alrededor de las gotitas (Euston et al., 1995 y Dickinson et al., 1988). Las proteínas también estabilizan las emulsiones de aceite en agua al impartir una

carga eléctrica a la gota de emulsión a valores de pH por encima o por debajo de la pI de las proteínas. Esta carga eléctrica positiva o negativa causa fuerzas repulsivas que inhiben la coalescencia y floculación de las gotitas, lo que estabiliza aún más el sistema de emulsión (Dickinson & Golding, 1998 y Dickinson, 1997).

Las proteínas del suero se han utilizado ampliamente en productos alimenticios debido a su alto valor nutricional y excelentes propiedades tecnológicas, como las propiedades emulsionantes (Morr & Ha, 1993). Por su carácter anfifílico, el aislado de proteína de suero (WPI) puede brindar protección a las gotitas de aceite mediante una combinación de interacciones electrostáticas y estéricas, estabilizando las emulsiones contra la floculación y/o coalescencia (Sun & Gunasekaran, 2009 y Taherian et al., 2011).

Aislado de proteína de lactosuero (WPI)

WPI es una mezcla de proteínas globulares anfóteras (Dalglish, 1997 y Wilde 2000). Y como se mencionó anteriormente estabilizan a las emulsiones principalmente a través de interacciones electrostáticas y, por lo tanto, se debe tener cuidado en su uso, ya que, son sensibles a los cambios en el pH y la sal (Chanamai & McClements 2002), las proteínas globulares se despliegan cuando se calientan por encima de su temperatura de desnaturalización térmica, lo que puede promover la inestabilidad de la emulsión a través de un aumento de la hidrofobicidad de su superficie (Kim et al., 2002 y Kim et al., 2005).

En el contexto anterior, se encontró en un estudio realizado por Zhu, Li, Liu, Saito, Tatsumi, y Yin (2015), que la adición del WPI mejoró la estabilidad de emulsiones w/o, y el efecto de los estabilizadores se atribuyó a la disminución en el tamaño de las partículas, el aumento de la viscosidad y la disminución de la tensión interfacial.

Aunque gran parte de la investigación se ha centrado en la estabilidad física y las propiedades interfaciales de las emulsiones de aceite en agua estabilizadas por proteínas, muy poca investigación se ha centrado en la estabilidad oxidativa de

estas emulsiones. Donnelly et al. (1998) encontraron en su investigación que usando hierro para promover la oxidación de las emulsiones de aceite en agua de menhaden estabilizadas por WPI, las tasas de oxidación eran menores a valores de pH inferiores al pI de WPI, donde las gotas de emulsión eran catiónicas. Hu et al. (2003) encontraron un mismo comportamiento, ya que, en ausencia de hierro, las emulsiones de aceite de salmón en agua estabilizadas con WPI son más estables a la oxidación a valores de pH por debajo del pI. Se ha postulado que la capacidad de la emulsión catiónica de proteína estabilizada para disminuir la oxidación de los lípidos se debe a la repulsión electrostática de los metales de transición lejos de las gotitas de lípidos (Donnelly et al., 1998).

En las emulsiones de agua en aceite w/o se ha estudiado la incorporación de WPI en la fase acuosa como retardante de la oxidación de los lípidos, lo que indica que los WPI también son antioxidantes en este tipo de emulsiones, aunque la actividad antioxidante del WPI se ve afectada por factores como la fuerza iónica, los eliminadores de radicales libres y los quelantes (Zhu, Yi, Dong, Lu, & Ding. 2015).

Además de estas dos propiedades funcionales, el WPI proporciona hidratación, gelificación, y propiedades para formación de espuma (Foegeding & Luck, 2002; Nicorescu et al., 2009).

2.2.2 Propiedades de calidad

La calidad obtenida del producto final de un producto untable está relacionada con la calidad del grano, las condiciones de procesamiento y las condiciones de almacenamiento; que influyen sobre el flavor, textura y vida útil.

Evaluación sensorial

La percepción sensorial es muy compleja, debido a que el proceso de alimentación es dinámico a lo largo del tiempo desde el momento en que se coloca un alimento en la boca (Chen, 2014 y Forde, 2016) con cambios en la cavidad oral que generan diferencias en la percepción de textura y sabor. Los

consumidores utilizan un amplio espectro de características sensoriales, incluida la apariencia, el aroma, el sabor y la textura, para tomar decisiones de compra y consumo relacionadas con los alimentos (Chambers & Browers, 1993).

Los métodos tradicionales de análisis descriptivo que evalúan la percepción sensorial de los alimentos, a saber, el Análisis descriptivo cuantitativo (QDA TM), cubren todas las modalidades sensoriales en apariencia, aroma, textura, sensación en boca, sabor y gusto (Stone, Sidel, Oliver, Woolsey, & Singleton, 1974). Este método es un método de evaluación altamente detallado y válido, la caracterización sensorial se usa a menudo para proporcionar una descripción general de las propiedades sensoriales de un producto. Es particularmente útil para desarrollar nuevos productos, optimizar los procesos de fabricación y para garantizar la calidad del producto (Valera & Ares, 2014).

Se utilizan panelistas capacitados que describen el comportamiento de un producto en su boca en términos de calidad y cantidad a través de sus características mecánicas, geométricas, de grasa y humedad desde la primera mordida hasta la masticación completa (Shakerardekani et al., 2013a). Varios estudios informaron sobre el uso del análisis cuantitativo descriptivo (QDA) para la caracterización de las propiedades sensoriales de la mantequilla de maní, la crema de maní y la crema de soja con maní (Dubost, Shewfelt & Eitenmiller, 2003; McNeill, Sanders, & Civille, 2003; Gills, 2000; Yeh, Phillips, Resurreccion & Hung, 2002). Según McNeill et al. (2002) entre las cualidades importantes de la mantequilla de maní se incluyen la textura, el color, el sabor y el valor nutritivo. En los productos untables se espera que el sabor, aroma y color final sea el característico de la nuez utilizada, por ello un análisis descriptivo permite incluso cuantificar la intensidad del atributo.

Textura

Las propiedades de textura de los alimentos desempeñan un papel importante en el atractivo del consumidor, las decisiones de compra y el consumo final (Di Monaco, Giaccone, Cavella, & Masi, 2008). Para algunos alimentos, la textura es,

en la elección de alimentos de consumo, más importante que el sabor y el color (Szczesniak & Kley, 1963).

La textura es una combinación de la estructura física del material y sus propiedades mecánicas y superficiales (Szczesniak, 1963). Otro concepto más reciente define a la textura como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y superficiales de los alimentos detectados a través de los sentidos, de la visión, la audición, el tacto y la cinestésica (Di Monaco et al., 2008). Szczesniak, 2002 generaliza a la textura como un atributo multiparamétrico cuya estimación involucra varios sentidos a la vez. En el contexto anterior existen dos formas de determinar la textura: instrumentalmente y sensorialmente, aunque éste último siempre proporciona mejor información, las mediciones instrumentales son más convenientes, ya que son más reproducibles, más rápidas y menos costosas (Wilkinson & Yuksel 1997).

Los alimentos para untar se clasifican como materiales elastoplásticos (Daubert, Tkachuk, y Truong, 1998). Deben fluir fácilmente cuando se deforman, pero no deben fluir por su propio peso, como lo hace el líquido. La capacidad de esparcirse es un término subjetivo relacionado con la facilidad de distribución uniforme de una muestra sobre una superficie (Di Monaco et al., 2008).

Por lo tanto, las propiedades de textura más importantes de los productos para untar son la firmeza y la capacidad de esparcirse (Di Monaco et al., 2008; Dubost, Shewfelth, & Eitenmiller, 2003). De acuerdo a Nikolić, et al. (2018) la firmeza de un untable puede expresarse por la fuerza requerida para lograr una cierta cantidad de deformación. La capacidad de esparcimiento representa el trabajo aplicado para lograr el esfuerzo cortante. La firmeza de la dispersión y el trabajo de cizallamiento son parámetros estrechamente relacionados para la textura. El aumento de la firmeza siempre va acompañado de un aumento en el trabajo de cizallamiento. Los bajos valores de firmeza y el trabajo de cizallamiento indican un mejor esparcimiento del untable. Las capacidades adhesivas describen de cerca su capacidad de esparcimiento y están definidas por la adherencia y la cohesión (TA.HD, 2004). Instrumentalmente estas tres propiedades de textura

determinan la calidad del unttable y como ya se mencionó la aceptabilidad del producto.

Clasificación de las medidas de textura

Bourne, (2002) clasifica la textura de acuerdo al tipo de ensayo realizado en el producto; hay dos tipos:

- **Objetivos:** divididos en directos que miden propiedades texturales reales de los materiales (fundamentales, empíricos e imitativos) y los indirectos que miden propiedades físicas que se correlacionan bien con una o más propiedades de la textura (ópticos, químicos y acústicos).
- **Sensoriales:** clasificados en orales (aquellos que se ejecutan en la boca), y no orales (aquellos realizados con cualquier otra parte del cuerpo que no sea la boca para medir la textura).

Los ensayos más utilizados en la industria alimentaria son los empíricos, éstos miden parámetros que están poco definidos pero que desde la experiencia práctica se sabe que están relacionados con la calidad de la textura. Aunque los ensayos imitativos han facilitado la medición de la textura, imitando una doble mordida con el análisis de perfil de textura (TPA).

Ensayo de extrusión inversa

El método de extrusión inversa o hacia atrás es un método relativamente simple, rápido y barato para caracterizar los alimentos, y es especialmente deseable para el control de calidad (Brusewitz & Yu, 1996). Esta prueba de compresión-extrusión es adecuada para ser aplicada en una amplia gama de productos, especialmente en el flujo de alimentos a presión, incluidos líquidos viscosos, geles, grasas y frutas y vegetales frescos y procesados (Bourne, 2002).

Esta prueba se relaciona con la medida de la firmeza o dureza (valor máximo de la curva positiva, cuanto más alto más firme o más dura es la muestra), consistencia (área de la curva positiva, valor más alto más espesa es la

consistencia de la muestra). La región negativa se produce cuando la sonda retorna y da información sobre la resistencia a fluir de la muestra. El valor máximo negativo se toma como indicación de la pegajosidad o cohesividad de la muestra (cuando más negativo el valor, más “cohesiva”). El área negativa está relacionada con el trabajo de adhesión, cuanto mayor es el valor más resistente es la muestra a retirarse, siendo una indicación de cohesividad, consistencia o viscosidad de la muestra.

Durante la realización de estos ensayos, se deben sujetar los vasos, para evitar que, al retirar la sonda, se levanten los vasos y produzcan resultados erróneos, en la Figura 1 se observa la curva de extracción inversa.

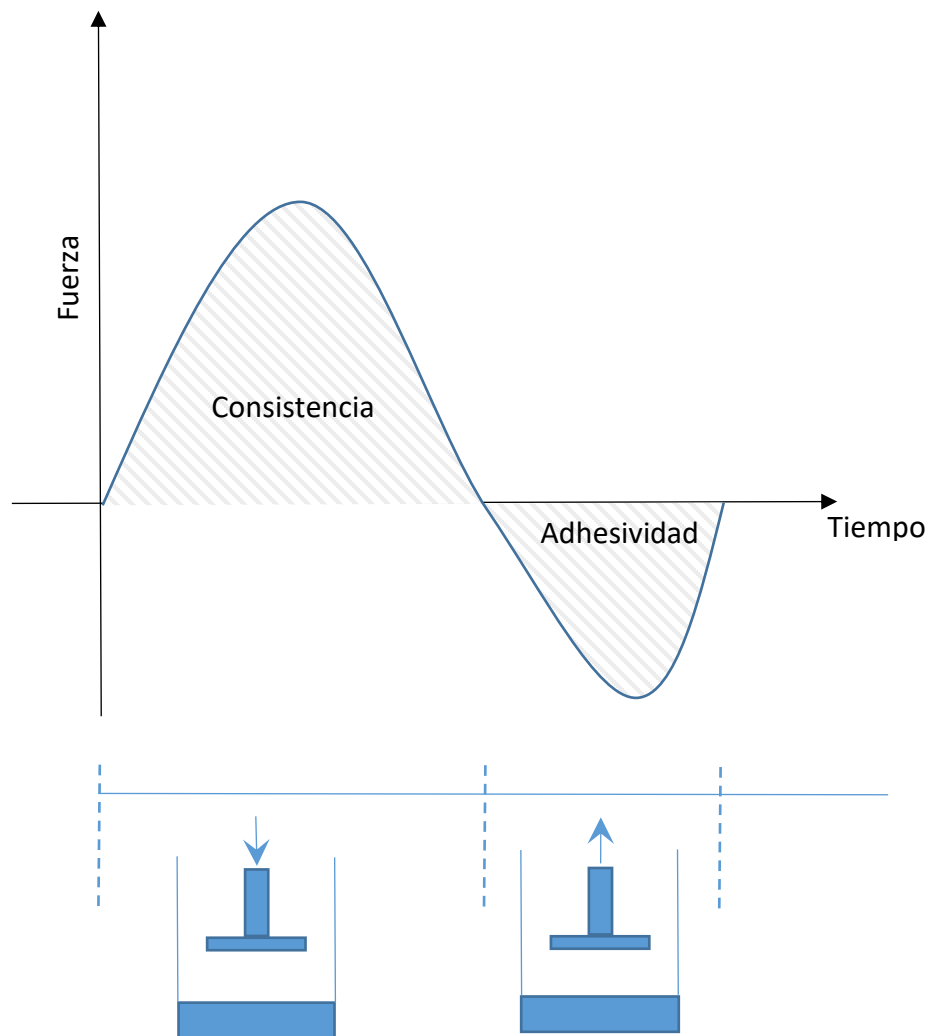


Figura 1. Curva típica de extrusión inversa

Vida útil

La vida útil se define generalmente como el tiempo de almacenamiento durante el cual un producto alimenticio permanece seguro y conserva sus características físicas, químicas y sensoriales (IFST, 1993). Varios cambios físicos, químicos y microbiológicos ocurren simultáneamente durante el almacenamiento, causando una disminución en la calidad sensorial del producto (Derossi, Mastrandrea, Amodio, de Chiara, & Colelli, 2016). Sin embargo, la vida útil de la mayoría de los productos alimenticios está determinada por los cambios en sus características sensoriales, ya que ocurren antes de que se comprometa su seguridad (Lawless & Heyman, 2010), por lo que la vida de anaquel de muchos productos se limita por los cambios en sus características sensoriales (Hough, 2010). Cuando comienza la presencia de estos cambios habrá una determinada población que siga aceptando el producto y otros que lo rechacen incluso antes de que se detecten estos cambios, es por ello que la aceptabilidad de un producto dependerá siempre de la interacción del alimento con el consumidor.

La estimación de la vida de anaquel basada en el rechazo del consumo de un alimento puede efectuarse mediante el análisis de supervivencia (Kleinbaum, 1996). El análisis de supervivencia es un conjunto de procedimientos estadísticos para el análisis del tiempo hasta el cual un evento de interés ocurre; siendo usado extensivamente en estudios clínicos, epidemiológicos, biológico, sociológicos, y de confiabilidad (Giménez et al., 2012).

En el análisis de supervivencia, la función de supervivencia $S(t)$ es definida como la probabilidad de que un individuo sobreviva más allá de un tiempo "t" (Klein & Moeschberger 1997). Para este caso, el "individuo" no es el producto mismo, sino el consumidor, por lo tanto, el concepto puede traducirse a lo siguiente: La función de supervivencia $S(t)$ es la probabilidad de que un consumidor acepte un producto almacenado más allá de un tiempo "t". El punto de interés no será el deterioro del producto, pero sí la aceptabilidad o el rechazo que el consumidor le dará al mismo (Hough, 2003).

Se han desarrollado métodos de análisis de supervivencia para evaluar los tiempos hasta un evento de interés, comúnmente llamados tiempo de supervivencia, tomando como base datos censurados. Lo anterior es dado cuando no se puede observar exactamente un tiempo de interés. Cuando conocemos que este tiempo es superior al observado se habla de datos con **censura a la derecha**; si se sabe que el tiempo es menor que el tiempo observado, los datos son llamados con **censura a la izquierda**. Otro término es la **censura de intervalo**, se da cuando el tiempo de interés cae en un intervalo observado (Hough, 2003).

De acuerdo a Hough (2003) los datos obtenidos en esta experimentación no tienen una distribución normal, generalmente la distribución se encuentra más jalada hacia la derecha. Existen modelos paramétricos y no paramétricos para estimar el tiempo de supervivencia; los modelos paramétricos dan estimados más precisos en la función de supervivencia del producto. Muy a menudo se elige un modelo logarítmico lineal para el análisis de datos no paramétricos:

$$Y = \ln(T) = \mu + \sigma W$$

Donde W es la distribución del término de error. Es decir, en lugar del tiempo de supervivencia T , se modela su transformación logarítmica. Existen diferentes distribuciones posibles para T , entre ellas, la distribución log-normal o Weibull. En el primer caso, W es la distribución normal estándar; en el caso de la distribución de Weibull, W es la distribución de valores extremos más pequeña.

Una vez obtenida la función de sobrevivencia para cada tiempo se ubica la mediana de los datos y esa será el tiempo de sobrevivencia, es decir, el tiempo en el que los consumidores estarán dispuestos a consumir el producto (Hough, 2003).

Nelson (1990) y Meeker y Escobar (1998) han aplicado el análisis de supervivencia anteriormente descrito al almacenamiento acelerado de elementos y materiales industriales, como componentes electrónicos, lámparas o piezas de

automóviles. Estos modelos se aplicaron por Hough, Garitta, y Gómez (2006) y por Ulín-Montejo, Salinas-Hernández, y González-Aguilar (2009) para estimar la vida útil de los alimentos a diferentes temperaturas según la decisión de los consumidores de aceptar o rechazar el producto, con el propósito de obtener información a altos niveles de las variables de aceleración (por ejemplo, temperatura o humedad). Esta información generalmente se extrapola para obtener estimaciones de vida útil a niveles más bajos y normales de las variables de aceleración. Las pruebas aceleradas se han vuelto cada vez más importantes debido a las tecnologías que cambian rápidamente, los productos alimenticios más elaborados, las expectativas más altas de los consumidores y la necesidad de un desarrollo rápido de los productos (Meeker & Escobar, 1998).

2.3 Valoración económica

2.3.1 Valorización económica de los bienes de no mercado

La economía ha desarrollado un conjunto de técnicas para estimar los valores económicos de los bienes de no mercado. Estos métodos se pueden agrupar en dos grandes categorías: indirectos y directos (Freeman, 2014). Estos métodos se basan en las preferencias del consumidor: métodos de preferencias declaradas (directos) y métodos de preferencias reveladas (indirecto) (Espinoza y Gómez, 2011).

La diferencia entre métodos radica en los datos utilizados para estimar los valores, los métodos de preferencias reveladas estiman el valor que los individuos dan al bien analizando el comportamiento de éstos en mercados reales, se basan en datos que recogen elecciones hechas por los individuos. Los métodos de preferencias declaradas infieren el valor económico mediante la creación de un mercado virtual (hipotético), por lo que se basan en datos de las elecciones que harían los individuos (Mogas, 2004).

Métodos de preferencias reveladas

Estos métodos reciben este nombre porque se obtiene el valor económico del bien en cuestión, a través de los comportamientos de los consumidores que se presentan en mercados paralelos. En estos casos, las decisiones respecto al bien de mercado sirven como aproximación de las que tendrían lugar respecto al bien sin mercado (Espinoza y Gómez, 2011). Los principales métodos son Precios Hedónicos y el Costo de Viaje; éste último consiste en estimar la valoración de un bien público a través de los costes de desplazamiento desde el lugar de origen del individuo hasta el lugar donde se encuentra el bien que se va a disfrutar (Clawson, 1959), debido al objetivo de estudio centraremos el análisis en la metodología de precios hedónicos.

Precios Hedónicos

El método se basa en la hipótesis de que los individuos valoran las características de un bien, más que el bien en sí mismo. Por lo tanto, el precio de mercado de un bien refleja el valor conjunto de características incluyendo las características ambientales que la persona considera importantes al momento de adquirir el producto (Espinoza y Gómez, 2011).

Antecedentes del método

De acuerdo a Perza y Rosell (2010) la aparición de la metodología de precios hedónicos responde a tres hechos claves. El primero, es la tendencia de los productores a diferenciar sus productos del resto, añadiéndoles atributos y características distintivas. El segundo, la aparición de la Teoría del Consumidor de mano de la escuela Neoclásica y la creciente utilización de ésta en los análisis económicos introduciendo elementos relacionados con la utilidad del consumidor. El tercer hecho, es que las primeras aportaciones empíricas de algunos analistas tales como Waugh (1928), Court (1939) y Triplett (1969) que posteriormente fueron fundamentadas teóricamente por el trabajo de Rosen (1974) permitieron introducir una dimensión más a la hora de explicar el bienestar del consumidor,

la calidad. Esta calidad se mide a través de los atributos que componen los bienes.

Rodríguez, Silva y Romo (2013), resaltan que la idea de que la utilidad de los consumidores no se genera por el producto adquirido en sí, sino más bien por las cualidades y características que contiene el producto, los distintos bienes diferenciados que existen en el mercado son tratados como bultos de diferentes atributos de calidad que los diferencian de otros productos relacionados, y es el precio de equilibrio de mercado observado es una función de los precios de cada atributo de calidad, se presentó oficialmente en Lancaster (1966), pero los primeros modelos de tipo hedónico se remontan a los aportes de los primeros economistas agrícolas.

En el contexto anterior Waugh (1928) fue el primero que realizó una regresión, con el precio del espárrago en el color, el tamaño de los tallos, y la uniformidad para determinar qué características de calidad influían significativamente en los precios, después de él surgieron otros autores como Houthakker (1952) fue el primero que propuso un modelo de elección del consumidor basado en las características del producto. Posteriormente otros autores utilizaron el modelo en la industria automotriz (Court, 1939) y con mayor énfasis en la economía ambiental (Freeman, 2014).

En las últimas décadas el sector agroalimentario es quizás en el que se ha expandido más la utilización de dicha metodología, con gran cantidad de estudios, referidos a distintos grupos de bienes, principalmente agrícolas, aunque también se ha aplicado a productos industriales y al pescado (Perza y Rosell, 2010).

La desventaja teórica del método es que supone un mercado perfecto con la competencia perfecta y la información perfecta en un mercado abierto. La mayoría de los mercados de productos alimenticios tienden a aproximarse a las condiciones de competencia perfecta, porque hay muchos compradores y vendedores. Sin estándares y grados de calidad de productos regulados por el

gobierno, la información de mercado también se ve comprometida (Naseem, Mhlanga, Diagne, Ygué, & Soul-kifouly, 2013).

Métodos de preferencias declaradas

En este método los individuos expresan sus preferencias en el mercado, al basarse en mercados simulados permiten valorar cambios en el bienestar de los individuos antes de que se produzca el bien. Los métodos más utilizados son valoración contingente y experimentos de elección (Mogas, 2004). El primero es el más representativo en los métodos de preferencias declaradas, consiste en simular un mercado mediante un cuestionario y se pregunta al individuo por la máxima cantidad de dinero que estaría dispuesto a pagar o, alternatively, se le presenta un precio que la persona entrevistada puede aceptar o no. El valor que se obtiene hace referencia a la diferencia en el bienestar de la población por el cambio discreto analizado (Riera y Mogas, 2006).

Experimentos de elección (choice experiments)

Antecedentes del método

El método de Experimentos de Elección tiene su origen en la psicología matemática y estadística (Luce, 1959; Luce y Tukey, 1964) y en el análisis conjunto, que es un método utilizado para representar juicios individuales o estímulos multiatributos y que se ha aplicado principalmente en el marketing (Louviere, 1988). Su base teórica se encuentra en la Teoría del Consumidor de Lancaster (1966), que establece que la utilidad proporcionada por un bien puede ser desagregada en utilidades separables de sus atributos. El enlace con los modelos microeconómicos de decisión se realiza a través de los Modelos de Utilidad Aleatoria (Thurstone, 1994; McFadden, 1973; Greene, 2002) y la Teoría de Elección Probabilística (Ben-Akiva & Lerman, 1985).

Este método inicialmente se ha utilizado en investigaciones de mercados (marketing) desde los años 60 (Luce & Tukey, 1964); a partir de la década de los

80 se hacen aplicaciones en los campos de la geografía, el turismo, el transporte, y más recientemente en la valoración de bienes ambientales.

Etapas del diseño

Hanley, Mourato y Wright (2001) proveen una guía útil de las etapas para el diseño del Experimento de Elección aludiendo a siete etapas principales:

1. Selección de atributos
2. Asignación de niveles
3. Elección del diseño estadístico experimental
4. Construcción de conjuntos de elección
5. Medición de preferencias
6. Elaboración y aplicación de cuestionarios
7. Procedimientos para la estimación

La etapa uno y dos marcan la complejidad que se tendrá en el experimento de elección, debido a que una inadecuada selección de atributos podría generar errores, sobre todo si se quiere medir lo mismo, pero con diferente termino, es preciso fijar los niveles y determinar los más representativos.

La etapa tres y cuatro van de la mano, de la primera dependerá los conjuntos creados, comúnmente un diseño factorial ayudaría a determinar todas las combinaciones adecuadas, sin embargo, un factorial fraccionado disminuye los conjuntos, aunque hay paquetes como SPSS que ponen a disposición un diseño ortogonal. Lo importante es siempre pensar en disminuir la fatiga del entrevistado.

Para la etapa cinco, comúnmente se utiliza la elección, aunque podrían utilizarse puntuaciones, rankings, en la etapa seis, depende de los fines de cada investigador, de adicionar otros apartados aparte de la elección.

Por último, la etapa siete corresponde al modelo utilizado para realizar la estimación; que puede ser mediante un modelo de regresión OLS (Mínimos

Cuadros Ordinarios) o procedimientos de estimación de Máxima Verosimilitud (Logit, Probit, Dered Logit, Logit Condicional, Logit Multinomial, Logit Anidado, Modelos de Datos de Panel, entre otros). Las variables que no varían a través de las alternativas deben estar interactuando con la elección de los atributos específicos. En los estudios donde se aplica Experimentos de Elección se ha utilizado frecuentemente para la estimación de las medidas de bienestar los modelos Logit Multinomial o Logit Condicional (McFadden, 1973; Prada et al., 2002; Riera y Mogas, 2006), esto depende del interés del investigador para el análisis de los datos y resultados.

Ventajas de los Experimentos de Elección sobre la Valoración Contingente

La principal ventaja de los Experimentos de Elección es que permiten estimar tanto los valores marginales de cada atributo como la media de las disposiciones a pagar para pasar del *status quo* a una alternativa específica (Espinal y Gómez, 2011). Es decir, que los Experimentos de Elección son mejores para medir los valores marginales de los cambios en un escenario particular, y pueden ser más útiles en diseños de políticas multidimensionales y de subvención (Hanley, Mourato y Wright, 2001).

Los Experimentos de Elección pueden describir los atributos del bien y los *trade-off* entre ellos más exactamente que los métodos de Valoración Contingente, permitiendo valorar los atributos separadamente y en combinación, dándole al investigador ventajas en la evaluación de los atributos y en el análisis de cambios situacionales (Adamowicz et al., 1998).

Obtener los valores de diferentes opciones mediante el método de la Valoración Contingente requiere una aplicación diferente para cada opción, por lo que el Experimento de Elección presenta unos menores costos, si el objetivo es la selección de una composición de atributos de un bien entre varias posibles o la valoración de cada uno de los atributos; además, este último guarda más semejanza con el comportamiento habitual de los individuos en el mercado, ya

que estos se enfrentan a la elección de una alternativa entre un conjunto de opciones disponibles (García et al., 2011).

Ya que los encuestados están enfocados en los *trade-off* entre las elecciones más que en la Disposición a Pagar (DAP), los Experimentos de Elecciones pueden combatir algunos de las limitaciones de la Valoración Contingente como: respuestas falsas positivas a la disposición de pago, presentación de pagos protesta, sesgos de comportamiento estratégico: *free raider* y cálido resplandor (Snowball, 2009).

2.4 Literatura citada

- Adamowicz, Wiktor, Peter Boxall, Michael Williams & Jordan Louviere. (1998). "Stated Preference Approaches for Measuring Passive Use Values: Choice Experiments and Contingent Valuation" *American Journal of Agricultural Economics*, 80, 64-75.
- Ardakani, A. S., Shahedi, M., Kabir, G., Javanshah, A., Facelli, E., & Wirthensohn, M. (2006). *Optimizing of the Process of Pistachio Butter Production*; Proceedings of the 5th International Symposium on Pistachios and Almonds, Tehran, Iran: ISHS.
- Ardakani, A. S, Shahedi M, & Kabir G. (2009). Optimizing formulation of pistachio butter production. *Journal of Science Technology of Agriculture and Natural Resources*, 13(47), 49-60.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Pearson Educación. México.
- Baldino, N., Gabriele, D., & Migliori, M. (2010). The influence of formulation and cooling rate on the rheological properties of chocolate. *European Food Research and Technology*, 231(6), 821-828.
- Ben-Akiva, M., & Steven R. L. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. Cambridge: The MIT Press.
- BergenstaËhl, B. A., & Claesson, P. M. (1997). *Surface forces in emulsions*. In S.E. Friberg & K. Larsson, Food emulsions (3^{ra} ed.). New York: Marcel Dekker. Pp. 57-109.
- Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity*, 2^a ed, Academic Press: CA, USA.
- Brusewitz, G. H. & Yu, H. (1996). Back extrusion method for determining properties of mustard slurry. *Journal of Food Engineering*, 27, 259-265.

- Cammarn S. R., Lange T. J., & Beckett, G. D. (1990). Continuous fluidized-bed roasting. *Chemical Engineering Progress*, 86, 40-46.
- Chambers, E. & Bowers J. R. (1993). Consumer perception of sensory qualities in muscle foods. *Food Technology*, 47,116-120.
- Chanamai, R. & McClements D. J. (2002). Comparison of gum arabic, modified starch, and whey protein isolate as emulsifiers: influence of pH, CaCl₂ and temperature. *Journal of Food Science*, 67(1), 120-5.
- Chen, J. (2014). Food oral processing: Some important underpinning principles of eating and sensory perception. *Food Structure*, 1, 91-105.
- Ciesla, W. M. (1998). *Non-Wood Forest Products from Conifers*; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy, 12,138.
- Ciftci D., Kahyaoglu T., Kapucu S., & Kaya S. (2008). Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. *Journal Food Engineering*, 87,428-435.
- Clandinin, M. T. (1999). Brain development and assessing the supply of polyunsaturated fatty acid. *Lipids*, 34,131-7.
- Clawson, M. (1959). *Methods of Measuring the Demand for and Value of Outdoor Recreation*. *Travel Research Bulletin*, 10(3), 11–11.
- Court, A.T. (1939). Hedonic Price Indexes with Automotive Examples, In *The Dynamics of Automobile Demand*, *Ed General Motors Corporation*, 99-117.
- Crippen, K. L. Hamann, D. D., & Young, C. T. (1989). Effect of grind size, sucrose, concentration and salt concentration on peanut butter texture. *Journal of Texture Studies*, 20, 29-41.
- Dalgleish, D. G. (1997). Adsorption of protein and the stability of emulsions. *Trends in Food Science & Technology*, 8(1), 1-6.
- Daubert, C. R., Tkachuk, J. A. & Truong, V. D. (1998). Quantitative measurement of food spreadability using the vane method. *Journal of Texture Studies*, 29,427-435.
- Derossi, A., Mastrandrea, L., Amodio, M. L., Chiara, M. L. V., & Colelli, G. (2016). Application of multivariate accelerated test for the shelf life estimation of fresh-cut lettuce. *Journal of Food Engineering*, 169, 122-130.
- Dickinson, E. (1992). Structure and composition of adsorbed protein layers and the relationship to emulsion stability. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions*, 88, 2973-2983.
- Dickinson, E. (1997). Properties of emulsions stabilized with milk proteins: overview of some recent developments. *Journal of Dairy Science*. 80, 2607-2619.
- Dickinson E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids* 17, 25-39.

- Dickinson, E. (2010). Double emulsions stabilized by food biopolymers. *Food Biophysics*, 6, 1-11.
- Dickinson, E., & Golding, M. (1988). Influence of calcium ions on creaming and rheology of emulsions containing sodium caseinate. *Colloids and Surfaces*, 144, 167-177.
- Dickinson, E., Rolfe, S. E., & Dalgleish, D. G. (1988). Competitive absorption of α_{s1} -casein and β -casein in oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 265, 397-405.
- Dickinson, E., & Stainsby, G. (1982). *Colloids in foods*. London: Applied Science.
- Donnelly, J. L., Decker, E. A., & McClements, D. J. (1998). Iron-catalyzed oxidation of Menhaden oil as affected by emulsifiers. *Journal of Food Science*, 63, 997-1000.
- Dubost, N. J., Shewfelth, R. L., & Eitenmiller, R. R. (2003). Consumer acceptability, sensory and instrumental analysis of peanut soy spreads. *Journal of Food Quality*, 26, 27-4.
- Egert, S., Lindenmeier, M., Harnack, K., Krome, K., Erbersdobler, H. F., Wahrburg, U. & Somoza, V. (2012). Margarines fortified with α -linolenic acid, eicosapentaenoic acid, or docosahexaenoic acid alter the fatty acid composition of erythrocytes but do not affect the antioxidant status of healthy adults. *The Journal of Nutrition*, 142, 1638-1644.
- Espinal M. N. E. & Gómez Z. J. D. 2011. Experimentos de elección: una metodología para hacer valoración económica de bienes de no mercado. *Ensayos de Economía*, 38, 211-242.
- Euston, S. E., Singh, M., Munro, P. A., & Dalgleish, D. G. (1995). Competitive absorption between sodium caseinate and oil-soluble and water-soluble surfactants in oil-in-water emulsions. *Journal of Food Science*, 60, 1124-1131.
- Evaristo, I., Batista, D., Correia, I., Correia, P., & Costa, R. (2010). Chemical profiling of portuguese *Pinus pinea* L. Nuts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90, 1041-1049.
- Farjon, A. & Styles, B. (1997). *Pinus* (pinaceae). *Flora Neotropica Monograph*. The New York Botanical Garden. Bronx, Nueva York. 291 p.
- Foegeding, E. & Luck P. (2002). "Whey protein products". In: Caballero, B., L., Trugo, P. Finglas (eds). *Encyclopedia of Foods Sciences and Nutrition*. Academic Press, 1957-1960.
- Food and Agriculture Organization. (1995). Seeds, fruits and cones. In *Non-Wood Forest Products from Conifers*; Food and Agriculture Organization (FAO): Rome, Italy.
- Forde, C. G. (2016). Sensory science: From measuring perception to understanding ingestive behavior, *Elsevier*. (pp. 1-2). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03396-5>

- Freeman, A. M. (2014). *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory y Methods*. Baltimore, Resources for the Future Press. Disponible en <http://econdse.org/wp-content/uploads/2016/07/Freeman-Herriges-Kling-2014.pdf>
- Genovese, D. B., Lozano, J. E., & Rao, M. A. (2007). The rheology of colloidal and noncolloidal food dispersions. *Journal of Food Science*, 72, 11-20.
- Gernandt, D. & Perez, J. (2014). Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85,126-133.
- Gills, L. A. (2000). Resurreccion Overall acceptability and sensory profiles of unstabilized peanut butter and peanut butter stabilized with palm oil. *Journal of Food Procesing and Preservation*, 24,495-516.
- Giménez A., Ares F, & Ares G. (2012). Review: Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International* 49,311-325.
- Gracia, A., López, B., & Virué, S. (2011). Disposición a pagar por zumos naturales: aplicación de un experimento de elección. *Información técnica económica agraria*, 107(1), 21-32.
- Granados, V., Ro, L., Granados, S. D. & Sánchez-González, A. (2015). Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides subsp. orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y bosques*, 21(2), 23-43.
- Greene, William. (2002). *Econometric Analysis*. Cuarta Edición, New York: Macmillan. Disponible en <https://spu.fem.uniag.sk/cvicenia/ksov/obtulovic/Mana%C5%BE.%20%C5%A1tatistika%20a%20ekonometria/EconometricsGREENE.pdf>
- Hanley, N., Mourato, S., & Wright, R. (2001). Choice Modeling Approaches: A Superior Alternative for Environmental Valuation? *Journal of Economic Surveys*, 15, 435-462.
- Hough, G. (2010). *Sensory shelf life estimation of food products*. Taylor & Francis, Boca Raton, FL. 264 p. <https://doi.org/10.1201/9781420092943>
- Hough, G.; Garitta, L. & Gómez, G. (2006). Sensory shelf-life predictions by survival analysis using accelerated storage models. *Food Quality Preference*, 17, 468-473.
- Houthakker, H. S. (1952). Compensated changes in quantities and qualities consumed. *Review of Economic Studies*, 19,155-164.
- Hu, M., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2003). Impact of whey protein emulsifiers on the oxidative stability of salmon oil-in-water emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 1435-1439.
- Institute of Food Science & Technology (IFST). (1993). Shelf life of foods: Guidelines for its determination and prediction Institute of Food Science and Technology, London. (pp. 46 -78).

- International Nut and Dried Fruit. *Global Statistical Review 2017-18*; International Nut and Dried Fruit: Tarragona, Spain, 2017; 38-41.
- Keeley, J. E. (2012). Ecology and evolution of pine life histories. *Annals of Forest Science*, 69, 445-453.
- Kim, H. J., Decker, E. A., & McClements, D. J. (2002). Role of postadsorption conformation changes of beta-lactoglobulin on its ability to stabilize oil droplets against flocculation during heating at neutral pH. *Langmuir*, 18(20), 7577-7583.
- Kim, H. J., Decker, E. A., & McClements D. J. (2005). Influence of protein concentration and order of addition on thermal stability of beta-lactoglobulin stabilized n-hexadecane oil-in-water emulsions at neutral pH. *Langmuir*, 21(1), 134-9.
- Kim, B. H., Shewfelt, R. L., Lee, H. & Akoh, C. C. (2005). Sensory evaluation of butterfat-vegetable oil blend spread prepared with structured lipid containing canola oil and caprylic acid. *Journal of Food Science*, 70(7), 406-412.
- Klein, J. P. & Moeschberger, M. L. (1997). Survival analysis, techniques for censored and truncated data. *New York: Springer-Verlag*, (pp. 405 - 421).
- Kleinbaum, D. G. (1996). *Survival analysis: A self-learning text*. New York: Springer-Verlag Inc.
- Lancaster, K. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74, 134-57.
- Lawless, H. & Heyman, H. (2010). *Sensory evaluation of food*. Principles and practices Springer, New York. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Liedl, F. G., & Rowe, K. F. (2007). Nut butter and related products and method of making same. U.S. Patent 7235277. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US7235277>
- Lorgeril, M., Renaud, S., Mamelle, N., Salen, P., Martin, J. L., Monjaud, I., ... & Delaye, J. (1994). Mediterranean α -linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *Lancet*, 343, 1454-1469.
- Louviere, J. (1988). *Analyzing Individual Decision Making: Metric Conjoint Analysis*. Sage University Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, Sage Publications, Newbury Park, Estados Unidos. (pp. 56 - 71)
- Luce, R. D. (1959). *Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis*. New York: John Wiley and Sons. (pp. 75-86).
- Luce, R. D., & Tukey. J. W. (1964). Simultaneous Conjoint Measurement: A New Type of Fundamental Measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 1, 1-27.

- McClements, D. J. (2005). *Food emulsions: principles, practice, and techniques*, 2^a ed. Boca Raton: CRC Press. (pp. 95 - 173) Disponible en: [https://diglib.mrgums.ac.ir/Uploads/User/4375/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8%D8%AE%D8%A7%D9%86%D9%87/D._J._McClements-Food_emulsions__principles__practices__and__techniques-CRC_Press\(2005\).pdf](https://diglib.mrgums.ac.ir/Uploads/User/4375/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8%D8%AE%D8%A7%D9%86%D9%87/D._J._McClements-Food_emulsions__principles__practices__and__techniques-CRC_Press(2005).pdf)
- McFadden, D. (1973). *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behaviour* En *Frontiers in Econometrics*, ed. Paul Zarembka, Nueva York: Academic Press. (pp. 105-139) Disponible en: <https://eml.berkeley.edu/reprints/mcfadden/zarembka.pdf>
- McNeill, K. A. Y., Sanders, T. H. & Civille, G. V. (2002). Descriptive analysis of commercially available creamy style peanut butters. *Journal of Sensory Studies*.17, 391-414.
- Meeker, W. Q & Escobar L. A. (1998). *Statistical methods for reliability data*. John Wiley & Sons, New York.1-10.
- Micha, R. & Mozaffarian, D. (2010). Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. *Lipids* 45, 893-905.
- Miraliakbari, H. & Shahidi, F. (2008). Lipid class compositions, tocopherols, and sterols of tree nut oils extracted with different solvents. *Journal of Food Lipids*, 15, 81-96.
- Mogas, A. J. (2004). Métodos de preferencias relevadas y declaradas en la valoración de impactos ambientales. *Ekonomiaz*. 57(3), 12-29.
- Monaco, R., Giacone, T., Cavella, S., & Masi, P. (2008). Predicting texture attributes from microstructural, rheological and thermal properties of hazelnut spreads. *Journal of Texture Studies*, 39,460-479.
- Morr C. V. & Ha, E. Y. W. (1993). Whey protein concentrates and isolates: Processing and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(6), 431-476
- Mulder, H., & Walstra, P. (1974). *The milk fat globule: emulsion science as applied to milk products and comparable foods*. Wageningen, The Netherlands: Pudoc.
- Mutke, S., Pastor, A., & Picardo, A. (2011). *Toward a Traceability of European Pine Nuts “from Forest to Fork”*. In *Proceedings of the International Meeting on Mediterranean Stone Pine for Agroforestry*, Valladolid, Spain, 17–19.
- Naseem, A., Mhlanga, S., Diagne, A., Ygué, A. P. & Soul-kifouly, M. (2013). Economic analysis of consumer choices based on rice attributes in the food markets of West Africa—the case of Benin. *Food Security*. 5, 575-589
- Nelson, W. (1990). Accelerated testing. Statistical models, test plans and data analyses. John Wiley & Sons, New York. (pp. 493-520).

- Nergiz, C., & Dönmez, I. (2004). Chemical composition and nutritive value of *Pinus pinea* L. Seeds. *Food Chemistry*. 86, 365-368.
- New South Wales Food Authority (NSWFA). (2012). *Pine Nuts and pine Mouth—Emerging Issues Paper*; New South Wales Food Authority: Sydney, Australia, 25.
- Nicorescu, I., Loisel C., Riaublanc A., Vial C., Djelveh G., Cuvelier G., & Legrand J. 2009. "Effect of dynamic heat treatment on the physical properties of whey protein foams". *Food Hydrocolloids* 23(4), 209, 1219.
- Nielsen S. S. (2010). *Food Analysis*. Springer; New York, NY, USA. (pp. 35-43).
- Nikolić, I., Dokić, L., Rakić, D., Tomović, V., Maravić, N., Vidosavljević, S., Šereš, Z., & Šoronja-Simović, D. (2018). The role of two types of continuous phases based on cellulose during textural, color, and sensory characterization of novel food spread with pumpkin seed flour. *Journal of Food Processing and Preservation*. 42, (8), 1-14.
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. A. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90, 400-408.
- Perza, P. G. & Rossell, J. (2010). *Una primera estimación de un modelo de precios hedónicos para el vino en catalán. Departamento de economía aplicada. Universidad Autónoma de Barcelona*. Tesis de Máster en economía aplicada.
- Prada, A., González, M., Vázquez M. X., & Salino, M. (2002). *Social Preferences for Management of Rural Forests in the Iberian Atlantic Region*. Ponencia presentada en 10th European Association of Agricultural Economists Congress, Zaragoza. (pp. 28-31).
- Price, R. A., Liston, A., & Strauss, S. H. (1998). *Phylogeny and systematics of pinus*. In *Ecology and Biogeography of Pinus*, Richardson, D.M., Cambridge University Press: Cambridge, UK, 49-68.
- Richardson, D. (1998). *Ecology and biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge, 527.
- Riera, P. & Mogas, J. (2006). Una Aplicación de los Experimentos de Elección a la Valoración de la Multifuncionalidad de los Bosques. *Interciencia Revista de Ciencia y Tecnología de América*, 31(2), 110-115.
- Rodríguez, V. D., Silva R., & Romo M. R. (2013). *Factores que determinan el precio del queso añejo en la ciudad de chillán: una estimación de una función de precios hedónicos. Universidad del Bio-Bio. Red de bibliotecas*. Chile. Tesis de maestría en ingeniería comercial.
- Ros, E., & Mataix, J. (2006). Fatty acid composition of nuts—implications for cardiovascular health. *British Journal Nutrition* 96, S29-S35.

- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in perfect competition. *Journal of Political Economy*, 82, 34-6-55.
- Rousseau, D., Forestiere, K., Hill, A. R. & Marangoni, A. G. (1996). Restructuring butterfat through blending and chemical interesterification. Melting behavior and triacylglycerol modifications. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73(8), 963-972.
- Ryan, E., Galvin, K., O'connor, T., Maguire, A., & O'brien, N. (2006). Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57, 219–228.
- Sagrero-Nieves, L. (1992). Fatty acid composition of Mexican pine nut (*Pinus cembroides*) oil from three seed coat phenotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 59, 413-414.
- Sales-Campos, H., Souza, P. R., Peghini, B. C., Da Silva, J. S. & Cardoso, C. R. (2013). An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*. 13, 201-210.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2017). Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Shakerardekani, A., Karim R., Mohd G. H., & Ling C. N. (2013a). Textural, Rheological and Sensory Properties and Oxidative Stability of Nut Spreads—A Review. *International Journal of Molecular Sciences*. 14(2), 4223-4241.
- Shakerardekani, A., Karim R., Mohd G. H., & Ling C. N. (2013b). Development of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Spread. *Food science*. 78(3), 484-489
- Snowball, J. (2009). *Measuring the Value of Culture*. Methods and Examples in Cultural Economics, Berlin: Springer. *Journal of Regional Science*, 50 (3) 784-786
- Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A., & Singleton, R. C. (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, 28, 24-34.
- Sun, C. & Gunasekaran, S. (2009). Effects of protein concentration and oil-phase volume fraction on the stability and rheology of menhaden oil-in-water emulsions stabilized by whey protein isolate with xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 23 (1), 165-174
- Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics. *Journal Food Science*. 28, 385-389.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*. 13, 215-225.
- Szczesniak, A. S. & Kleyn, D. H. (1963). Consumer awareness of texture and other food attributes. *Food Technology*. 17, 74-77.

- TA.HD. (2004). Texture Analyser Product Specification. Vienna: Stable Micro Systems Ltd., Godalming Surrey.
- Taherian, A. R., Britten, M., Sabik, H., & Fustier, P. (2011). Ability of whey protein isolate and/or fish gelatin to inhibit physical separation and lipid oxidation in fish oil-in-water beverage emulsion. *Food Hydrocolloids*, 25 (5), 868-878.
- Thurstone, Louis. (1994). A Law of Competitive Judgement. *Psychological Review*, 101(2), 266-270.
- Triplett, J. (1969). Automobiles and hedonic quality measurement. *Journal of Political Economy*, 77,408-417.
- Ulín-Montejo, F., Salinas-Hernández, R., & González-Aguilar, G. (2009). Estimación de vida útil mediante análisis de datos censurados y pruebas de vida acelerada.
- United States Department of Agriculture (USDA). (2006). Commercial Item Description. Peanut Butter. United State Department of Agriculture; Washington, DC, USA.
- United States Department of Agriculture. 2016. *National Nutrient Database For Standard Reference Release 28*; United States Department of Agriculture: Washington, DC, USA.
- Varela, P. & Ares, G. (2014). Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling, 1st edn. CRC Press, New York, NY
- Waugh, F. (1928). Quality factors influencing vegetables prices. *Journal of Farm. Economics*, 10, 185-186.
- Wilde, P. J. (2000). Interfaces: their role in foam and emulsion behaviour. *Current Opinion Colloid & Interface Science*, 5(4), 176-81.
- Wilkinson, C. & Yuksel, D. (1997). Using artificial neural networks to develop prediction models for sensory-instrumental relationships; an overview.*Food Quality and Preference*. 8, 439-445.
- Yeh, J. Y., Phillips, R. D., Resurreccion, A. V. A. & Hung, Y. C. (2002). Physicochemical and sensory characteristic changes in fortified peanut spreads after 3 months of storage at different temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50, 2377-2384.
- Zhu, Q., Li, J., Liu, H., Saito, M., Tatsumi, E., & Yin, L. (2015). Development of Stable Water-in-Oil Emulsions Using Polyglycerol Polyricinoleate and Whey Protein Isolate and the Impact on the Quality of Bittern-Tofu. *Journal of Dispersion Science & Technology*, 36 (11).
- Zhu, Z., Yi, J., Dong, W., Lu, J., & Ding, Y. (2015). Ionic strength, antioxidants and chelators affect whey protein isolates' antioxidation in water-in-walnut oil emulsions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(5), 620-629.

Zonneveld, B. (2011). Pine nut syndrome: A simple test for genome size of 12 pine nut-producing trees links the bitter aftertaste to nuts of *P. armandiizucc.* Ex endl. *Plant Systematics and Evolution.* 297, 201-206.

3. OPTIMIZACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UN NUEVO PRODUCTO UNTABLE A BASE DE PIÑÓN

3.1 Resumen

El valor del piñón, representa una actividad relacionada únicamente con la producción y aprovechamiento forestal en México, por lo tanto el propósito de esta investigación fue formular un producto que cuente con las características técnicas que garanticen un producto untable por lo que se implementó el uso de la metodología de superficie de respuesta con dos factores (% de piñón y % de aceite) y dos niveles, utilizándose un diseño central compuesto. Las variables respuesta evaluadas fueron costos, aceptabilidad, untabilidad, peróxidos, separación de aceite, firmeza, adhesividad, y consistencia; de éstas variables se encontró que la aceptabilidad, los costos, los peróxidos y la adhesividad, fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$) y por lo tanto permitieron predecir el tratamiento óptimo.

Minimizándose peróxidos y costos y maximizándose la adhesividad y aceptabilidad, los niveles encontrados para el tratamiento óptimo fueron 46 % piñón y 17 % aceite, éstos niveles permitieron la extensión de la semilla en un 64 %, la crema obtenida tiene una aceptabilidad de 7 y un costo de producción de \$70.00, con una adhesividad de -669.73 g s^{-1} y $2.04 \text{ meq O}_2 \text{ Kg}^{-1}$ como índice de peróxido.

Palabras clave: Superficie de respuesta, diseño central compuesto.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Silvia López Lino.

Director de Tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

OPTIMIZATION IN THE FORMULATION OF A NEW SPREADABLE PRODUCT BASED ON PINE NUT

Abstract

The value of the pine nut, represents an activity related only to the production and forest use in Mexico, therefore the purpose of this research is to formulate a product that has the technical characteristics that guarantee a spreadable product, for which the use of the surface response methodology with two factors (% of pine nut and % of oil) and two levels, using a central composite design. The response variables evaluated were costs, acceptability, spreadability, peroxides, oil separation, firmness, adhesiveness, and consistency; from these variables, it was found that acceptability, costs, peroxides and adhesiveness were statistically significant ($p < 0.05$) and therefore allowed to predict the optimal treatment.

Minimizing peroxides and costs and maximizing the adhesiveness and acceptability, the levels found for the optimal treatment were 46 % pine nut and 17 % oil, these levels allowed the extension of the seed by 64 %, the cream obtained has an acceptability of 7 and a production cost of \$70.00, with an adhesiveness of -669.73 and 2.04 meq O² Kg⁻¹ as a peroxide index.

Keywords: Response surface, composite central design.

Thesis: Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Silvia López Lino
Advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

3.2 Introducción

El piñón (*Pinus Cembroides*) pese a ser uno de los frutos secos de más alto precio, en México representa tan solo una actividad complementaria, ya que los pinos piñoneros no presentan fructificación anual (Hernández et al., 2011) y su objetivo principal es el uso del árbol de esta especie para reforestación. De acuerdo a Sánchez et al. (2005), los piñones son semillas muy apreciadas en repostería y confitería, que alcanzan gran valor en el mercado por la irregularidad con que se presentan los años semilleros. Por lo que es importante lograr el desarrollo de la extensión o propagación de la semilla, es decir producir más de un producto con menos materia prima, cuidando que se mantengan los atributos característicos de la misma.

En este trabajo de investigación, el propósito fue formular un producto untable con el que se pretende no solo aumentar potencialmente su uso alimentario, si no también, ofrecer un bocadillo saludable para el consumidor y por consiguiente aumentar la plantación de esta especie.

En cuanto a la elaboración, diseño y formulación de nuevos productos o creación de prototipos se ha empleado comúnmente el Método de Superficie de Respuesta (MSR) (Bas y Boyaci, 2007) para modelar los efectos de los niveles de los ingredientes y/o las condiciones de procesamiento, donde el objetivo es optimizar la respuesta (Montgomery, 2004).

En el desarrollo de productos untables se ha aplicado en la optimización de las condiciones de tostado en soja (Agrahar-Murugkar, Kotwaliwale, Kumar, & Gupta, 2013), condiciones de temperatura y cocción en mantequilla láctea (Kashaninejad, Razavi, Mazaheri Tehrani, & Kashaninejad, 2017). Y en la optimización de ingredientes se ha utilizado en crema de semilla de calabaza (Radočaj Dimić, Diosady, & Vujasinović, 2011), pistache (Ardakani, Shahedi, & Kabir, 2006), chocolate untable (Kumar, 2014), en chhana (Amitraj, Khamrui, Devaraja, & Mandal, 2016), untables de aguacate (Sethi, & Balasubramanyam,

2018), queso untable (Shabani, Sarfarazi, Mirzaei, & Jafari, 2016) y en alimentos nutracéuticos untables (Shashank et al, 2017).

Las propiedades de textura como la dureza y adhesividad, en los productos para untar juegan un papel muy importante, de ellas depende la calidad de untabilidad del mismo (Radočaj et al. 2011); otro parámetro a considerar es la separación de aceite al cual Radočaj, Dimić, Diosady, y Vujasinović, (2012) lo han usado como principal atributo visual para consumir o no estos productos. Por lo tanto, se debe lograr un equilibrio entre estas variables ya que en general, un producto más firme (con bajo contenido de aceite) es más difícil de esparcir sobre la superficie, sin embargo, si se logra un producto untable, indica una mayor cantidad de aceite y por ende una mayor separación de éste, dando pauta al papel que juega la correcta elección de un estabilizador o emulsificante.

Con lo anterior se debe hacer hincapié en seleccionar los ingredientes adecuados, así como sus cantidades, para obtener un producto estable y aceptable. Los ingredientes principales de los productos para untar son nueces (como la almendra, el anacardo, la avellana, la nuez de macadamia, el cacahuete, la nuez, el pistache, pepita de calabaza), edulcorantes; aceites vegetales; emulsionantes o estabilizantes, fuentes de proteínas y aromas como aditivo alimentario.

En esta investigación se usaron básicamente 4 ingredientes: nuez (piñón), edulcorante (azúcar glass), aceite vegetal comestible (aceite de ajonjolí) esto con el propósito de mantener y hasta cierto punto aumentar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados y, aislado de proteína de lactosuero, que es ingrediente multifuncional, por una parte, enriquece la formulación con proteína y por otra permite actuar como emulsionante y antioxidante.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Planeación experimental

La fase experimental se desarrolló en dos etapas:

A) Fase preliminar, la cual consistió en determinar los niveles bajos y altos de cada ingrediente que permitieran minimizar la cantidad de piñón utilizada en la formulación; así como la estandarización de la metodología del proceso de elaboración del producto untable a base de piñón.

B) Optimización de la formulación, en esta etapa, se realizaron ensayos para optimizar el contenido de piñón y aceite de ajonjolí en diferentes combinaciones; así mismo se buscaron las condiciones óptimas del proceso que permitan la formulación del producto, crema untable de piñón

3.3.2 Materiales

Piñón (*Pinus cembroides*) procedente de Cadereyta, Querétaro, aceite vegetal de ajonjolí (Grupo Oleo Lab. S.A. de C.V.; Ciudad de México), azúcar glass y aislado de proteína de lactosuero (WPI, 95 % p/p de proteína en base seca; Hilmar™9410; Hilmar Ingredients, CA, USA).

3.3.3 Métodos

Índice de peróxidos

Determinación realizada de acuerdo a la NMX-F-154-SCFI-2010; utilizando una reducción en relación 5:1 con respecto al a los reactivos originales. El aceite de los tratamientos (1 g) fue mezclado con 6 mL de ácido acético glacial/cloroformo (3:2, v/v), y luego se agregó una disolución saturada de yoduro de potasio (0.1 mL), posteriormente se tapó y se dejó reposar durante 1 min y finalmente se agregó agua destilada (6 mL). Se procedió a la titulación con solución valorada de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.01 N, durante la titulación, la mezcla se agitó vigorosamente y antes de la desaparición del color amarillo se adicionó 0.1 mL de solución indicadora de almidón, se continuó con la titulación hasta la desaparición del color azul en la mezcla. Siguiendo el mismo procedimiento anterior fue titulado un blanco de reactivos. La lectura fue tomada de acuerdo a los mililitros gastados en la titulación y el índice de peróxidos fue obtenido de la ecuación siguiente:

$$IP = \frac{(A - A_1) \times N \times 1000}{M}$$

Donde A son los mililitros de solución de Na₂S₂O₃ gastados en la titulación de la muestra, A₁ son los mililitros de solución de Na₂S₂O₃ gastados en la titulación del blanco, N es la normalidad de la disolución de Na₂S₂O₃, M es el peso de la muestra (g). Los resultados fueron expresados como miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de aceite (meq O₂ Kg⁻¹).

Separación de aceite

La estabilidad de la crema fue monitoreada al evaluar los cambios en la separación de aceite. En contenedores graduados transparentes de 10 cm de altura, se colocaron muestras para cada tratamiento con su respectiva repetición hasta una altura de 7 cm, se dejaron a temperatura ambiente durante 15 días y se registró el contenido de aceite separado. La separación de aceite (% v/v) es calculada a partir del volumen de aceite liberado respecto al volumen de la muestra inicial y referido a 100 g de producto (Aryana, Resurreccion, Chinnan, & Beuchat, 2003).

Textura

Se siguió la metodología descrita por Glicerina, Balestra, Pinnavaia, Dalla, y Romani, (2013) con modificaciones. A 30 g de crema untada de piñón colocada en un contenedor cilíndrico de 5 cm de altura y 4 cm de diámetro interno, se aplicó fuerza en compresión con una celda de extrusión inversa de 35 mm de diámetro a una velocidad de ensayo de 1.0 mm/ s, hasta lograr 20 mm de penetración en la muestra, utilizando un analizador de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems, England), equipado con una celda de carga de 25 kg. Los parámetros texturales obtenidos fueron la consistencia a partir de los valores de fuerza máxima positiva y adhesividad al cuantificar el área bajo la curva de las gráficas de fuerza vs tiempo obtenidas.

Prueba de aceptabilidad

Se realizaron dos pruebas de aceptabilidad, una por atributos, evaluándose únicamente la untabilidad y otra global, basada en la metodología propuesta por Hernández (2007), utilizando una escala hedónica de 9 puntos:

- (1) me disgusta extremadamente,
- (2) me disgusta mucho,
- (3) me disgusta moderadamente,
- (4) me disgusta poco,
- (5) ni me disgusta ni me gusta,
- (6) me gusta poco,
- (7) me gusta moderadamente,
- (8) me gusta mucho y
- (9) me gusta extremadamente

Debido al número de tratamientos y para evitar la fatiga, se empleó un diseño en bloques incompletos balanceados donde cada panelista evaluó solo una parte del total de muestras

El plan para los Bloques Incompletos Balanceados fue el 11.11 de Cochran y Cox (1965): $t=13$, $k=4$, $r=4$, $b=13$, $\lambda=1$. Utilizándose tres repeticiones del plan. A los resultados obtenidos se les sacó un promedio para su posterior análisis con superficie de respuesta.

Determinación del precio aproximado a venta de la crema untable de piñón

Para determinar el precio aproximado a venta del producto final, se realizó el costo de los ingredientes, infraestructura y la mano de obra, y a este costo total se le sumó un 20 % como parte de la ganancia.

Diseño estadístico experimental y análisis estadístico

En la segunda etapa del experimento se implementó una Superficie de Respuesta en donde las variables respuestas a medir fueron el Índice de peróxidos, separación de aceite, textura, aceptabilidad y análisis económico (en las dos últimas variables se realizó la medición solo en las 13 corridas sin repetición). Para determinarlas se ensayaron una serie de combinaciones de

tratamientos con variables (x, y), las cuales influyen directamente en las variables respuestas, donde “x” es el porcentaje de piñón y “y” es el porcentaje de aceite, los niveles de estas variables se establecieron en la fase preliminar.

La SR elegida corresponde a un diseño compuesto central (DDC) de segundo orden, generado a partir de un arreglo factorial 2^2 de los cuales se derivan el un punto central con cinco repeticiones, cuatro puntos factoriales y cuatro puntos axiales, ensayándose en total 9 tratamientos como se aprecia en el Cuadro 3. Se realizaron 2 repeticiones éste esquema básico.

Cuadro 3. Diseño Compuesto Central (superficie de respuesta), con los porcentajes de formulación (piñón y aceite) del nuevo producto unttable a base de piñón y los datos codificados

Corridas	Tratamientos	Factores		Variables codificadas		
		Piñón (%)	Aceite (%)	P	A	
1	1	28.00	10.00	-1	-1	Puntos factoriales
2	2	28.00	18.00	-1	1	
3	2	45.00	10.00	1	-1	
4	4	45.00	18.00	1	1	
5	5	36.50	14.00	0	0	Puntos centrales
6	5	36.50	14.00	0	0	
7	5	36.50	14.00	0	0	
8	5	36.50	14.00	0	0	
9	5	36.50	14.00	0	0	
10	6	36.50	19.65	0	1.414	Puntos axiales
11	7	36.50	8.34	0	-1.414	
12	8	48.52	14.00	1.414	0	
13	9	24.47	14.00	-1.414	0	

La MSR se aplicó a los datos experimentales mediante el uso del paquete estadístico Minitab®18.1.20.0. Los datos experimentales fueron ajustados por un modelo polinomial de segundo orden:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde Y_i es alguna de las variables respuesta, X_1 y X_2 = variables independientes (porcentaje de piñón (p/p) y porcentaje de aceite (p/p)), β_0 =constante, β_1 y β_2 = coeficientes lineales, β_{12} = coeficiente del producto cruzado β_{11} y β_{22} = coeficientes cuadráticos. Se obtuvo un modelo simplificado usando $p = 0.05$ para

discriminar los términos no significativos. Posteriormente se procedió a la optimización de las variables respuestas significativas, buscándose por un lado maximizar aceptabilidad, untabilidad, consistencia y por el otro minimizar costos, peróxidos, separación de aceite, adhesividad y firmeza. Con el modelo simplificado que se obtuvo de cada variable significativa se realizaron predicciones que permitieran la elección de un solo tratamiento óptimo.

Proceso de elaboración de crema untable de piñón

En la Figura 2 se observa el diagrama de bloques del proceso de elaboración de crema untable de piñón, de acuerdo a la metodología propuesta Bojorges-Gutiérrez, Ramírez-Santiago, y Sandoval-Castilla, (2016) y en el Cuadro 4 la formulación.

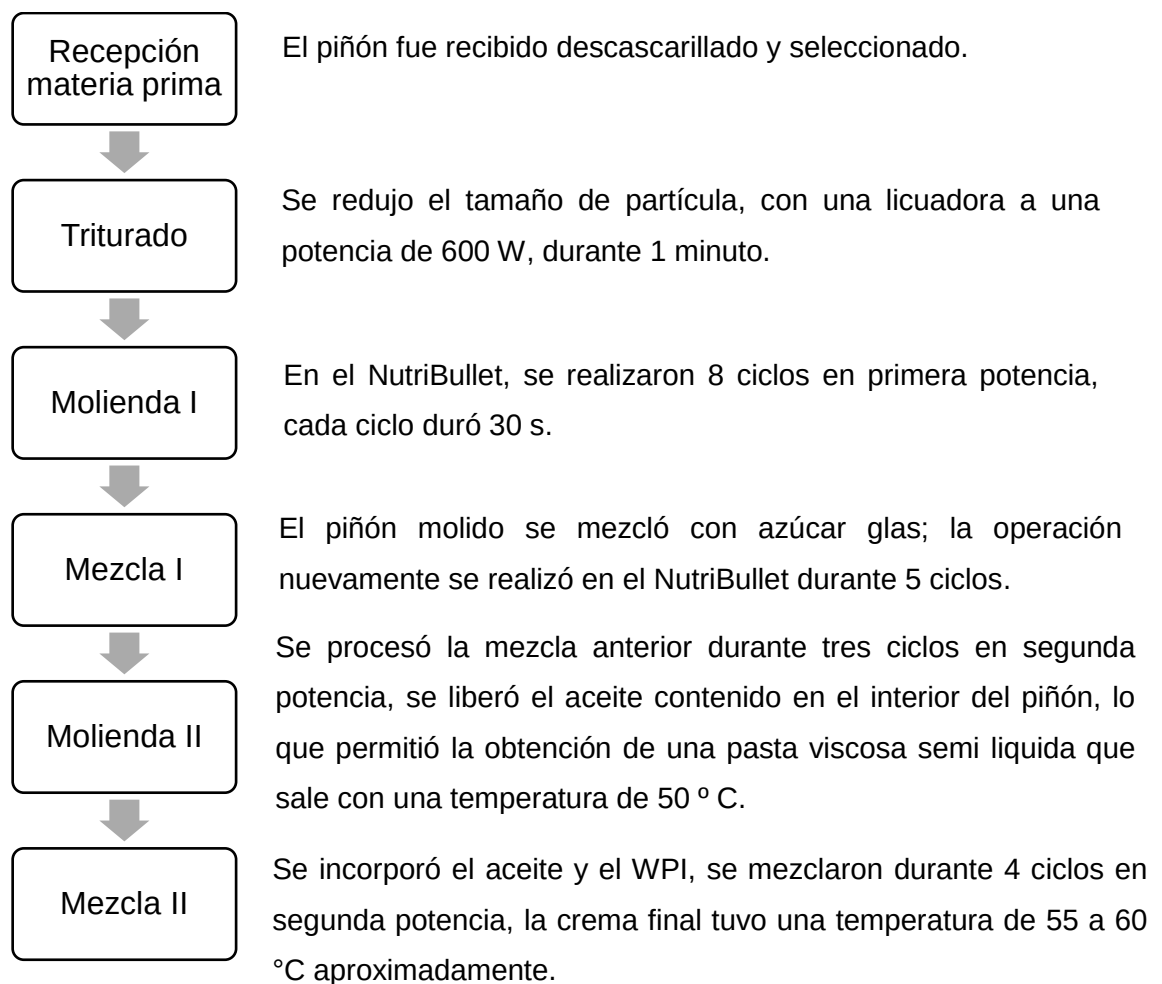


Figura 2. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de crema untable de piñón.

Cuadro 4. Formulación establecida para la elaboración de crema untable de piñón, tomando como base los niveles obtenidos de la superficie de respuesta para piñón y aceite.

Tratamiento	Azúcar	Piñón	Aceite	WPI
1	30.0	28.00	10.00	32.0
2	30.0	45.00	10.00	15.0
3	30.0	28.00	18.00	24.0
4	30.0	45.00	18.00	7.0
5	30.0	24.48	14.00	31.5
6	30.0	48.52	14.00	7.5
7	30.0	36.50	8.34	25.2
8	30.0	36.50	19.66	13.8
9	30.0	36.50	14.00	19.5

3.4 Resultados y discusión

3.4.1 Resultados de la superficie de respuesta

Los valores de p y el ajuste de los modelos ajustados para los atributos se presentan en el Cuadro 5, para verificar la idoneidad de los atributos analizados para las formulaciones de crema untable de piñón. Del análisis de superficie de respuesta (Cuadro 5), se aprecia que en las variables untabilidad, % de desgrasado y firmeza, el modelo cuadrático es significativo ($p \leq 0.05$) y en consistencia es el modelo lineal, sin embargo, estos modelos no explican de manera significativa ($p > 0.05$) el ajuste de los datos, por lo tanto, estas variables no fueron tomadas en cuenta para predecir y encontrar un tratamiento óptimo.

Cuadro 5. Significancia de las variables dependientes de diseño compuesto central analizadas con superficie de respuesta.

Fuente	Untabilidad	Desgrasado	Firmeza	Consistencia	Aceptabilidad	Adhesividad	Peróxidos	Costos
Modelo	0.004	0.000	0.000	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000
Lineal	0.002	0.000	0.000	0.000	0.010*	0.000*	0.000	0.000
A: Piñón	0.115	0.000	0.000	0.002	0.075	0.000*	0.000	0.000
B: Aceite	0.001	0.000	0.000	0.000	0.007*	0.001*	0.000	0.000
Cuadrado	0.025	0.001	0.000	0.526	0.296	0.732	0.000*	0.013*
A*A	0.010	0.004	0.067	0.948	0.191	0.436	0.000*	0.017*
B*B	0.282	0.004	0.000	0.264	0.504	0.928	0.009*	0.017*
Interacción de 2 factores	0.051	1.000	0.000	0.001	0.407	0.155	0.183	1.000
A*B	0.051	1.000	0.000	0.001	0.407	0.155	0.183	1.000
Error								
Falta de ajuste	0.042	0.007	0.000	0.000	NS	NS	NS	NS
R ²	.8821	.9320	.9491	.7641	0.76	.6337	.8324	1

*Significativo $p \leq 0.05$

NS = No Significativo $p > 0.05$

3.4.2 Efecto de los niveles de piñón y aceite en los atributos sensoriales

Untabilidad

La untabilidad es considerada la característica física-funcional más importante de los productos untables (Amitraj, Khamrui, Devaraja, & Mandal, 2016), debido a que describen la capacidad de dispersión para distribuirse uniformemente en la superficie (Di Monaco, Giaccone, Cavella, & Masi, 2008). Los alimentos para untar deben fluir fácilmente bajo estrés, pero no deben fluir por su propio peso (Di Monaco et al., 2008).

Los valores de untabilidad sensorial oscilan desde 3.58 hasta 8.58 (Cuadro 6). La puntuación mínima se obtuvo para el experimento número uno, que consistió en 28.00 % piñón, 10.00 % de aceite de ajonjolí y 32.00 % de WPI. La formulación número tres obtuvo la puntuación más alta, que contenía 28.00 % de piñón, 18.00 % de aceite de ajonjolí y 24 % de WPI. Como lo indican las estadísticas de resumen del modelo (Cuadro 5), la falta de ajuste es significativa ($p \leq 0.05$).

Cuadro 6. Valores de untabilidad determinados para cada uno de los tratamientos obtenidos del diseño compuesto central para la elaboración de crema untable de piñón.

Tratamiento	Piñón (%)	Aceite (%)	WPI (%)	Untabilidad
1	28.00	10.00	32.00	3.58
2	45.00	10.00	15.00	5.50
3	28.00	18.00	24.00	8.58
4	45.00	18.00	7.00	7.50
5	24.47	14.00	31.50	6.17
6	48.52	14.00	7.50	7.87
7	36.50	8.34	25.20	4.83
8	36.50	19.65	13.80	6.92
9	36.50	14.00	19.50	4.75
10	36.50	14.00	19.50	5.33
11	36.50	14.00	19.50	5.25
12	36.50	14.00	19.50	5.67
13	36.50	14.00	19.50	5.17

Aceptabilidad

La aceptabilidad tiene valores que van desde 4 a 7.67, la puntuación mínima se obtuvo para el experimento número uno, que consistió en 28 % piñón, 10 % de aceite de ajonjolí y 32 % de WPI. La formulación número cuatro obtuvo la puntuación más alta, que contenía 45 % de piñón, 18% de aceite de ajonjolí y 7 % de WPI. De acuerdo al resumen de estadísticas del Cuadro 5 ésta variable respuesta se ajusta un 76 % a un modelo lineal, el contenido de aceite tiene un efecto lineal positivo significativo ($p = 0.007$), en la Figura 3 se observa que a medida que aumenta el contenido de aceite la aceptabilidad también aumenta. La relación entre las variables independientes y la aceptabilidad se puede predecir mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Aceptabilidad} = 0.95 - 0.175 A + 0.73 B + 0.005 A \times A - 0.010 B \times B - 0.008 A \times B \quad \text{Ec. (2)}$$

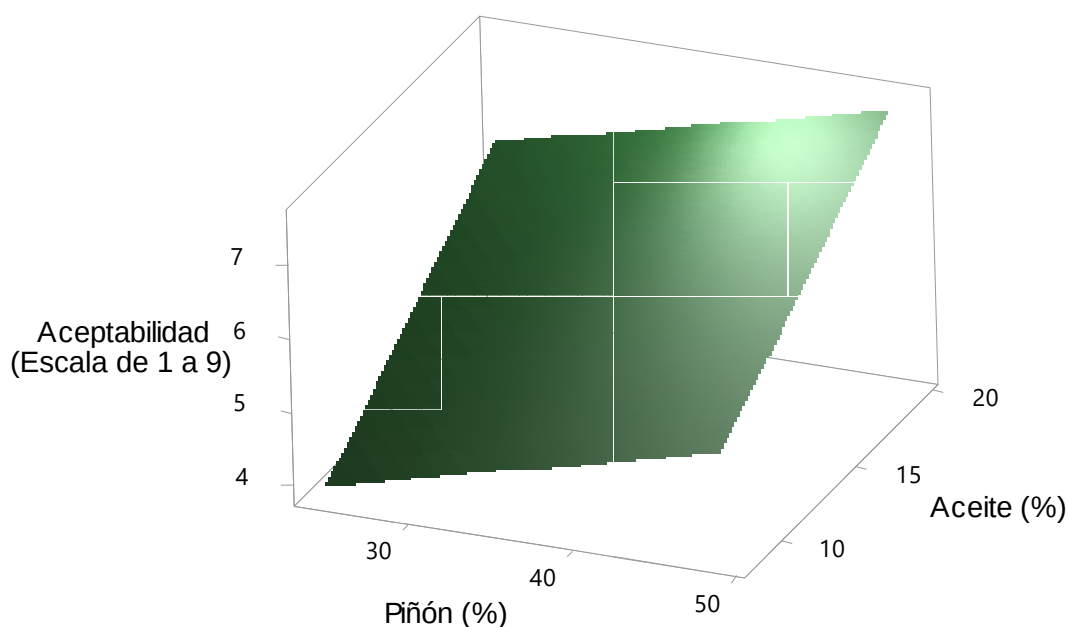


Figura 3. Superficie de respuesta de la aceptabilidad en crema untable de piñón realacionada con los niveles de porcentaje de piñón y aceite.

Además la Ecuación 2 muestra el efecto negativo que tiene el contenido de piñón, sin embargo éste no es significativo ($p > 0.05$), aunque en la Figura 3 se puede apreciar que a medida que aumenta el porcentaje de piñón la aceptabilidad también aumenta. Kumar (2015), encontró que la puntuación sensorial en la aceptabilidad es mayor cuando se incorpora aceite de oliva y concentrado de proteína de lactosuero (WPC) a una crema untada de chocolate.

Como se mencionó anteriormente la aceptabilidad de los productos untados depende principalmente de la textura “untabilidad”, sin embargo, Radočaj et al. (2012) la relacionan con atributos visuales como la separación de aceite; en el contexto anterior se esperaría una menor aceptabilidad a mayor porcentaje de aceite, sin embargo ese efecto no se ve reflejado en la superficie de respuesta.

3.4.3 Efecto de los niveles de piñón y aceite en los atributos de textura

Firmeza

El valor de la firmeza indica indirectamente la facilidad con la que se propagará el producto (Giri et al., 2014). El valor de la firmeza en productos untados está relacionada con la cantidad de aceite Wagener y Kerr (2017) encontraron que la firmeza de la mantequilla de nueces aumentó con una disminución en el contenido de aceite, variando de 51.8 g para muestras con 70 % de aceite a 4880 g para muestras tostadas con 50 % de aceite.

En el contexto anterior nuestros resultados coinciden con lo reportado, el valor de la firmeza osciló de 12412.75 g a 258.5 g. Siendo el tratamiento número uno el de mayor valor, que contenía 28 % piñón, 10 % de aceite de ajonjolí y 32 % de WPI (Cuadro 7). La formulación número ocho obtuvo la puntuación más baja, que consistió en 36.50 % de piñón, 19.65 % de aceite de ajonjolí y 13.80 % de WPI. Como lo indican las estadísticas de resumen del modelo (Cuadro 5), la falta de ajuste es significativa ($p \leq 0.05$).

Cuadro 7. Valores de firmeza y consistencia determinados para cada uno de los tratamientos obtenidos del diseño compuesto central para la elaboración de crema untable de piñón.

Tratamiento	Piñón (%)	Aceite (%)	WPI (%)	Firmeza (g)	Consistencia (g s ⁻¹)
1	28.00	10.00	32.00	12412.75	37395.00
2	45.00	10.00	15.00	2825.40	8950.00
3	28.00	18.00	24.00	1639.70	4509.50
4	45.00	18.00	7.00	675.95	2994.50
5	24.48	14.00	31.50	4524.60	6614.50
6	48.52	14.00	7.50	1900.25	3799.00
7	36.50	8.34	25.20	9927.65	15285.00
8	36.50	19.65	13.80	258.50	830.30
9	36.50	14.00	19.50	2774.80	8960.00
10	36.50	14.00	19.50	2087.90	8125.00
11	36.50	14.00	19.50	2906.60	8367.50
12	36.50	14.00	19.50	1974.35	8156.00
13	36.50	14.00	19.50	2004.30	8636.50

Consistencia

En el Cuadro 7 se aprecia que el valor de la consistencia osciló de 37395 g s⁻¹ a 830.30 g s⁻¹. Siendo el tratamiento número uno el de mayor valor, que contenía 28 % piñón, 10 % de aceite de ajonjolí y 32 % de WPI. La formulación número ocho obtuvo la puntuación más baja, que consistió en 36.50 % de piñón, 19.65 % de aceite de ajonjolí y 13.80 % de WPI. Como lo indican las estadísticas de resumen del modelo (Cuadro 5), la falta de ajuste es significativa ($p \leq 0.05$).

Adhesividad

Una adhesividad baja es un atributo textural deseable en los productos untables, ésta al igual que la dureza tiene una relación inversamente proporcional con el contenido de aceite (Radočaj et al., 2011; Wagener & Kerr, 2017).

La variable respuesta adhesividad se encuentra en un rango que va desde -1849 g s⁻¹ a -335.6 g s⁻¹. El tratamiento con mayor valor es el uno, que contenía 28 % piñón, 10 % de aceite de ajonjolí y 32 % de WPI. La formulación número ocho

obtuvo la puntuación más baja, que consistió en 36.50 % de piñón, 19.65 % de aceite de ajonjolí y 13 % de WPI.

De acuerdo al Cuadro 5, la adhesividad se ajusta en 70 % a un modelo lineal, en donde tienen efecto significativo positivo ($p < 0.005$) los niveles de las dos variables explicativas, la Figura 4 mostró que la adhesividad tenía valores más bajos en niveles más altos de piñón y de aceite estos resultados concuerdan con lo reportado por Radočaj et al. (2011) y Wagener y Kerr, 2017 la ecuación para predecir es la siguiente:

$$Adhesividad = -4802 + 105.8A + 160B - 0.546A \times A - 0.28B \times B - 2.84 A \times B$$

Ec. (2)

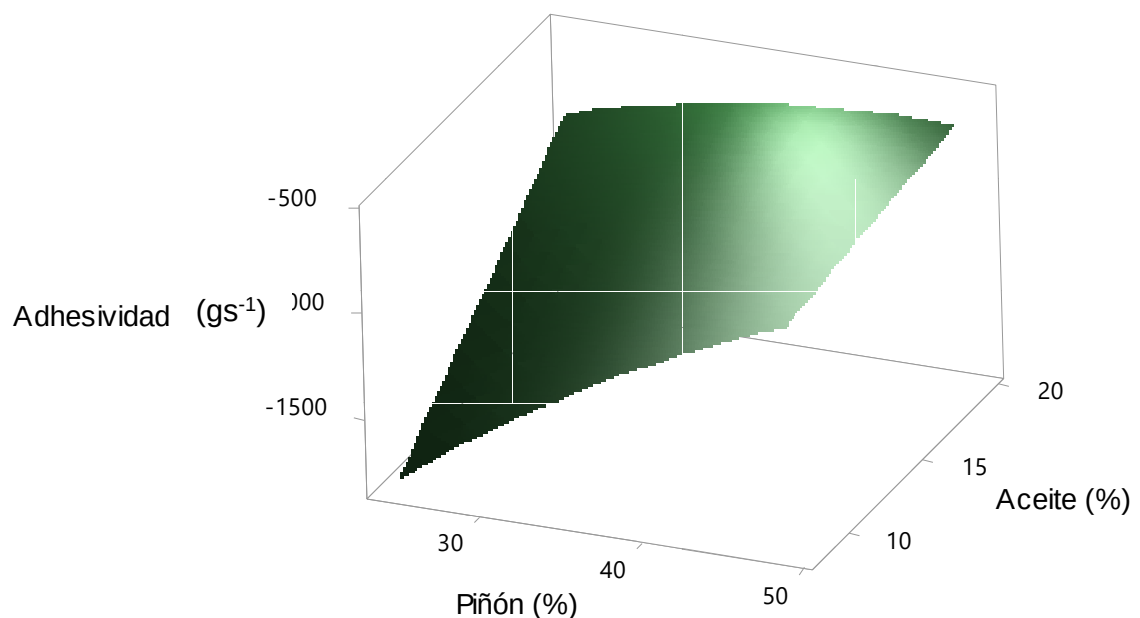


Figura 4. Efectos de los niveles de porcentaje de piñón y aceite sobre la adhesividad en crema untable de piñón.

La adhesividad en este tipo de productos se relaciona con la forma en que la grasa se distribuye alrededor de las partículas sólidas. En un estudio realizado en mantequilla de maní, realizado por Lima et al. (2000) se analizó la manera de disminuir la adhesividad, disminuyendo el tamaño de partícula y encontraron que

este debe ser de 0.5 mm, por lo tanto, para disminuir la adhesividad es necesario disminuir el tamaño de partícula en el proceso de molienda del producto.

Los resultados obtenidos de adhesividad están fuera de lo reportado en otras cremas (Radočaj et al., 2011y Wagener & Kerr, 2017), Ramírez (2002), menciona que al agregar proteína de lactosuero a la formulación, se aumenta la adhesividad. Sethi y Balasubramanyam (2018), reportaron que la adición de leche descremada en polvo tuvo un efecto positivo en el valor de la adhesividad de la crema de aguacate unttable, atribuible a una mayor capacidad de retención de agua de la leche descremada en polvo. Kumar (2015), encontró que la combinación de aceite vegetal y concentrado de proteína de lactosuero (WPC) tuvo un efecto positivo en el valor de la adhesividad en crema de chocolate.

3.4.4 Efecto de los niveles de piñón y aceite en los atributos de calidad

Índice de Peróxidos

El valor del índice de peróxidos osciló de 0.5 a 2 meq O₂ Kg⁻¹. Siendo el tratamiento número uno el de menor valor, que contenía 28.00 % piñón, 10.00 % de aceite de ajonjolí y 32 % de WPI. La formulación número seis obtuvo el mayor valor, que consistió en 48.52 % de piñón, 14 % de aceite de ajonjolí y 7.5 % de WPI. De acuerdo al Cuadro 5 la variable respuesta peróxido se ajusta 83 % a un modelo cuadrático, la interacción entre las variables explicativas no fue significativa ($p > 0.183$). El efecto de los niveles de las variables explicativas sobre las variables respuesta fue significativo ($p \leq 0.05$). En la Figura 5 se aprecia la superficie de respuesta y parece indicar un mínimo; pero en general, entre más aceite y piñón se tenga en la crema, mayor será el índice de peróxidos, la ecuación que predice el índice de peróxido es la siguiente:

$$\text{Índice de peróxido} = 8.01 - 0.3391 A - 0.283 B + 0.005 A \times B + 0.013 B \times B + 0.004 A \times B \quad \text{Ec. (3)}$$

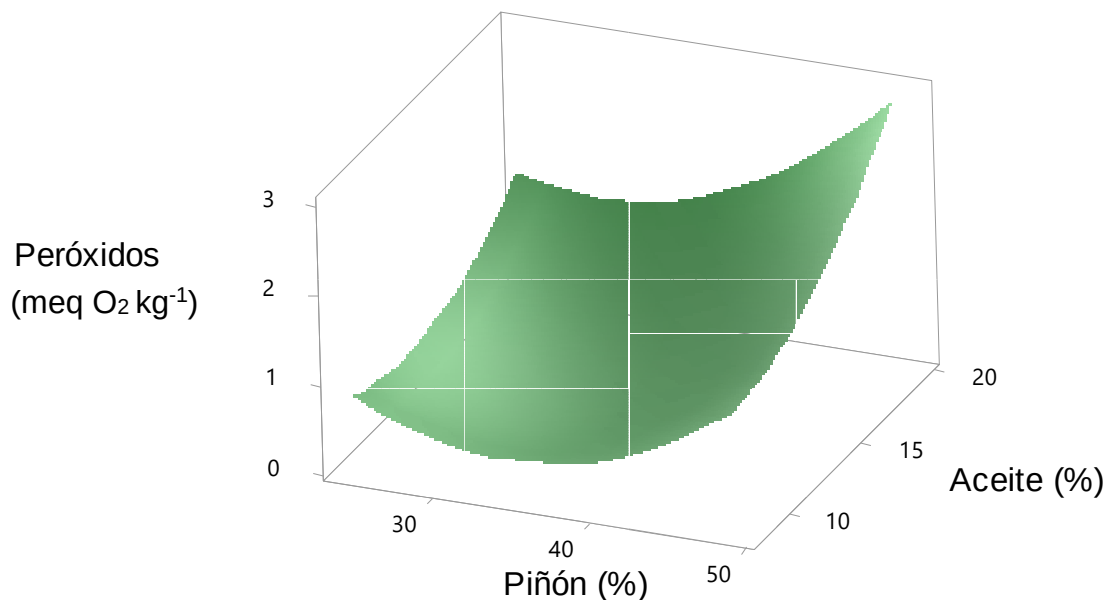


Figura 5. Superficie de respuesta para Índice de peróxidos relacionado con los niveles de porcentaje de piñón y aceite.

Sen (2015), menciona que cuanto mayor es el número de dobles enlaces contenidos en la grasa, mayor es el deterioro oxidativo, los resultados muestran una baja oxidación, pese al contenido de ácidos grasos insaturados presentes, suceso que puede atribuir al contenido de WPI presente; Zhu, Yi, Dong, Lu, y Ding (2015), encontraron que éste puede actuar como antioxidante. Asimismo el aceite de ajonjolí utilizado para elaborar la formulación es un aceite prensado en frío, dicho aceite tiene un contenido natural alto en tocoferoles, tocotrienoles y esteroides que actúan como antioxidantes naturales del aceite de ajonjolí.

Separación de aceite (% de desgrasado)

La separación del aceite se debe a las diferencias en la gravedad específica de las partículas sólidas y el aceite que comprende el producto (Gills & Resurrección, 2000). De acuerdo al Cuadro 8 el porcentaje de separación de aceite osciló de 0.80 % a 7.08 %. Siendo el tratamiento número uno el de menor valor, que contenía 28 % piñón, 10% de aceite de ajonjolí y 32 % de WPI. La formulación número ocho obtuvo la puntuación más alta, que consistió en 36.50 % de piñón, 19.65 % de aceite de ajonjolí y 13.80 % de WPI, el rango de valores obtenidos

fueron más bajos que lo reportado por Aydemir (2019), en cremas de avellanas, sin embargo, de acuerdo al Cuadro 5, el modelo no se ajusta a los datos.

Cuadro 8. Valores de porcentaje de desgrasado determinados para cada uno de los tratamientos obtenidos del diseño compuesto central para la elaboración de crema untable de piñón.

Tratamiento	Piñón (%)	Aceite (%)	WPI (%)	Desgrasado (%)
1	28.00	10.00	32.00	0.80
2	45.00	10.00	15.00	3.33
3	28.00	18.00	24.00	4.58
4	45.00	18.00	7.00	7.00
5	24.48	14.00	31.50	3.33
6	48.52	14.00	7.50	4.58
7	36.50	8.34	25.20	0.83
8	36.50	19.65	13.80	7.08
9	36.50	14.00	19.50	3.33
10	36.50	14.00	19.50	2.92
11	36.50	14.00	19.50	2.92
12	36.50	14.00	19.50	3.33
13	36.50	14.00	19.50	2.50

3.4.5 Efecto de los niveles de piñón y aceite en los atributos económicos

Determinación del precio aproximado a venta de la crema untable de piñón

Los costos de producción se encuentran en dentro de un rango que va de \$45.2 hasta \$ 73.5. Siendo el tratamiento número cinco el de menor precio, que contenía 24.48 % piñón, 14 % de aceite de ajonjolí y 31.5 % de WPI. La formulación número seis es la de mayor precio, y consistió en 48.52 % de piñón, 14 % de aceite de ajonjolí y 7.5 % de WPI.

Al igual que los peróxidos los costos se ajustan a un modelo cuadrático en un 100 %, la interacción entre las variables explicativas no fue significativa ($p > 0.05$); y como era de esperarse es significativo el efecto de los niveles de las variables explicativas sobre las variables respuesta, debido a que entre mayor sea el contenido de piñón y aceite en los tratamientos mayor será el costo. La ecuación que predice este comportamiento es la siguiente:

$$\text{Costos} = 18.901 + 1.1954 A - 0.182 B - 0.0003 A \times A - 0.0001 B \times B + 0.0000 A \times B \quad \text{Ec. (4)}$$

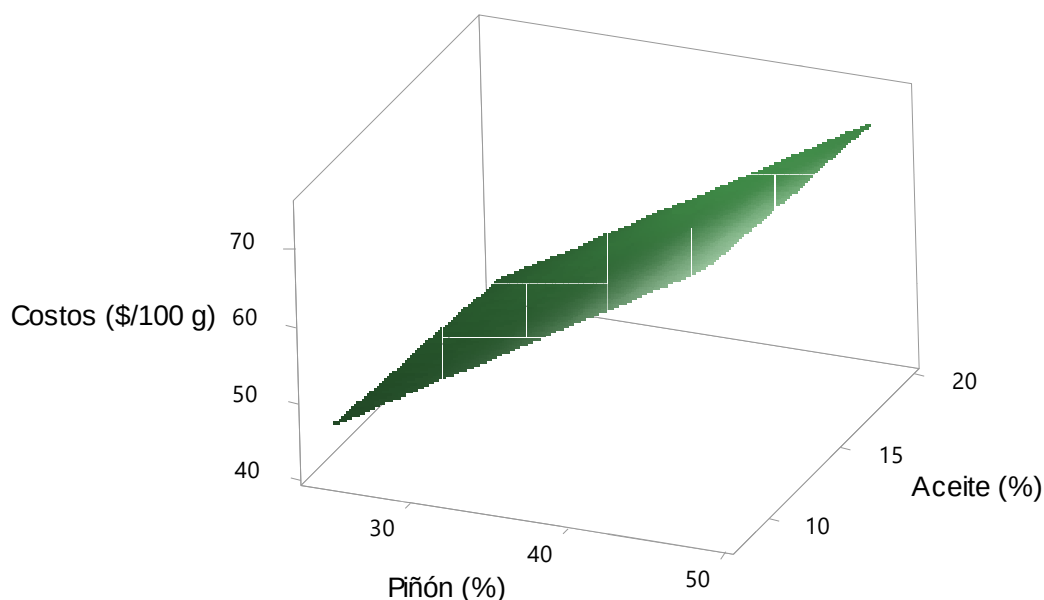


Figura 6. Superficie de respuesta para la variable costos de la formulación de crema unttable de piñón relacionada con los niveles de porcentaje de piñón y aceite.

En la gráfica de superficie de respuesta (Figura 6) se aprecia un modelo lineal y no cuadrático y esto es debido a que como se observa en la ecuación los coeficientes cuadráticos son prácticamente cero.

3.4.6 Optimización de las variables respuesta y predicción del tratamiento óptimo

En el Cuadro 9 se muestra la optimización de las variables respuestas, como se puede observar se maximizó la aceptabilidad y adhesividad y se minimizaron costos y peróxidos, encontrándose 4 diferentes tratamientos. Para seleccionar el óptimo se procedió a realizar predicciones:

1. Se utilizaron los niveles óptimos de la máxima aceptabilidad y se predijo el costo.
2. Se utilizaron los niveles óptimos de los mínimos costos y se predijo la aceptabilidad.

Cuadro 9. Optimización de las variables respuesta de crema untable de piñón.

Respuesta	Meta	Objetivo	Piñón (%)	Aceite (%)	Ajuste	Deseabilidad compuesta
Aceptabilidad	Máximo	7.67	48.52	19.65	7.56	0.97
Costos (\$ / 100 g)	Mínimo	45.21	24.47	19.65	43.95	1
Peróxidos (meq O ₂ kg ⁻¹)	Mínimo	0.5	33.46	10.40	0.35	1
Adhesividad (g s ⁻¹)	Mínimo	-335.6	45.84	19.65	-631.63	0.80

Las predicciones se realizaron con el objetivo de seleccionar un tratamiento óptimo que no tuviera los máximos costos pero si la mayor aceptabilidad, encontrándose así que la aceptabilidad máxima tiene los máximos costos y que los mínimos costos tienen una aceptabilidad de 6.28 perteneciente en la escala hedónica a “me gusta poco”, por lo tanto se procedió a fijar una aceptabilidad de 7 que pertenece a “me gusta moderadamente” tomando en cuenta que la aceptabilidad máxima corresponde a 7.67 ubicada entre “me gusta moderadamente y me gusta mucho”.

En el contexto anterior se puede observar que los costos son la principal variable respuesta para determinar el tratamiento óptimo y esto se debe no solo a que es el objetivo de una superficie de respuesta, sino también, de este estudio; aunque como es un nuevo producto, es igual de importante la variable aceptabilidad.

En el Cuadro 10, se muestra el tratamiento óptimo seleccionado y el contraste con los demás variables respuestas. Si bien, el tratamiento seleccionado no es el de menor costo, ya que se tomaron en cuenta las otras dos variables respuesta.

Cuadro 10. Predicciones de la aceptabilidad y costos para la selección del tratamiento óptimo.

No.	Piñón (%)	Aceite (%)	Costo (\$/100 g)	Aceptabilidad	Peróxidos (meq O ₂ kg ⁻¹)	Adhesividad (g s ⁻¹)
1	48.52	19.65	72.26 ^z	7.67	2.96	-935.74
2	24.47	19.65	45.21	6.28 ^y	1.48	-879.12
3	37.92	19.65	59.80	7*	1.67	-765.30
4	48.52	16.91	72.85	7*	2.27	-666.65
5	46.06	17.55	69.83	7*	2.04	-669.73

^z Valor obtenido utilizando los óptimos de la máxima aceptabilidad.

^y Valor obtenido utilizando los óptimos de los mínimos costos.

*Aceptabilidad objetivo (fijada por el investigador).

Valores altos de adhesividad indican que el producto es adherible al paladar, por lo tanto, optamos por un tratamiento en donde la adhesividad fuera baja, ya que, un caso contrario conlleva al consumidor a realizar un trabajo extra para retirarlo del paladar. Se han encontrado adhesividades aceptables en cremas de maní con valores que van de -400 g s⁻¹ hasta -737 g s⁻¹ en cremas de maní (Ma, Kerr, Cavender, Swanson, Hargrove, & Pegg, 2013)

En cuanto a los peróxidos, el rango se encuentra de 1.4 a 2.9 meq O₂ Kg⁻¹ se seleccionó el tratamiento con valor medio, aunque cualquier valor dentro de ese rango es apropiado mientras no se supere el límite máximo permitido de 10 meq O₂ Kg⁻¹ (CODEX STAN 19-1981). Es muy importante que la oxidación en la crema sea mínima, así se evitara que sea susceptible a la aparición de olores y sabores indeseables ocasionados por la formación de aldehídos, alcoholes y cetonas causadas por los hidroperóxidos y peróxidos.

Por lo tanto, el tratamiento óptimo es el número cinco y es considerado como un producto untable por contener más de un 40 % de semilla en su formulación (USDA, 2006).

3.5 Conclusiones

La aceptabilidad, los costos, los peróxidos y la adhesividad, son las variables que permiten predecir el tratamiento óptimo, las cuatro tienen el mismo nivel de importancia, siendo los peróxidos y la adhesividad las variables que nos permiten asegurar la calidad del producto formulado.

Los niveles encontrados de las variables explicativas de 46 % piñón y 17 % aceite del tratamiento óptimo permiten la extensión de la semilla en un 64 %, la crema obtenida tiene una aceptabilidad de 7 y un costo de producción de \$70.00, con una adhesividad de -669.73 g s^{-1} y $2.04 \text{ meq O}_2 \text{ Kg}^{-1}$ como índice de peróxido.

3.6 Literatura citada

- Agrahar-Murugkar, D., Kotwaliwale, N., Kumar, M., & Gupta, C. (2013). Effect of roasting parameters on soy- butter product quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 1359-1365.
- Amitraj, K., Khamrui, K., Devaraja, H. C., & Mandal, S. (2016). Optimisation of ingredients for a low-fat, chhana-based dairy spread using response surface methodology. *International Journal of Dairy Technology*, 69, 393-400.
- Ardakani, A.S., Shahedi, M., & Kabir, G. (2006). Optimizing of the process of pistachio butter production. Proceedings of the IVth Intl Symposium on Pistachios and Almonds. Tehran, Iran: ISHS. 565–578.
- Aryana, K., Resurreccion, A. V. A., Chinnan, M. S., & Beuchat, L. R. (2003). Functionality of Palm Oil as a Stabilizer in Peanut Butter. *Journal of Food Science*, 68(4), 1301–1307.
- Aydemir, O. (2019). Utilization of different oils and fats in cocoa hazelnut cream production. *Journal of Food Processing and Preservation*. 43 (5), 1-10.
- Bas, D. & Boyaci, I.H. (2007). Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 78 (3), 836-845.
- Bojorges-Gutiérrez, H., Ramírez-Santiago, C. & Sandoval-Castilla, O. (2016). Efecto de la incorporación de proteína de lactosuero sobre las propiedades texturales de una crema de macadamia (*Macadamia tetraphylla*) reducida en grasa. Proceedings of the International Agroindustrial Engineering Conference 1: 18.
- Cochram W. G & Cox G. M. (1995). *Diseños experimentales*. Editorial Trillas, 1ª edición. México.

- CODEX STAN 19. (1981). Codex Alimentarius, C. (1981). Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. Codex Stan, 19-1981.enmienda 2015.
- Di Monaco, R., Giaccone, T., Cavella, S., & Masi, P. (2008). Predicting texture attributes from microstructural, rheological and thermal properties of hazelnut spreads. *Journal of Texture Studies*, 39, 460-479.
- Giri, A, Kanawjia, S. K., & Khetra, G. (2014). Textural and melting properties of processed cheese spread as affected by incorporation of different inulin levels. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 1533-1540.
- Gills, L. A., & Resurreccion, A. V. A. (2000). Sensory and physical properties of peanut butter treated with palm oil and hydrogenated vegetable oil to prevent oil separation. *Journal of Food Science*, 65(1), 173-180
- Glicerina, V., Balestra, F., Pinnavaia, G. G., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2013). Rheological characteristics of nut creams realized with different types and amounts of fats. *Journal of Food Quality*, 36(5), 342-350.
- Hernández, M. A. (2007). *Evaluación sensorial de productos agroalimentarios*. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 18-67.
- Hernández, M., Islas, J. & Guerra, V. (2011). Márgenes de comercialización del piñón (*Pinus cembroides subesp. orizabensis*) en Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2), 265-279.
- Kashaninejad, M., Razavi, S., Mazaheri-Tehrani, M., & Kashaninejad, M. (2017). Effect of extrusion conditions and storage temperature on texture, colour and acidity of butter. *International Journal of Dairy Technology*, 70(1), 102-109.
- Kumar, P. (2015). Process Optimization for the Preparation of Chocolate Spread Incorporating Whey Protein Concentrate, Cocoa Powder, Olive Oil and Butterfat Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (6), 745-747.
- Lima, I.M., Guraya, H.S. & Champagne, E.T. (2000). Improved peanut flour for a reduced-fat peanut butter product. *Journal Food Science*. 65(5), 854-861.
- Ma, W.L., Kerr, G. A., Cavender, R. B., Swanson, J.L., Hargrove, R. B., & Pegg, (2013). Effect of peanut skin incorporation on the color, texture and total phenolics content of peanut butters. *Journal of Food Process Engineering*, 36, 316-328.
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. Segunda edición. Nueva York. Editorial Limusa Wiley. 681.
- NMX-F-154-SCFI. (2010). Alimentos – aceites y grasas vegetales o Animales-determinación del valor de peróxido – método de prueba. México: Diario Oficial de la Federación.

- Radočaj, O, Dimić, E, Diosady, L., & Vujasinović, V. (2011). Optimizing the texture attributes of a fat-based spread using instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 42, 394-403.
- Radočaj, O, Dimić, E, Diosady, LL, & Vujasinović, V. (2012). Development of a Hull-Less Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Seed Oil Press-Cake Spread, *Journal of Food Science*, 77, 9.
- Ramírez, O. (2002). *Modelamiento matemático del comportamiento viscoelástico dinámico y textural de masas para elaborar pizzas*. México. Tesis. Maestría en Ciencias con especialidad en Alimentos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.
- Sánchez, V., Nieto, M., & Mendizábal, L. (2005). Producción de semillas de *Pinus cembroides* subsp. *Orizabensis* D.K. Bailey de Alzayanca, Tlaxcala, México. *Foresta Veracruzana*, 7(1), 15-20.
- Sen, D. J. (2015). Cooking oil rancidification during deep frying cause's health hazards: a review. *Journal of Drug Discovery and Therapeutics*, 3, 1-6.
- Sethi, N., & Balasubramanyam, B. V. (2018). Optimization of butter fruit incorporated fat spread using instrumental textural analysis: a response surface methodology. *Journal of Food Measure and Characterization*, 12, 859-856.
- Shabani, J., Sarfarazi, M., Mirzaei, H., & Jafari, S. M. (2016). Influence of the sunflower oil content, cooking temperature and cooking time on the physical and sensory properties of spreadable cheese analogues based on UF white-brined cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 69(4), 576-584.
- Shashank G., Sloffer M, Ankur O., Patra F., Shukla, D., Engeseth, N., ...& Andrade, E. (2017) Omega-3-Fortified Lipid-Based Nutrient Supplement: Development, Characterization, and Consumer Acceptability. *Food and Nutrition Bulletin*, 38,158-171
- Shieh, C. Y., Akoh, C. C. & Koehler, P.E. 1996. Optimizing low fat peanut spread containing sucrose polyester. *Journal Food Science*, 61(6), 1227-1229.
- USDA. 2006. Commercial item description. Peanut butter. Washington D.C.: United States Dept. of Agriculture. (pp. 1-14).
- Wagener, E. A., & Kerr, W. L. (2017). Effects of oil content on the sensory, textural, and physical properties of pecan butter (*Carya illinoensis*). *Journal of Texture Studies*, 49, 286-292.
- Zhu, Z., Yi, J., Dong, W., Lu, J., & Ding, Y. 2015. Ionic strength, antioxidants and chelators affect whey protein isolates' antioxidation in water-in-walnut oil emulsions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(5), 620–629.

4. CARACTERIZACIÓN PROXIMAL, ANÁLISIS DE TEXTURA Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE CREMA UNTABLE DE PIÑÓN ROSA MEXICANO

4.1 Resumen

Los piñones son reconocidos por su alto valor nutricional y beneficios saludables. El objetivo del estudio fue analizar la composición de una crema untable formulada principalmente con piñones, aceite vegetal y aislado de proteína de lactosuero (WPI). Se determinaron análisis de proximidad y textura, así como la composición de ácidos grasos. Para la determinación de ácidos grasos se utilizó cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM). El componente principal fue la grasa ($45.035 \pm 0.21\%$); con el análisis de textura se midió la firmeza (1269.03 ± 0.5 g), consistencia (3390.1 ± 0.4 g s⁻¹) y adhesividad (700.23 ± 0.6 g s⁻¹). El oleico fue el ácido graso más abundante, seguido del ácido linoleico.

Palabras clave: ácido oleico, ácido linoleico

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Silvia López Lino.

Director de Tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

PROXIMAL CHARACTERIZATION, TEXTURE ANALYSIS AND PROFILE OF FATTY ACIDS MEXICAN PINK PINE NUT SPREADABLE CREAM

Abstract

Pine nuts are recognized for their high nutritional value and healthy benefits. The objective of the study was to analyze the composition of a spreadable cream formulated mainly with pine nuts, vegetable oil and whey protein isolate (WPI). Proximity and texture, analyzes were determined as well as the composition of fatty acids. For the determination of fatty acids, gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) was used. The main component was fat ($45,035 \pm 0.21\%$); with the texture analysis the firmness ($1269.03 \pm 0.5 \text{ g}$), consistency ($3390.1 \pm 0.4 \text{ g s}^{-1}$) and adhesiveness ($700.23 \pm 0.6 \text{ g s}^{-1}$) were measured. Oleic acid was the most abundant fatty acid, followed by linoleic acid.

Keywords: oleic acid, linoleic acid.

Thesis: Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Silvia López Lino
Advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

4.2 Introducción

Las nueces son extremadamente ricas en nutrientes, específicamente ácidos grasos insaturados y otros fitoquímicos como proteínas y antioxidantes (Ros, 2010; Settaluri, Kandala, Puppala, & Sundaram, 2012; Shakerardekani, Karim, Ghazali, & Chin, 2013). Su consumo está relacionado con una baja incidencia de enfermedades cardíacas, diabetes, cálculos biliares y colesterol (Eagappan & Sasikumar, 2014; Pannico, 2014; Rengel et al., 2015). Sociedades científicas de salud y agencias de legislación como la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), 2003 y la Canadian Cardiovascular Society (Anderson et al., 2013) recomiendan el consumo regular de frutos secos a la población en general, en el contexto de una dieta saludable, para prevenir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

En la última década, la demanda de piñones ha aumentado debido a la creciente evidencia de la asociación entre el consumo de frutos secos y una amplia gama de beneficios para la salud (Estruch et al., 2013; Jenkins et al., 2011 y Rees et al., 2014). Además, en análisis multivariados, Bao et al. (2013) observaron una asociación inversa entre el consumo de nueces y el riesgo de causas importantes de muerte (cáncer, enfermedades cardíacas y respiratorias). Los constituyentes de los piñones incluyen ácidos grasos insaturados, fitoesteroles, diversos tocoferoles (α , γ , y δ -tocóferoles) y escualeno (Maguire, O'Sullivan, Galvin, O'Connor, y O'Brien, 2004; Wolff & Bayard, 1995).

Las nueces se venden como nueces con y sin cáscara. Las nueces con cáscara se destinan principalmente al consumo en fresco y las nueces sin cáscara se usan comúnmente para hacer productos para untar, en panadería y en productos de confitería (Moscetti et al., 2013; Pannico, 2014).

La popularidad de los productos para untar a base de plantas (mantequillas de nueces y semillas) ha aumentado considerablemente. La mantequilla de maní fue la única alternativa a la mantequilla de productos lácteos, pero a lo largo de los años el desarrollo de las tecnologías y también la conciencia del consumidor

sobre las mantequillas a base de plantas, ha liderado el desarrollo de innumerables variedades de mantequillas con diferentes nueces y semillas, que son muy buenas fuente de proteínas, fibra, ácidos grasos esenciales y otros nutrientes (Gorrepati, Balasubramanian, & Chandra, 2015).

Teniendo en cuenta los beneficios del consumo de piñones y su uso potencial como producto untable, el objetivo de este estudio fue analizar y caracterizar la composición proximal, textural y perfil de ácidos de una crema a base de piñón rosa mexicano.

4.3 Materiales y métodos

4.3.1 Muestra

La crema untable de piñón está elaborada con 46 % de piñón, 30 % azúcar glass, 7 % aislado de proteína de lactosuero (WPI), 17 % de aceite de ajonjolí extravirgen prensado en frío.

4.3.2 Análisis proximal y aporte calórico

Se determinó a las semillas y crema untable de piñón el contenido de proteína, extracto etéreo, cenizas, humedad, fibra cruda y por diferencia el extracto libre de nitrógeno (AOAC, 2005). El aporte energético del producto untable a base de piñón se calculó mediante la fórmula de James (1995) de la siguiente manera:

$$Energía(KJ) = (\% Grasa \times 9 + \% Proteína \times 4 + \% Carbohidratos \times 4) \times 4.18$$

4.3.3 Análisis de textura

El análisis instrumental de textura se llevo a cabo de acuerdo con la metodología descrita por Glicerina, Balestra, Pinnavaia, Dalla, y Romani, (2013) con modificaciones. A 30 g de crema untable de piñón colocada en un contenedor cilíndrico de 5 cm de altura y 4 cm de diámetro interno, se aplicó fuerza en compresión con una celda de extrusión inversa de 35 mm de diámetro a una velocidad de ensayo de 1.0 mm/ s, hasta lograr 20 mm de penetración en la

muestra, utilizando un analizador de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems, England), equipado con una celda de carga de 25 kg. Los parámetros texturales obtenidos fueron la consistencia a partir de los valores de fuerza máxima positiva y adhesividad al cuantificar el área bajo la curva de las gráficas de fuerza vs tiempo obtenidas.

4.3.4 Perfil de ácidos grasos

Extracción de aceite

Se tomaron 20 g de muestra y se mezclaron con 30 mL de cloroformo y 30 mL de metanol, la mezcla se agito durante cinco minutos y se dejó reposar 24 h para permitir la separación de fases. La mezcla se filtró y se recuperó la fase inferior no polar.

Transesterificación

El aceite de la crema fue sometido a una reacción de transesterificación alcalina de acuerdo con Marroquín-Andrade et al. (2011). El aceite de piñón (2 g) se mezcló con una disolución (2 mL) de KOH (7 mg/mL). La mezcla fue colocada a reflujo y agitación constante durante 3 h. Transcurrido dicho tiempo, la mezcla de reacción se transfirió a un embudo de separación y se dejó durante 24 h hasta observar la separación de fases, la fase superior consistente en los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) y la inferior de glicerina, después de descartar la glicerina, los ésteres metílicos fueron tratados subsecuentemente con ácido cítrico al 0.1% y agua caliente. Finalmente, los FAME fueron secados con sulfato de sodio anhidro. Los FAME se analizaron por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM).

4.3.5 Análisis estadístico

Se realizaron tres repeticiones de un solo tratamiento, para el análisis proximal y de textura se determinaron promedios y sus respectivas desviaciones estándar. El tratamiento que se analizó se eligió mediante superficie de respuesta en un trabajo previo, en donde se optimizaron los niveles de los efectos de los

ingredientes % de piñón y % de aceite sobre las variables respuesta aceptabilidad, adhesividad, costos y peróxidos

4.4 Resultados y discusión

4.4.1 Valor nutricional

La cantidad de piñón presente en formulación original de la crema untable de piñón equivale a un 46 %, se esperaba que toda la composición de la crema con respecto al piñón tuviera esa relación, en la única que podría observarse tal comportamiento es en la humedad (Cuadro 11), debido a que su valor es prácticamente la mitad con respecto a la del piñón, sin embargo se esperaba que fuera menos, por la adición de azúcar y proteína (30 y 7 % respectivamente). El azúcar añadido aumento drásticamente la cantidad de extracto libre de nitrógeno y el 17 % de aceite de ajonjolí añadido a la formulación de crema untable de piñón logro mantener el extracto etéreo en un nivel aceptable.

Cuadro 11. Análisis proximal de piñón y crema entable de piñón.

Componente (g / 100 g de producto)	Semilla de piñón mexicano		Crema untable de piñón	
	BH	BS	BH	BS
Humedad	5.86 ± 0.54	0.00	2.17 ± 0.05	0
Materia Seca	94.13 ± 0.54	100.00	97.82 ± 0.04	100
Cenizas	2.71 ± 0.11	2.88 ± 0.14	1.38 ± 0.04	1.41 ± 0.04
Materia Orgánica	91.42 ± 0.66	97.12 ± 0.14	96.44 ± 0.08	98.58 ± 0.04
Proteína Cruda	17 ± 0.10	18.05 ± 0.20	13.93 ± 0.37	14.24 ± 0.37
Extracto Etéreo	56.34 ± 0.45	59.85 ± 0.82	44.05 ± 0.21	45.03 ± 0.21
Fibra Cruda	1.28 ± 0.01	1.36	0.79 ± 0.92	0.81 ± 0.09
Extracto libre de Nitrógeno *	16.81 ± 1.19	17.85 ± 1.16	37.65 ± 0.42	38.49 ± 0.45

*El Extracto libre de nitrógeno se obtiene por diferencia entre los componentes cuantificados, por lo que se conoce son carbohidratos

La composición proximal de la semilla de piñón mexicana presenta mayor proporción de grasas con respecto a la especie *P. pinea* de Chile (Lutz, Álvarez, y Loewe, 2016) reportan 31.6 %, Evaristo, Batista, Correia, Correia, y Costa (2010) reportan un 47.7 % en 27 especies cultivadas en diferentes zonas en Portugal. Por lo tanto, esta especie tiene un rango de grasa que va de 44 – 50 % en piñones turcos (Bagçi & Karaagaçlı, 2004), italianos (Ruggeri et al., 1998),

tunecinos (Nasri, Khaldi, Hammami & Triki, 2005) y españoles (Cañellas, Cañadas, Bachiller, & Montero, 2000). Por lo anterior Evaristo et al. (2010) destaca que el contenido de grasa tiene que ver con los factores ambientales y condiciones de crecimiento. En general las semillas de *Pinus cembroides* son ricas en aceite. La cantidad de proteínas del 18.05 ± 0.20 g por cada 100 g de crema untada de piñón se encuentra por abajo del rango de la especie de *P. pinea* (25 a 36 %) para muestras portuguesas (Evaristo et al., 2010), y chilenas (Lutz et al., 2016).

La humedad de la semilla de piñón, tiene un valor de 5.86 ± 0.54 g por cada 100 g de crema que se encuentra por abajo del rango reportado por Wang et al. (2010) para otras semillas oleaginosas como la colza, el girasol y la soja (8 – 12 %). Estudios previos recomiendan que la humedad en los granos crudos se minimice a alrededor de 1.5 % para la macadamia, 8 % para las nueces y anacardos y 6 - 10 % para los cacahuetes (Baker, 2002; Mursalim & Dewi, 2002; Phatanayindee, Borompichaichartkul, Srzednicki, Craske, & Wootton, 2012). Las nueces dentro de este rango comercial de contenido de humedad tienen una mayor recuperación del grano durante el craqueo y una mayor estabilidad contra la oxidación durante el almacenamiento (Walton, 2005).

El contenido de humedad de la semilla de piñón está correlacionado con la actividad del agua de los frutos secos, el valor óptimo de ésta última para el almacenamiento de almendras, nueces de Brasil, anacardos, avellanas, macadamia, pecanas, piñones, pistachos y nueces es $A_w < 0.53$ y una temperatura de 25 °C (Venkatachalam & Sathe, 2006).

En el Cuadro 12 se hace una comparación con otros productos untados si bien el piñón tiene el más alto porcentaje de extracto libre de nitrógeno, también presenta la más baja humedad con respecto a las demás, lo que asegura su calidad microbiológica.

Cuadro 12. Comparación de la calidad nutricional de la crema untable de piñón en base seca con otras cremas.

Componente (g / 100 g producto bs)	Piñón	Maní ^z	Soja ^z	Pacana ^y
Humedad	0	2.4	5.4	5
Cenizas	1.41 ± 0.04	2.3	3.1	2.91
Proteína Cruda	14.24 ± 0.37	23	30	25.20
Extracto Etéreo	45.03 ± 0.21	58.7	34.8	44.15
Fibra Cruda	0.81 ± 0.09	5.5	3.7	11.10
Extracto libre de Nitrógeno	38.49 ± 0.45	10.5	28.5	11.64
Energía (KJ en 100 g)	2587.12	2768	2287	2276.8
Energía (Kcal/ 100 g)	618.33	661.5	546.6	544.1

^z Abd-Elsattar y Abdel-Haleem (2016).

^y Wagener y Kerr (2018).

La formulación de la crema untable de piñón pese a que contiene el mayor porcentaje de extracto libre de nitrógeno en comparación con las demás, el contenido de extracto libre de nitrógeno es el mismo que en la referencia estándar de crema de anacardo (Base de Datos Nacional de Nutrientes del USDA, 2018).

Con respecto a la cantidad de extracto etéreo el porcentaje en la crema untable de piñón que se ha estudiado es menor que la de maní, además por la adición de aceite de ajonjolí se espera la presencia de ácidos grasos en su totalidad insaturados y en el maní en su mayoría son saturados.

Por último, el contenido calórico de la crema untable de piñón es mayor que el de soja y el de la nuez pacana, pero menor a la de maní, el contenido calórico tiene que ver en su mayoría con la cantidad de grasa y como en el maní es mayor por ende éste también es mayor (James, 1995).

4.4.2 Análisis de textura

Firmeza

En el Cuadro 13 se muestran los resultados obtenidos de firmeza, consistencia y adhesividad. Radočaj, Dimić, Diosady y Vujasinović (2011), mencionan que la firmeza es la capacidad de untabilidad, definida como la capacidad de

deslizamiento sobre un pedazo de pan o una galleta, también resaltan que es el valor textural más importante de cualquier producto untable, y se expresa como su dureza. Valores altos de ésta indican una baja capacidad de untabilidad y viceversa.

Cuadro 13. Medidas de textura de crema untable de piñón rosa mexicano.

Firmeza (g)	Consistencia (g s^{-1})	Adhesividad (g s^{-1})
1269.03 $\pm$ 0.5	3390.10 $\pm$ 0.4	700.23 $\pm$ 0.6

El contenido de humedad encontrado anteriormente no se ve reflejado en la firmeza, ya que, a bajos contenidos de humedad la dureza es mayor, por lo que se esperaba valores altos en el parámetro de dureza de la crema untable de piñón. Fenelon y Guinne (1997) señalan que la humedad presente en la crema es retenida por la capacidad emulsionante del estabilizador (WPI) afirmando que la dureza aumenta al agregar proporciones superiores al 10 % en la crema, que llegan incluso a superar los 3000 g; la proporción añadida en este estudio fue del 7 % sin sustituir la fracción grasa dentro de la crema, es decir que la cantidad de aceite añadida duplica a la cantidad de proteína.

En el estudio preliminar realizado para la estructuración de la crema untable de piñón se encontró que la cantidad de aceite retenida por la proteína de lactosuero fue de 1:1.25 y la cantidad añadida final tiene una relación de 1:2.4, por lo tanto toda la matriz proteica que se formó se refleja en la dureza obtenida, Ardo (1997), reporto que cuando la relación es 1:1 o incluso 2: 1 la fracción que ocupa la proteína de lactosuero es igual o superior a la del aceite y por consiguiente los glóbulos grasos son atrapados en la matriz proteica, dando como resultado un producto de mayor dureza. Y esto es debido a que las proteínas son moléculas anfifílicas, con dos afinidades hidrófoba e hidrófila (Badui, 2006), dicho de otra manera tiene una parte polar (cabeza) y otra apolar (cola), ésta última parte se orienta hacia la fase oleosa por interacciones Van der Waals (hacia el aceite del

piñón y de ajonjolí), mientras que la parte polar forma interacciones por puentes de hidrógeno con el agua contenida en el piñón; las moléculas de agua además de formar interacciones con la proteína, lo hace también con el azúcar (Sacarosa: $C_{12}H_{22}O_{11}$), mediante interacciones por puentes de hidrógeno; los hidrógenos del agua, parcialmente positivos son atraídos hacia los oxígenos de la glucosa, parcialmente negativos. De la misma manera, los hidrógenos parcialmente positivos de la glucosa son atraídos hacia los oxígenos parcialmente negativos del agua (Badui, 2006).

Como se mencionó anteriormente la cantidad de aceite es superior al del WPI y por lo tanto hay cierta cantidad que no está formando la matriz proteica, el aceite adicionado es rico en ácidos grasos insaturados, al respecto Narine y Marangoni (1999) señalan que la cristalización de éste tipo de grasa forma un tamaño de cristal más grande que se caracteriza por una firmeza inferior.

Otros autores atribuyen la firmeza con el tamaño de partícula, Lima et al. (2002) encontraron que en productos untables un tamaño de partícula pequeño tiene una dureza baja y específicamente se encontró en una crema de maní reducida en grasa que el tamaño de partícula de 0.3-0.33 mm presentan la mínima dureza.

Consistencia

La consistencia es el reflejo de la untabilidad o esparcimiento que puede tener la crema, tecnológicamente hablando es la cantidad de trabajo necesario para comprimir y extruir las mantequillas de nueces entre dos superficies.

Wagener y Kerr (2017), encontraron que la disminución en la capacidad de esparcimiento tiene una relación inversamente proporcional con el aumento de aceite, la medición que ellos obtuvieron oscila de 19.1 g s^{-1} a 70 % de aceite y 7748 g s^{-1} a 50 % de aceite. En nuestro estudio obtuvimos un valor medio dentro de estos rangos, aunque la cantidad de aceite presente en la crema es menor al 50 %.

Adhesividad

La adherencia o adhesividad se describe como la fuerza requerida para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie en la que la muestra de alimento entra en contacto, el área de superficie de la superficie del alimento generalmente aumenta a medida que las partículas pequeñas están presentes, por lo que la fase grasa se dispersa mejor alrededor de la matriz sólida, y esto hace que sea más pegajoso a medida que haya menos aceite disponible (Mousazadeh et al., 2012).

La adhesividad encontrada es superior a la de otras cremas en donde el contenido de aceite agregado estaba en un rango del 70 al 55 %, mostrando adhesividades que van desde los 9.8 a 383 g s⁻¹ respectivamente (Wagener y Kerr, 2017), la crema obtenida se le agrego 17 % de aceite y en el análisis proximal el extracto etéreo equivale al 45 %, si se quisiera disminuir la adhesividad presente se podría aumentar el contenido de aceite.

4.4.3 Perfil de ácidos grasos

El cromatograma de la crema se muestra en la Figura 7, el perfil de ácidos grasos derivado del Cuadro 14 indica que el principal ácido graso constituyente es monoinsaturado (MUFA) siendo este el ácido oleico (49.88 g en 100 g de crema), seguido de un poliinsaturado (PUFA) correspondiente al ácido linoleico (39.33 g en 100 g de crema). En menor proporción se encuentran presentes ácidos grasos saturados como el ácido palmítico (6.89 g en 100 g de crema), y el ácido esteárico (2.97 g en 100 g de crema). Adicionalmente se observaron otros componentes minoritarios en proporción menor al 1 g en 100 g de crema.

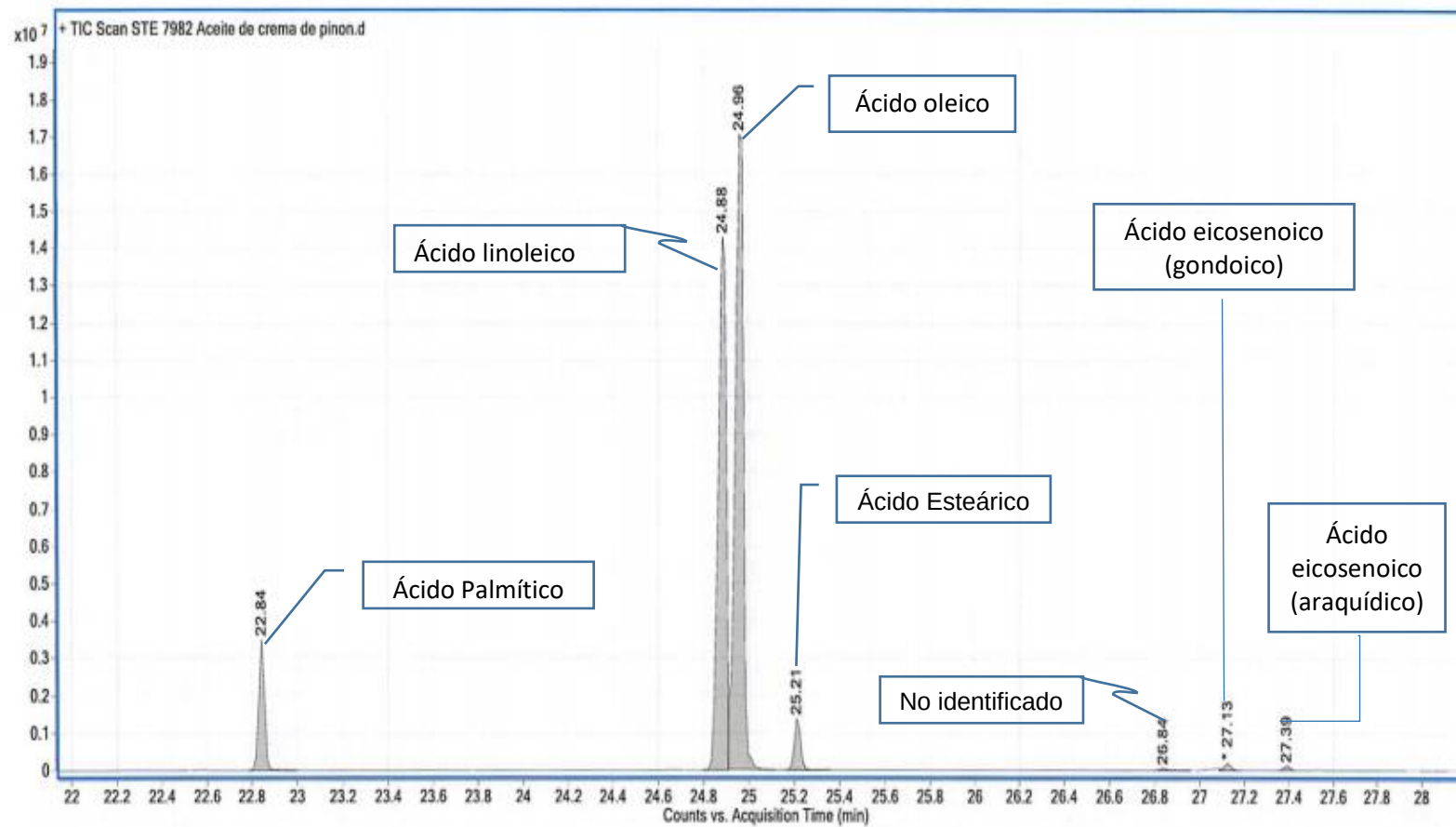


Figura 7. Cromatograma de esteres metílicos derivados del aceite de la crema por CG-EM.

Basándonos en la formulación de la crema los ácidos grasos presentes deberían ser en su mayoría PUFA ya que, se encuentra adicionada con aceite de ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) que de acuerdo a Ghandi, (2009); Tiwari, Tiwari y Toliwal (2014) y Tenyang et al. (2017), contiene un 42.36 % de linoleico y 37.83 de oleico, el resto de sus ácidos grasos son linolénico 2.08 %, palmítico 12.83 %, y esteárico 4.9 %.

Sin embargo, vale la pena resaltar que la parte constituyente del piñón en la crema equivale a un 46 %. La composición de ácidos grasos en la semilla varía de acuerdo a cada especie y región; en su mayoría son típicamente 50 % PUFA, 40 % MUFA y 10 % ácidos grasos saturados (SFA) (Ryan, Galvin, O'Connor, Maguire & O'Brien, 2006); siendo el ácido linoleico el PUFA principal y ácido graso más común y el ácido oleico el MUFA dominante y segundo ácido más abundante (Kadri, Khettal, Aid, Kherfellah, Sobhi & Barragan-Montero, 2016), además existen especies que reportan la proporción de ácido linoleico a ácido oleico de más de 2:1 (Nergiz & Domnez, 2004; Nasri et al., 2005). Aunque no siempre se mantiene esa composición, Kadri et al. (2016) para *P. pinea* L., tunecinos o turcos determinaron que el ácido oleico está presente en el 34.63 % seguido de cerca por el ácido linoleico con el 30.67 % del total de ácidos grasos y ácido linolénico con (22.21 %) y con niveles muy bajos de ácido graso saturado principalmente el ácido palmítico (6.84 %) seguido de ácido esteárico y ácido araquídico (3.56 % y 1.39 %, respectivamente). Por lo tanto, se puede inferir que la composición del piñón utilizado en la formulación era muy parecida a la de *P. pinea* L. La ventaja en este perfil es que los ácidos grasos monoinsaturados son más resistentes a la oxidación de lípidos que los ácidos grasos poliinsaturados (Ros & Mataix, 2006).

Cuadro 14. Compuestos identificados por CG-EM.

Nomenclatura	Ácidos grasos predominantes	g / 100 g de crema untable de piñón
C16:0	Ácido palmítico	6.89
C18:2	Ácido linoleico	39.33
C18:1	Ácido oleico	49.88
C18:0	Ácido esteárico	2.97
C20:1	Ácido eicosenoico (gondoico)	<1
C20:0	Ácido eicosanoico (araquídico)	<1

4.5 Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que la crema formulada con piñón, aceite vegetal de ajonjolí, WPI y azúcar glas exhibe buenas propiedades nutricionales y saludables. El piñón utilizado constituye una fuente adecuada de nutrientes y bioactivos que justifican claramente su inclusión como parte de una dieta saludable, en la que contribuyen a mejorar los efectos beneficiosos para la salud.

4.6 Literatura citada

- Abd-Elsattar H. H. & Abdel-Haleem A. (2016). Production of soybean butter using different technological treatments. *LWT - Food Science and Technology*. 69, 40-46.
- Anderson, T. J., Grégoire, J., Hegele, R.A., Couture, P., Mancini, G.B., McPherson, R., ... & Ur, E. (2013). Update of the Canadian Cardiovascular Society guidelines for the diagnosis and treatment of dyslipidemia for the prevention of cardiovascular disease in the adult. *Canadian Journal of Cardiology*, 29, 151-167.
- Ardo, Y. (1997). Flavour and texture in low-fat cheese. *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, 207-218.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Vol. 4. Pearson Educación. México. 119-210.
- Bagçi, E. & Karaagaçlı Y. (2004). Fatty acid and tocopherol patterns of Turkish pines. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 46, 95-100.
- Baker, G. L. (2002). Flavor formation and sensory perception of selected peanut genotypes (*Arachis hypogaea* L.) as affected by storage water activity,

roasting, and planting date. Disertación de tesis Doctoral, University of Florida

- Bao, Y., Han, J., Hu, F.B., Giovannucci, E.L., Stampfer, M.J., Willett, W.C., & Fuchs, C.S. (2013). Association of nut consumption with total and cause-specific mortality. *New England Journal of Medicine*, 369, 2001-2011.
- Cañellas, I., Cañadas, N., Bachiller, A., & Montero, G. (2000). Caracterización química de los piñones de *Pinus pinea* L. para el sur y centro de España. *Actas 1^{er} Simposio del Pino Piñonero*, Valladolid, 221-226.
- Eagappan, & Sasikumar S. (2014). Research article therapeutic effects of nuts in various diseases. *International Journal of Recent Scientific Research*, 5, 191-192
- Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M.-I., Corella, D., Arós, F., ... & Martínez-González, M. A. (2013). Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet. *New England Journal of Medicine*, 368, 1279-1290.
- Evaristo, I., Batista, D., Correia, I., Correia, P., & Costa, R. (2010). Chemical profiling of Portuguese *Pinus pinea* L. nuts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 1041-1049.
- US Food and Drug Administration. (2003). Qualified health claims: letter of enforcement discretion—nuts and coronary heart disease. *Rockville, MD: US Food and Drug Administration*, 1-4
- Ghandi, A. P. (2009). Simplified process for the production of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) butter and its nutritional profile sian. *Journal of Food and Agro-industry*, 1 (1), 24-27.
- Gorrepati K, Balasubramanian, S., & Chandra P. (2015). Plant based butters. *Journal of Food Science Technology*. 52,3965-3976.
- Jenkins, D. J. A., Kendall, C. W. C., Banach, M. S., Srichaikul, K., Vidgen, E., Mitchell, S., ...& Josse, R. G. (2011). Nuts as a replacement for carbohydrates in the diabetic diet. *Diabetes Care*, 34, 1706-1711.
- Kadri N, Khetta B, Aid Y, Kherfellah S, Sobhi W, & Barragan-Montero, V. (2015) Some physicochemical characteristics of pinus (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* and *Pinus canariensis*) seeds from North Algeria, their lipid profiles and volatile contents. *Food Chemistry*, 188, 184-192.
- Lima, I.M., Guraya, H.S. & Champagne, E.T. (2000). Improved peanut flour for a reduced-fat peanut butter product. *Journal of Food Science*, 65(5), 854-861.
- Lutz, M., Álvarez, K., y Loewe, V. (2016). Composición química de piñones (*Pinus pinea* L.) cultivados en tres macrozonas geográficas en Chile. *CyTA - Journal of Food*, 15(2), 284-290.

- Maguire, L. S., O'Sullivan, S. M., Galvin, K., O'Connor, T. P., & O'Brien, N. M. (2004). Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55, 171-178.
- Marroquín-Andrade, L., Cuevas-Sánchez, J. A., Guerra-Ramírez, D., Reyes, L., Reyes-Chumacero, A., & Reyes-Trejo, B. (2011). Proximate composition, mineral nutrient and fatty acids of the seed of ilama, *Annona diversifolia* Saff. *Scientific Research and Essays*, 6(14), 3089-3093.
- Moscetti, R., Haff, R.P., Aernouts, B., Saeys, W., Monarca, D., Cecchini, M., & Massantini, R. (2013). Feasibility of Vis/NIR spectroscopy for detection of flaws in hazelnut kernels. *Journal of Food Engineering*, 118, 1-7.
- Mousazadeh, M., Mousavi, M., Emam-Djomeh, Z., Hadinezhad, M., & Taghi, M. (2012). Formulation Optimization of Pistachio Oil Spreads by Characterization of the Instrumental Textural Attributes, *International Journal of Food Properties*, 17(6), 1355-1368.
- Mursalim, S., & Dewi, Y. S. (2002). Drying of cashew nut in shell using solar dryer. *Science. Technology*, 3, 25-33.
- Narine, S. S., & Marangoni, A. G. (1999). Relating structure of fat crystal networks to mechanical properties: A review. *Food Research International*, 32(4), 227-248.
- Nasri, N., Khaldi, A., Hammami, M., & Triki, S. (2005). Fatty acid composition of two Tunisian pine seed oils. *Biotechnology Progress* 21, 998-1001.
- Nergiz, C. & Domnez, I. (2004) Chemical composition and nutritive value of *Pinus pinea* L. sedes. *Food Chemistry*, 86, 365-368.
- Pannico, A. (2014). Improving Hazelnut Quality at Harvest and Non-destructive Assessment of Post-Harvest. *Nut Quality*. 1-84
- Phatanayindee, S., Borompichaichartkul, C., Srzednicki, G., Craske, J., & Wootton M. (2012). Changes of chemical and physical quality attributes of macadamia nuts during hybrid drying and processing. *Drying. Technology*, 30, 1870-1880.
- Radočaj, O., Dimić, E., Diosady, L. L., & Vujasinović, V. (2011). Optimizing the texture attributes of a fat-based spread using instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 42, 394-403.
- Rees, K., Hartley, L., Flowers, N., Clarke, A., Hooper, L., Thorogood, M., & Stranges, S. (2013). 'Mediterranean'dietary pattern for the primary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (8).
- Rengel, A., Pérez, E., Piombo, G., Ricci, J., Servent, A., Tapia, M.S., Gibert, O., & Montet, D. (2015). Lipid profile and antioxidant activity of macadamia nuts (# *Macadamia integrifolia* #) cultivated in Venezuela. *Natural Science (Irvine)*, 7, 535-547.

- Ros, E. (2010). Health benefits of nut consumption. *Nutrients*, 2, 652-682.
- Ros, E., & Mataix, J. (2006). Fatty acid composition of nuts—implications for cardiovascular health. *British Journal of Nutrition*, 96, 29-35.
- Ruggeri, S., Cappelloni, M., Gambelli, L., Nicoli, S., & Carnovale, E. (1998). Chemical composition and nutritive value of nuts grown in Italy. *The Italian Journal of Biochemistry*, 10, 243-252.
- Ryan, E., Galvin, K., O'Connor, T.P., Maguire, A.R., & O'Brien, N. M. (2006) Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(4), 219-228.
- Settaluri, V. S., Kandala, C. V., Puppala, N., & Sundaram J. (2012) Peanuts and their nutritional aspects—a review. *Food and Nutrition Sciences*, 3, 1644.
- Shakerardekani, A., Karim, R., Ghazali, H. M., & Chin N.L. (2013). Textural, rheological and sensory properties and oxidative stability of nut spreads—a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 14, 4223-4241.
- Tenyang, N., Ponka, R., Tiencheu, B., Djikeng, F. T., Azmeera, T., Karunae, M.S.L., Prasad, R. B. N., & Womeni, H. W. (2017). Effects of boiling and roasting on proximate composition, lipid oxidation, fatty acid profile and mineral content of two sesame varieties commercialized and consumed in far-north region of Cameroon. *Food Chemistry*, 221, 1308-1316.
- Tiwari M., Tiwari K., & Toliwal S. (2014). Studies on thermal stability of palm – sesame oil blends during deep fat frying. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 73, 153-156.
- Venkatachalam, M., & Sathe S. K. (2006). Chemical composition of selected edible nut sedes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4705-4714.
- Wagener, E. A. & Kerr. W. L. (2018). Effects of oil content on the sensory, textural, and physical properties of pecan butter (*Carya illinoensis*). *Journal of Texture Studies*, 49 (3), 286-292.
- Walton, D. A., Randall, B. W., Poienou, M., Nevenimo, T., Moxon, J., & Wallace H. M. (2017). Shelf life of tropical Canarium nut stored under ambient conditions. *Horticulturae*. 3, 24.
- Wang, J., Jiang, P., Li, D., Quiang, M. Q., Tai, S. J., & Zuo, Z. P. (2010). Moisture variation and medeling of cotton and soybean under different storage conditions. *Acta Agronómica Sinica*, 26(7), 1161-1168.
- Wolff, R. L., & Bayard, C. C. (1995). Fatty acid composition of some pine seed oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 72, 1043-1046.

5. CARACTERIZACIÓN SENSORIAL Y VIDA DE ANAQUEL EN CREMA UNTABLE DE PIÑÓN ROSA MEXICANO

5.1 Resumen

Transformar el piñón, un fruto seco poco estudiado en México es todo un reto, sobre todo cuando se busca valorar y rentabilizar el uso del mismo en el sector agroindustrial; el objetivo de este trabajo fue generar valor agregado mediante la elaboración de una crema untable, determinando su vida útil sensorial y el efecto que causa la variable de aceleración (temperatura) con respecto al tiempo de almacenamiento, tomando en cuenta modelos matemáticos combinados con la ecuación de Arrhenius. Para la predicción se utilizaron tres temperaturas con siete tiempos de almacenamiento y se encontró que la vida útil sensorial fue de 250.2 horas sin el uso de conservadores. Por último, los efectos que causa la temperatura determinados mediante un análisis descriptivo cuantitativo (QDA) con mayor intensidad y que delimitaron la vida útil para más del 50 % de rechazo del consumidor son un sabor residual amargo, aroma a piñón tostado y una sensación de grasa en boca.

Palabras clave: Pruebas aceleradas, Arrhenius-lognormal, análisis cuantitativo descriptivo.

SENSORY CHARACTERIZATION AND USEFUL LIFE IN MEXICAN PINK PINE NUT SPREADABLE CREAM

Abstract

Transform the pine nut, a dried fruits little studied in Mexico is a challenge, especially when it is sought to value and make profitable the use of it in the agroindustrial sector; the objective of this work was to generate added value through the elaboration of a spreadable cream, determining its sensory useful life and the effect caused by the acceleration variable (temperature) with respect to storage time, taking into account mathematical models combined with the equation of Arrhenius. For the prediction, three temperatures were used with seven storage times and it was found that the sensory life was 250.2 hours without the use of preservatives. Finally, the effects caused by the temperature determined by a quantitative descriptive analysis (QDA) with greater intensity and that delimited the shelf life for more than 50 % of consumer rejection are a bitter residual taste, toasted pine nut aroma and a sensation of fat in mouth.

Keywords: Accelerated tests, Arrhenius-lognormal, Quantitative Descriptive Analysis.

Thesis: Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Silvia López Lino
Advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

5.2 Introducción

Al desarrollar nuevos productos alimenticios, una tarea importante es determinar la vida útil, que de acuerdo a Hough (2010) ésta se ve limitada por cambios en sus características sensoriales; sobre todo en aquellos productos denominados innovadores, ya que, tienden a tener una salida rápida al mercado, reduciéndose así el tiempo de prueba del producto. Ante esto, actualmente se realizan pruebas aceleradas utilizando algún factor de aceleración del medio en el que se almacenan que pueden ser la temperatura y / o la humedad, la actividad del agua y la atmósfera (Corrigan, Hedderley, & Harvey, 2012; Richards, De Kock, & Buys, 2014).

Las pruebas aceleradas son consideradas un método indirecto, para determinar la vida útil en productos estables o de larga duración para los cuales sea válido suponer que el aumento de la temperatura de almacenamiento incrementa la velocidad de deterioro (Nuñez, Rodríguez, Hernández, y Rodríguez, 2018). De acuerdo a García, Chacón, y Molina (2011) en la aplicación de estudios por pruebas acelerados, el alimento se incuba bajo condiciones controladas a diferentes temperaturas, que en la mayoría de los casos éstas son mayores a las de almacenamiento y comercialización, debido a que se busca acelerar las reacciones de deterioro y obtener una respuesta rápida sin invertir recursos innecesarios.

Los estudios específicos para la determinación de vida útil por pruebas aceleradas se han aplicado en la fórmula de reemplazo de leche humana (Curia y Hough, 2009), barras de bocadillos rellenos de fruta (Corrigan et al., 2012), en carne (Hough, Garrita & Gómez, 2006), concentrado de tomate (Pedro & Ferreira, 2006), en queso mantecoso (Sánchez-González y Pérez, 2016) y en alimentos de origen vegetal (Ulín-Montejo, Salinas-Hernández, y Gonzales-Aguilar, 2009). En la mayoría de los estudios mencionados anteriormente han evaluado los efectos de un solo factor a la vez, utilizando, la ecuación de Arrhenius para

relacionar la temperatura de almacenamiento con la velocidad de reacción o cinéticas de deterioro (Córdova, Quezada y Saavedra, 2011).

Hough et al. (2006) y Ulín-Montejo et al. (2009) citan una ecuación basada en las probabilidades de falla a distintas temperaturas, utilizando una distribución de lognormal con parámetros μ y σ constantes, teniendo así el siguiente modelo para predecir.

$$Y_p = \beta_0 + \beta_1(x) + \sigma\Phi^{-1}(p).$$

Donde:

Y_p : tiempo de falla logarítmico o tiempo de falla predicho (h), de acuerdo a las diferentes distribuciones empleadas.

β_0 : tiempo de falla logarítmico o tiempo de falla (h) (dependiendo de la distribución) cuando el tiempo es cero.

X : variable de aceleración (h) con la transformación de Arrhenius.

β_1 : coeficiente de regresión asociado con X .

σ : parámetro de escala.

$\Phi^{-1}(p)$: el cuantil p-ésimo de la distribución de vida útil estandarizada.

La base fundamental de la estimación de vida útil radica en el uso del análisis de supervivencia, metodología estadística basada en la probabilidad de aceptación o rechazo del consumidor hacia un producto (Hough, 2003). El análisis de sobrevivencia, o análisis de Weibull es considerado como un método directo para la determinación de la vida útil, es aplicable a alimentos almacenados a temperatura ambiente, refrigerados y congelados que pertenecen a las categorías de vida útil corta o media (Nuñez et al., 2018). Se ha utilizado para la determinación final de la vida útil en queso Ricotta (Hough, Puglieso, Sanchez, & Mendes da Silva, 1999), queso campesino (López y Novoa, 2009), queso Halloumi (KamLeh, 2012), pan blanco (Gambaro, Fizsman, Giménez, Varela, &

Salvador, 2004), frutas (Salvador, Valera, & Fiszman, 2007), carne molida (Hough, Calle, Serrat, & Curia, 2007), y yogur probiótico (Cruz et al., 2010). También se ha utilizado como herramienta en el proceso de desarrollo de un producto (Garitta, Serrat, Hough & Curia, 2006; Giménez et al., 2007) como una forma de determinar el rechazo basado en los defectos del producto (Hough, Garitta & Sánchez, 2004).

Las técnicas de análisis de datos del análisis de supervivencia permiten modelar un rango de puntos de aceptabilidad en lugar de simplemente describir la aceptabilidad en tiempos específicos de almacenamiento del producto (Corrigan et al., 2012). Se debe tener en cuenta que el momento en que un consumidor rechaza el producto depende de los tiempos de almacenamiento en que éste prueba el producto, sin embargo, el tiempo t hasta que se produce el rechazo no se observa con exactitud, dando lugar a los llamados tiempos censurados. Cuando conocemos que este tiempo es superior al observado se habla de datos con censura a la derecha; si se sabe que el tiempo es menor que el tiempo observado, los datos son llamados con censura a la izquierda. Otro término es la censura de intervalo, se da cuando el tiempo de interés cae en un intervalo observado (Garitta et al., 2006).

Además, se debe elegir el nivel de riesgo que se tolerara según el porcentaje de rechazo del producto, comúnmente se usa el punto en que el 50 % de los consumidores indican que no consumirían el producto (por ejemplo, Varela, Salvador, y Fiszman, 2005; Hough et al., 2006) aunque se ha informado el uso de un nivel más conservador del 25 % (Gambaro, Ares & Giménez, 2006; Giménez et al., 2007) o incluso de ambos niveles (Araneda, Hough, & Penna, 2008; Baixauli, Salvador, & Fiszman, 2008).

Corrigan et al. (2012), mencionan que el análisis de supervivencia es un enfoque metodológico relativamente simple que no requiere un panel sensorial capacitado y puede usar un panel de consumidores relativamente pequeño. Por ejemplo, se han utilizado grupos de 50 consumidores para determinar el rechazo de la leche UHT basándose en defectos de calidad (Hough et al., 2004), y el final de la vida

útil del yogur (Hough et al., 2003) y pan blanco (Gambaro et al., 2004), aunque se requieren paneles más grandes para optimizar la precisión de los resultados (Hough et al., 2007).

Por otro lado, la mayoría de las nueces y semillas se consumen generalmente como bocadillos en forma asada o cruda ya que son de buen gusto, prácticas y fáciles de comer (Gorrepati, Balasubramanian, & Chandra, 2015). Sin embargo, no sucede de igual manera con el piñón pues su cáscara es muy dura y debe tener un tratamiento previo que permita su manipulación como el descascarillado, sin embargo, la semilla queda expuesta ya que no cuenta con una piel que la recubra como en las demás semillas (Masood & Pettenella, 2017).

En el contexto anterior transformar parece ser una adecuada forma de conservar al piñón, recientemente con el advenimiento de las nuevas tecnologías, innumerables variedades de bocadillos a base de nueces y semillas han llegado al mercado, por lo que la forma de mantequilla o crema untable ha ganado más popularidad (Gorrepati et al., 2015).

En este trabajo el objetivo principal fue generar valor agregado mediante la elaboración de una crema untable, determinar su vida útil sensorial y el efecto que causa la temperatura durante el almacenamiento, empleando modelos matemáticos combinados con la ecuación de Arrhenius.

5.3 Materiales y métodos

5.3.1 Muestras

La unidad experimental fue crema untable de piñón en presentaciones de 500 g, formulada con 17 % de aceite, 46 % de piñón, 7 % de aislado de proteína de lactosuero (WPI) y 30 % de azúcar glas.

Vida de anaquel acelerada

Las cremas se acondicionaron a tres temperaturas con siete tiempos de almacenamiento, como se aprecia en el Cuadro 15. Una vez alcanzado el tiempo

de almacenamiento requerido en cada muestra, éstas se refrigeraron a 6°C para su conservación hasta el momento de las pruebas sensoriales.

Cuadro 15. Temperatura y tiempos empleados para la crema untada de piñón de vida de anaquel acelerada.

Temperaturas (°C)	Tiempo (horas)						
19	0	60	120	180	240	300	360
35	0	24	48	96	144	192	240
55	0	24	48	72	96	120	144

Análisis de supervivencia sensorial

El análisis se realizó para cada una de las tres temperaturas por separado a 60 panelistas consumidores o potenciales consumidores de cremas de frutos secos, estudiantes de la Universidad Autónoma Chapingo, a quienes se les presentaron las siete muestras monódicamente, codificadas con tres dígitos, aleatorizadas y balanceadas. Posteriormente se les pidió a los panelistas probaran cada muestra y respondieran a la pregunta: ¿Usted normalmente consumiría este producto? Marcando en el espacio proporcionado la opción sí o no.

Análisis descriptivo cuantitativo

Con el propósito de determinar los atributos que causaban el rechazo de las cremas, se realizó un análisis descriptivo. Inicialmente, se seleccionó la muestra almacenada a 55° C, siendo la que mostró los mayores cambios de deterioro, con cinco tiempos de almacenamiento que correspondían al 100 %, 75 %, 50 %, 25 % y 10 % de aceptación (0, 66, 120, 193, 273 horas respectivamente), los tiempos fueron basados en la gráfica de supervivencia log-normal de 55 °C.

Se formó un grupo con 10 panelistas, mismos que fueron entrenados 3 horas diariamente durante dos semanas consecutivas, durante este tiempo se les familiarizó con las muestras. El entrenamiento del panel se dividió en tres etapas: en la primera etapa, se les pidió a los panelistas que probaran y describieran las muestras de crema tan específicamente como fuera posible y que generaran su

propia terminología. Posteriormente, el líder del panel dirigió una discusión en la que los descriptores fueron acordados por consenso. Durante las tres sesiones siguientes los panelistas evaluaron productos que pudieran ser usados como referencias para cada atributo y al final el panel decidió por consenso cuáles serían las referencias a usar, su valor en la escala lineal de 15 cm (0 = ninguna, 15 = extremadamente fuerte) y cómo deberían evaluarse tanto las muestras como las referencias.

Una vez estandarizada la forma de evaluar, se inició con la segunda etapa, en donde los panelistas entrenaron el uso de la escala y la ubicación de las muestras en ella, mediante la evaluación monádica en cabinas individuales. Y, por último, la tercera etapa que fue la prueba final; se realizó de forma monádica, se sirvieron 20 g de muestra a temperatura ambiente en vasos de plástico codificados con tres dígitos, cada panelista evaluó por triplicado las 5 muestras durante un período de 3 días. Las evaluaciones se realizaron en un laboratorio de evaluación sensorial en cabinas aisladas. El agua y las referencias estaban disponibles para los panelistas en todo momento.

5.3.2 Análisis estadístico

Análisis de supervivencia

Los datos obtenidos fueron censurados de acuerdo a la metodología propuesta por Hough et al. (2003). En seguida, empleando el programa Minitab se determinó la distribución mejor empleando el estadístico Anderson-Darling y el Criterio de Información de AKaike (AIC) éste criterio combina las distribuciones determinadas por Anderson-Darling con la ecuación de Arrhenius y está dado por la siguiente ecuación, donde la logverosimilitud es del modelo ajustado y k es el número de parámetros estimados.

$$AIC = -2 \times (\log\text{verosimilitud}) + 2 \times K$$

Posteriormente se utilizó el análisis estadístico para pruebas aceleradas de vida útil para obtener el modelo general utilizando como variable de aceleración la temperatura relacionada con Arrhenius. Una vez encontrado el modelo, se realizó

una prueba de ajuste basada en las logverosimilitudes de cada temperatura y del modelo ajustado, mediante la siguiente prueba:

$$Q = 2x(l_{t1} + l_{t2} + l_{t3} - l_M)$$

Donde:

l_{t1}, l_{t2}, l_{t3} Son las log-verosimilitudes para cada temperatura evaluada

l_M Es la logverosimilitud del modelo ajustado.

De acuerdo a Hough et al. (2006) en este tipo de estudios, Q sigue una distribución de $X^2_{(0.95, r-k)}$ donde:

$r = 6$ parámetros en total para los tres niveles de temperatura

$k = 3$ parámetros del modelo ajustado.

Análisis Descriptivo Cuantitativo

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas, cuando el análisis de varianza indicó diferencia significativa se hizo una comparación de medias mediante el método DMS. Con la finalidad de monitorear el desempeño de los panelistas se empleó el análisis de componentes principales (Kwan & Kowalski, 1980).

5.4 Resultados y discusión

A continuación, se muestran dos apartados, el primero corresponde a la determinación de la vida útil sensorial y el segundo a los efectos que causa la temperatura determinados mediante un análisis descriptivo cuantitativo (QDA) que delimitaron la vida útil para más del 50 % de rechazo del consumidor.

5.4.1 Vida útil sensorial

Selección del modelo para predecir vida útil sensorial

El primer criterio para determinar el modelo es de acuerdo al valor mínimo del Anderson-Darling, para las tres temperaturas como se observa en el Cuadro 16 la mejor distribución es lognormal.

Cuadro 16. Valor Anderson-Darling (primer criterio para seleccionar la distribución adecuada).

Distribución	Temperaturas		
	19 °C	37 °C	55 °C
Weibull	17.557	22.805	25.386
Lognormal	17.540	22.799	25.414
Exponencial	17.600	22.812	25.509

Dado que el primer criterio no tuvo un resultado único para las tres temperaturas el Criterio de Información Akaike (AIC) fue empleado. En el Cuadro 17 se puede apreciar que de acuerdo al criterio de Akaike el mejor modelo fue el de Arrhenius-lognormal ya que presento el valor más grande.

Cuadro 17. Criterio AIC

Modelo de regresión	Modelo AIC
Arrhenius-Exponencial	412.76
Arrhenius-Weibull	411.96
Arrhenius-Lognormal	414.61

El modelo seleccionado fue utilizado por Hough et al. (2006) en carne, Ullín-Montejo et al. (2009) alimentos de origen vegetal para predecir la vida sensorial de anaquel indirectamente mediante análisis de sobrevivencia utilizando la ecuación de Arrhenius para relacionar la temperatura de almacenamiento con la velocidad de reacción cinéticas de deterioro.

Prueba de ajuste del modelo de regresión

Los valores de logverosimilitud determinados mediante el estadístico Anderson-Darling de cada una de las temperaturas y el modelo ajustado se presentan en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Valores de logverosimilitud para temperaturas y modelo ajustado.

Temperatura	Logverosimilitud
19	-72.40
37	-58.22
55	-71.36
Modelo	-202.90

Al sustituir los valores en el estadístico de la prueba de ajuste, basada en las logverosimilitudes de cada temperatura y del modelo ajustado, se obtuvo:

$$Q = 2 \times (-72.403 - 58.251 - 71.368 + 202.983) = 1.92$$

Y dado que 1.92 fue menor que Chi cuadrada de tablas (7.81) con $\alpha = 0.05$ y 3 grados de libertad, no se rechazó la hipótesis nula que indica que el modelo se ajusta a los datos con parámetro de escala σ constante (Figura 8).

La Figura 8 es una gráfica de probabilidad basada en el modelo ajustado que ayuda a determinar si la distribución, escala y el supuesto de forma (lognormal) en cada nivel de la variable de aceleración son apropiados. Para estos datos, los puntos siguen una línea aproximadamente recta. Por lo tanto, los supuestos del modelo son apropiados para los niveles de la variable de aceleración.

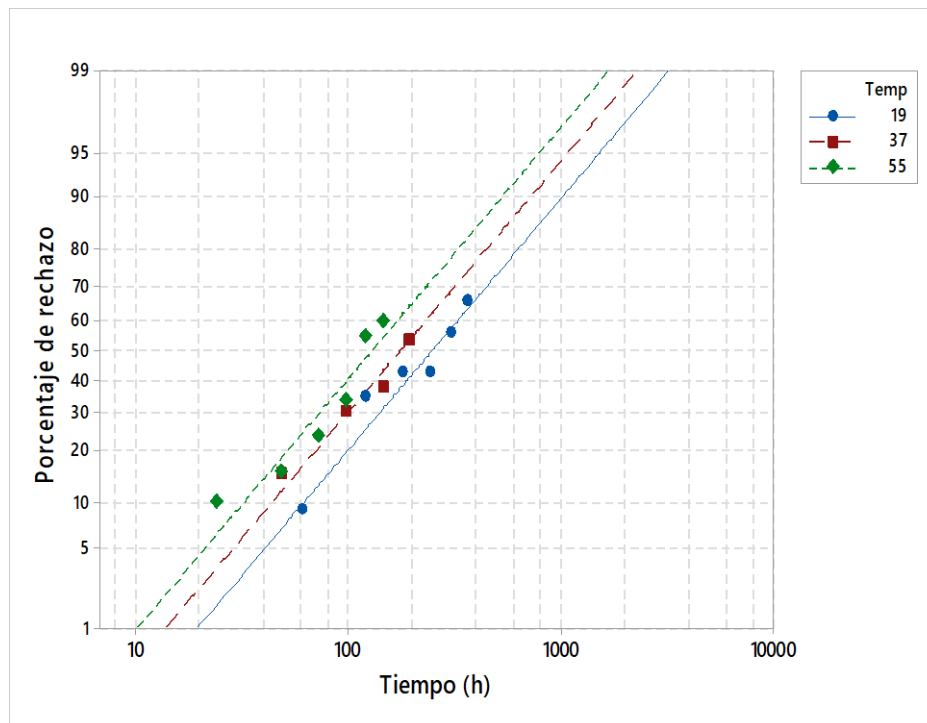


Figura 8. Modelo ajustado Arrhenius-lognormal, para tres temperaturas (19, 37 y 55 °C) en crema untable de piñón para predecir vida de anaquel sensorial.

Estimación de la vida útil con el Modelo Arrhenius-lognormal

Los parámetros del modelo para predecir la vida útil se muestran en el Cuadro 19 con sus respectivos intervalos de confianza. En el Cuadro 20 muestra las estimaciones de la vida útil sensorial, para las tres temperaturas utilizadas como factor de aceleración con un 50 % de rechazo por parte del consumidor

Cuadro 19. Parámetros estimados por Máxima Verosimilitud (MV) del modelo lognormal con el parámetro de escala constante.

Predictor	Coeficiente	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
Intersección	-0.40	2.03	-4.39	3.58
Temp	0.14	0.05	0.04	0.25
Escala	1.09	0.12	0.87	1.36

Cuadro 20. Valores de vida útil estimados para el 50 % de rechazo del consumidor y sus intervalos de confianza del 95 %.

Porcentaje	Temp (°C)	Vida útil (h)	IC normal de 95.0%	
			Inferior (h)	Superior (h)
50	19	250.17	185.36	337.64
50	37	177.36	146.19	215.16
50	55	130.57	96.53	176.62

El término de la vida sensorial de anaquel a 19 °C fue de aproximadamente 250.2 horas (en un intervalo de 185.3 a 387.6 horas) a 37 °C se encontraron 177.4 horas (con un intervalo de 146.2 a 215.2 horas) y a 55 °C se obtuvo 130.5 horas (con un intervalo de 96.5 a 176.6 horas). El modelo matemático combinado con la ecuación de Arrhenius, proporciona intervalos de confianza estrechos; es decir cuenta con una mayor precisión.

Volpe, Di Manco, Puleo y Torrieri (2017) encontraron en una mantequilla sin conservador y con una proporción de grasa del 50 % una vida sensorial de 22 horas y en una mantequilla con un porcentaje de grasa superior al 80 % una vida sensorial de 11 horas, atribuyen que el aumento en el contenido de grasa tuvo un efecto negativo en la vida útil del producto.

Los resultados obtenidos de 250.2 horas de vida útil a temperatura ambiente son superiores a lo reportado por Volpe et al., (2017) el contenido de grasa presente en la crema untable no rebasa el 80 %, sin embargo, en este tipo de emulsiones, aderezos para ensaladas y en mayonesas, la vida útil esperada es de 6 a 12 meses a temperatura ambiente (Sainsbury, Grypa, Ellingworth, Duodu, De Kock, & 2016). El deterioro de las emulsiones está relacionado con la oxidación de los lípidos o el deterioro del agente emulsionante que conduce a la separación del aceite (Bou, Boon, Kweku, Hidalgo, & Decker, 2011).

5.4.2 Análisis descriptivo cuantitativo

La comparación de medias de los descriptores sensoriales se muestran en el Cuadro 21. Los 17 descriptores permiten determinar diferencias estadísticamente

significativas. Mediante un análisis de componentes principales (Figura 9) se observa, como los atributos descriptivos logran separar las cremas de piñón con un periodo corto de almacenamiento (0 y 66 horas) de los largos (193 y 273 horas) con 9 y 8 atributos descriptores, respectivamente. El tiempo correspondiente a 120 horas se encuentra justo a la mitad de los descriptores, en éste tiempo disminuye la intensidad de las cremas con tiempos de almacenamiento corto y empiezan aparecer intensidades de los descriptores característicos de los tiempos de almacenamiento largos.

Cuadro 21. Resultados de la comparación de medias de los 17 descriptores de crema untable de piñón rosa mexicano con cinco tiempos almacenamiento (0, 66, 120, 193 y 273 horas) y temperatura de 55 °C.

Atributos	Tiempos (h) de almacenamiento a 55 °C				
	0	66	120	193	273
Aroma madera	8.90a ^z	8.40ab	6.09c	4.91d	2.47e
Aroma resina	8.32a	8.35a	5.13b	3.91c	2.39d
Aroma a Piñón fresco	11.76a	9.22b	7.48c	5.16d	2.64e
Aroma a Piñón tostado	2.49d	6.46c	7.08b	11.92a	11.95a
Aroma caramelo	0.67d	4.27c	4.84b	8.20a	8.25a
Aroma crema cacahuete	0.26a	0.46b	4.6c	5.05d	6.47d
Luminosidad	12.34a	9.55b	6.69c	5.51d	3.11e
Untabilidad	11.92a	9.46b	7.11c	5.11d	3.90e
Arenosidad	2.37e	2.92d	6.02c	7.28b	9.02a
Cremosidad	9.74a	9.91a	6.35b	5.81c	5.60d
Sensación de grasa en boca	3.28e	4.8d	6.4c	8.11b	10.49a
Sabor madera	8.46a	6.55b	5.35c	4.17d	2.76e
Sabor piñón	12.6a	9.56b	8.19c	7.14d	5.89e
Sabor dulce	10.72a	8.68b	7.73c	6.69d	5.20e
Sabor residual amargo	5.64c	5.99bc	6.55a	6.44ab	6.36ab
Sabor ácido	0.52d	0.6d	3.11c	4.24b	5.24a
Sabor cacahuete	0.70e	3.93d	5.55c	7.01b	9.72a

^z Misma letra significa que no existe diferencia significativa (DMS, $\alpha = 0.05$).

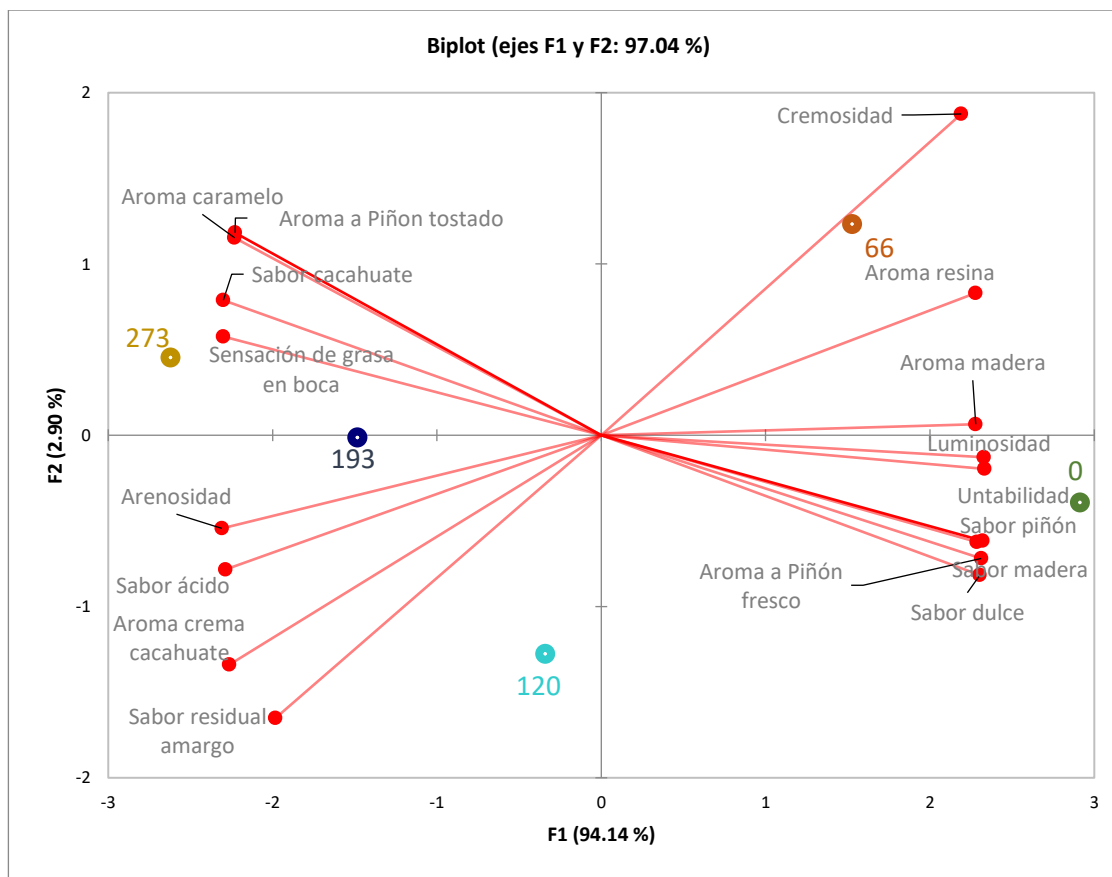


Figura 9. Atributos obtenidos en el QDA (•) y ubicación de los cinco tiempos de almacenamiento de correspondientes a 0, 66, 120, 193 y 273 horas (•••••) y temperatura de 55 °C, obtenidos por Análisis de componentes principales para la crema untada de piñón.

Efecto de la temperatura en tiempos de almacenamiento cortos 0 y 66 horas

En las cremas están presentes atributos propios de una semilla de piñón fresco; aromas: a madera, resina, piñón fresco; sabores: a madera, piñón, dulce; además se percibe una mayor intensidad en la cremosidad, untabilidad y luminosidad, estas cremas son aceptadas por el 100 % de los consumidores. En los tiempos de almacenamiento largos de 193 y 273 horas los atributos anteriormente mencionados se perciben con una mínima intensidad.

Efecto de la temperatura en tiempos de almacenamiento medio 120 horas.

El almacenamiento a 120 horas es el término de la vida útil a 55 °C, como se observa en la Figura 9, esta crema se encuentra prácticamente en medio de los cuadrantes inferiores, sesgándose ligeramente al cuadrante izquierdo, por lo

tanto, las características que se empiezan a percibir mínimamente en esa crema son el Aroma a crema de cacahuete, sabor a cacahuete y sabor ácido además se muestra que, empieza una disminución en la untabilidad y luminosidad, dando pauta al inicio de un tostado o cocción de la crema.

Efecto de la temperatura en tiempos de almacenamiento largos 193 y 273 horas

Los tiempos de almacenamiento largos se caracterizan por una mayor intensidad en el aroma a piñón tostado, el aroma a caramelo, el aroma crema de cacahuete, el sabor residual amargo, el sabor ácido, el sabor a cacahuete, arenosidad y sensación de grasa en boca. Así mismo tienen una menor untabilidad y luminosidad. Estos atributos son los efectos que tiene el uso de una alta temperatura en la crema y marcan el rechazo del 75 y 90 % de los consumidores.

En diferentes variedades de piñón, crudas o tostadas se ha presentado un sabor amargo o a metal, aunque el reporte es en otras variedades principalmente chinas como *Pinus armandii* (Ballin & Mikkelsen, 2016; Bertrand et al., 2017) sin embargo no se sabe concretamente a que se debe, ya que, el sabor amargo de esas variedades de acuerdo a algunos casos reportados aparece tres días después de su consumo y se mantiene por 15 o incluso 42 días (Hampton, Scully, Gandhi, & Raber-Durlacher, 2013).

En este estudio el sabor amargo se presentó como residual y en las muestras frescas con tiempos de almacenamiento corto no está presente. Algunos autores han estudiado mediante cromatografía de gases que la posible causa del amargor en tiempo corto se debe a la presencia de nuevos triglicéridos creados por el estrés oxidativo (Mostin, 2001). Destailats, Cruz-Hernández, Giuffrida, y Dionisi (2010) lo asocian con compuestos de ácido fenólico, y debido a éste se tiene un sabor astringente y decoloración en la semilla.

Varios cambios físicos, químicos y microbiológicos ocurren simultáneamente durante el almacenamiento de frutos secos, causando una disminución en la calidad sensorial del producto (Derossi, Mastrandrea, Amodio, de Chiara, &

Colelli, 2016). El sabor a cacahuate y el aroma a crema de cacahuate son indicadores de inicios de rancidez oxidativa, Hampton et al. (2013) plantean que el ácido graso poliinsaturado ($\Delta 5$ -ácido olefínico) se oxida causando el sabor rancio.

Cabe resaltar que a pesar del tiempo de almacenamiento y de la influencia de la temperatura no se detectaron olores ni sabores a rancio, por la cantidad de ácidos grasos insaturados presentes en el piñón y el ajonjolí se esperaba una oxidación pronunciada, ya que, son más susceptibles (Kornsteiner & Wagner, 2006; Miraliakbari & Shahidi, 2008). Sin embargo, Hoon, Choo, Watawana, Jayawardena, y Waisundara, (2014), encontraron en *Pinus Gerardiana* compuestos antioxidantes como la galocatequina, catequina, luteína, licopeno, caretenoides y tocoferoles, por lo tanto podríamos atribuir una baja oxidación por estos compuestos y por el aislado de proteína de lactosuero. Zhu, Yi, Dong, Lu, y Ding (2015) señalaron que la incorporación de aislado de proteínas de lactosuero en emulsiones W / O, tales como productos para untar, chocolate y mantequilla, aumentan la estabilidad oxidativa de las emulsiones, principalmente debido a su capacidad para quelar metales de transición.

Por último, el aroma a caramelo, la ausencia de luminosidad (reacción de oscurecimiento) y el sabor tostado podrían considerarse como indicadores de inicios de caramelización, que está asociada al uso de una temperatura elevada entre aminoácidos y azúcares. Niquet-Léridon, (2015), han reportado que la presencia de estos sabores se debe a la presencia de *N*^ε-carboximetil-lisina y 5-hidroximetilfurfural como indicadores de reacción de Maillard y caramelización respectivamente en aceites y mantequillas cocidas a una temperatura de 150 °C.

Atributos de la crema untable de piñón que determinan la vida útil

De acuerdo a los atributos encontrados mediante el QDA la cinética de deterioro que presenta la crema está relacionada principalmente con el cambio en el sabor, aroma y color. Los resultados obtenidos de 250.2 días de vida útil a temperatura ambiente coinciden con lo reportado Hough et al. (2006) en carne en donde se evaluó el cambio de color; en cuanto al sabor y aroma Ulín-Montejo et al. (2009) obtuvieron un efecto semejante de vida útil en alimentos de origen vegetal.

5.5 Conclusiones

La crema untable es una forma adecuada de valorizar el piñón ya que conserva los atributos únicos de éste. Es un producto que garantiza una estabilidad sensorial de 250.2 horas a temperatura ambiente sin el uso de conservadores. Los efectos que causa la temperatura de 55 °C con tiempo de almacenamiento de 273 horas, determinados mediante un QDA son aroma a piñón tostado, sabor residual amargo y sensación de grasa en boca, atributos que se asocian con el 50 % de rechazo de los consumidores y la delimitación la vida útil sensorial del producto. El modelo matemático combinado con la ecuación de Arrhenius encontrado, proporciona intervalos de confianza estrechos; es decir cuenta con una mayor precisión.

5.6 Literatura citada

- Araneda, M., Hough, G. & De Penna, E.W. (2008). Current-status survival analysis methodology applied to estimating sensory shelf life of ready-to-eat lettuce (*Lactuca sativa*). *Journal of Sensory Studies*, 23, 162-170.
- Baixauli, R., Salvador, A. & Fiszman, S.M. (2008). Textural and color changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. *European Food Research Technology*, 226, 523-530.
- Ballin, N. Z. & Mikkelsen, K. (2016). Polymerase Chain Reaction and Chemometrics Detected Several *Pinus* Species Including *Pinus armandii* Involved in Pine Nut Syndrome, *Food Control*. 64, 234-239.
- Bertrand, M., Peiwu, L., Fei, M., Haiyan, Z., Jun, J., & Mehmet M. Ö. (2017). Is the Profile of Fatty Acids, Tocopherols, and Amino Acids Suitable to Differentiate *Pinus armandii* Suspect to Be Responsible for the Pine Nut Syndrome from Other *Pinus* Species? *Chemistry Biodiversity*, 15.
- Bou, R., Boon, C., Kweku, A., Hidalgo, D., & Decker E.A. (2011). Effect of different antioxidants on lycopene degradation in oil-in-water emulsion. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113, 724-729.
- Córdova, A., Quezada, C., & Saavedra, J. (2011). A MALST method comparison over univariate kinetic modeling for determination of shelf-life in cereal snack of dried apples. *Procedia Food Science*, 1, 1045-1050.
- Corrigan, V., Hedderley, D., & Harvey, W. (2012) Modeling the shelf-life of fruit-filled snack bars using survival analysis and sensory profiling techniques. *Journal of Sensory Studies*, 27, 403-416.
- Cruz, A. G., Walter, E. H. M., Silva-Cadena, R., Faria, J. A. F., Bolini, H. M. A., Pinheiro, H. P. & Santhna A. S. (2010). Survival analysis methodology to predict the shelf-life of probiotic flavored yogurt. *Food Research International*, 43, 444-448.
- Curia, A. V., & Hough, G. E. (2009). Selection of a sensory marker to predict the sensory life of a fluid human milk replacement formula. *Journal of Food Quality*, 32, 793-809.
- Derossi, A., Mastrandrea, L., Amodio, M., de Chiara, M., & Colelli, G. (2016). Application of multivariate accelerated test for the shelf life estimation of fresh-cut lettuce. *Journal of food engineering*, 169, 122-130.
- Destailats, F., Cruz-Hernandez, C., Giuffrida, F., & Dionisi, F. (2010). Identification of the botanical origin of pine nuts found in food products by gas-liquid chromatography analysis of fatty acid profile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 2082-2087.

- Gambaro, A., Ares, G. & Giménez, A. (2006). Shelf-life estimation of apple baby food. *Journal of Sensory Studies*, 21, 101-111.
- Gambaro, A., Fiszman, S., Giménez, A., Varela, P. & Salvador, A. (2004). Consumer acceptability compared with the sensory and instrumental measures of white pan bread: Sensory shelf-life estimation by survival analysis. *Journal of Food Science*. 69, 401-405.
- García, B.; Chacón, V. & Molina, C. (2011). Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Ingeniería* 21, 31-38.
- Garitta, L.V., Serrat, C., Hough, G. E. & Curia, A. V. (2006). Determination of optimum concentration of a food ingredient using survival analysis statistics. *Journal of Food Science*. 71, 526-532.
- Giménez, A., Varela, P., Salvador, A., Ares, G., Fiszman, S., & Garitta, L. (2007). Shelf life estimation of brown pan bread: A consumer approach. *Food Quality and Preference*, 18, 196-204.
- Gorrepati, K., Balasubramanian, S., & Chandra, P. (2015). Plant based butters. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 3965-3976.
- Hampton, R.L., Scully, C., Gandhi, S., & Raber-Durlacher, J. (2013). Cacogeusia following pine nut ingestion: A six patient case series. *British Journal Oral and Maxillofacial. Surgery*. 51, 1-3.
- Hoon, L. Y., Choo, C., Watawana, M. I., Jayawardena, N., & Waisundara. V. Y. (2014). Evaluation of the total antioxidante capacity and antioxidant compounds of different solvent extracts of Chilgoza pine nuts (*Pinus Gerardiana*). *Journal of Functional Foods*, 18, 1014-1021.
- Hough, G. (2010). *Sensory shelf life estimation of food products*. Boca Raton, Florida, EEUU: CRC Press, Taylor and Francis Group. 264 p. <https://doi.org/10.1201/9781420092943>.
- Hough, G., Calle, M. L., Serrat, C., & Curia, A. (2007). Number of consumers necessary for shelf life estimations based on survival analysis statistics. *Food Quality and Preference*, 18, 771-775.
- Hough, G., Garitta, L., & Gómez, G. (2006). Sensory shelf-life predictions by survival analysis using accelerated storage models. *Food Quality Preference*, 17, 468-473.
- Hough, G., Garitta, L. & Sánchez, R. (2004). Determination of consumer acceptance limits to sensory defects using survival analysis. *Food Quality and Preference*, 15, 729-734.
- Hough, G., Langohr, K., Gómez, G., & Curia, A. (2003). Survival analysis applied to sensory shelf life of foods. *Journal of Food Science*, 68, 359–362.
- Hough, G., Puglieso, M. L., Sanchez, R. & Mendes da Silva O. (1999). Sensory and microbiological shelf-life of a commercial Ricotta cheese. *Journal of Dairy Science*, 82,454-459.

- KamLeh, R., Toufeili, I., Ajib, R., Kanso, B. & Haddad, J. (2012). Estimation of the shelflife of Halloumi cheese using survival analysis. *Czech Journal of Food Science*, 30, 512-519.
- Kornsteiner, M. & Wagner, I. (2006). ElmadfaTocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*, 98, 381-387.
- Kwan, W., & Kowalski, B. R. (1980). Data analysis of sensory scores, evaluations of panelists and wine score cards. *Journal of Food Science*, 45, 213-216.
- López, N. & Novoa, C. (2009). Efecto de dos niveles de grasa sobre la vida útil sensorial del queso campesino. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*.
- Masood, A., & Pettenella, D. (2017). Pine nuts: A review of recent sanitary conditions and market developmet. *Forest*, 8, 367-397.
- Miraliakbari, H. & Shahidi, F. (2008). Oxidative stability of tree nut oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 4751-4759.
- Mostin, M. (2001). Taste disturbances after pine nut ingestion. *European Journal of Emergency Medicine*, 8, 76.
- Niquet-Léridon, A., Jacolot, P., Niamba, C. N., Grossin, N., Boulanger, E., & Tessier, F. J. (2015).The rehabilitation of raw and brown butters by the measurement of two of the major Maillard products, N (ε)-carboxymethyl-lysine and 5-hydroxymethylfurfural, with validated chromatographic methods. *Food Chemistry*, 177, 361-368.
- Núñez, M., Rodríguez, I., Hernández, R., & Rodríguez, S. (2018). Metodología para la estimación de la vida útil de los alimentos. II. *Métodos de estimación. Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 27, 75-82.
- Pedro, A. M. K., & Ferreira M. M. C. (2006). Multivariate accelerated shelf-life testing, a novel approach for determining the shelf-life of foods. *Journal of Chemometrics*, 20, 76-83.
- Richards, M., De Kock, H.L., & Buys, E. M. (2014). Multivariate accelerated shelf life test of low fat UHT milk. *International Dairy Journal*, 36, 38-45.
- Sainsbury, J., Grypa, R., Ellingworth, J., Duodu, K.G., & De Kock H.L. (2017). The effects of antioxidants and shelf life conditions on oxidation markers in a sunflower oil salad dressing emulsion (SOSDE). *Food Chemistry*, 213, 230-237.
- Salvador, A., Varela, P., & Fiszman, S. (2007). Consumer acceptability and shelf life of “Flor de invierno” pears (*Pyrus communis* L.) under different storage condi-tions. *Journal of Sensory Studies*, 22, 243-255.
- Sánchez-González, J. & Pérez, C. A. (2016). Vida útil sensorial del queso mantecoso por pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria*, 7, 215-222.

- Ulín-Montejo F., Salinas-Hernández, R., y González-Aguilar, G. (2009). Estimación de vida útil mediante análisis de datos censurados y pruebas de vida acelerada.
- Varela, P., Salvador, A., & Fiszman, S. (2005). Shelf-life estimation of “Fuji” apples: Sensory characteristics and consumer acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 38, 18-24.
- Volpe, S., Di Monaco, R., Puleo, S., & Torrieri, E. (2017). Prediction of secondary shelf-life of croissants: survival analysis and cata questions methodologies. *Italian Journal of Food Science*, 6, 126-130.
- Zhu, Z., Yi, J., Dong, W., Lu, J., & Ding, Y. (2015). Ionic strength, antioxidants and chelators affect whey protein isolates' antioxidation in water-in-walnut oil emulsions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117, 620-629.

6. HÁBITOS DE CONSUMO Y DISPOSICIÓN A PAGAR POR CREMA UNTABLE DE PIÑÓN (*Pinus cembroides spp.*)

6.1 Resumen

El desarrollo de un nuevo producto puede surgir a partir de diferentes necesidades, tales como la obtención de un mayor valor para un producto no diferenciado o atender la demanda de un grupo de consumidores con preferencias específicas, este último, impulsado en gran medida por las tendencias de consumo. Cada vez es más frecuente encontrar en el mercado, productos de nicho elaborados a partir de materias primas locales, naturales y con atributos intangibles, para los cuales existen consumidores no sólo con la posibilidad de consumo sino de una mayor disposición a pagar, basado en sus atributos. En este estudio se determinó la disposición a pagar (DAP) por un nuevo producto untable a base de piñón rosa mexicano mediante un experimento de elección, así mismo se determinaron los hábitos de consumo. Para cumplir con este objetivo se diseñó y aplicó una encuesta a 246 consumidores de productos untables, utilizando el formulario de google siguiendo un muestreo no probabilístico de bola de nieve. Para el análisis se utilizó el modelo logit condicional y se determinó la disposición marginal a pagar. Encontrándose que los hábitos de consumo de alimentos untables tienen una frecuencia de consumo diaria de únicamente 1.67 %. Además, el sello de productores es una alternativa económica de valoración en cuanto al desarrollo de un nuevo producto untable ya que la mayor disposición a pagar es de 39 %.

Palabras clave: experimento de elección discreta, modelo logit condicional, valoración económica.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Silvia López Lino.

Director de Tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

HABITS OF CONSUMPTION AND DISPOSITION TO PAY FOR PINE NUT SPREADABLE CREAM (*Pinus cembroides* spp.)

Abstract

The development of a new product can arise from different needs, such as obtaining a higher value for an undifferentiated product or meeting the demand of a group of consumers with specific preferences, the latter, driven largely by trends of consumption. It is increasingly common to find niche products on the market, made from local raw materials, natural and with intangible attributes, for which there are consumers not only with the possibility of consumption but also a greater willingness to pay, based on their attributes. In this study, the willingness to pay (WPA) for a new spreadable product based on Mexican pink pine nut was determined through an experiment of choice, as well as consumption habits were determined. To achieve this goal, a survey was designed and applied to 246 consumers of spreads, using the google form following a non-probabilistic snowball sampling. For the analysis, the conditional logit model was used and the marginal disposition to pay was determined. Finding that the consumption habits of spreads have a frequency of daily consumption of only 1.67 %. In addition, the stamp of producers is an economic alternative of valuation regarding the development of a new spreadable product since the greater willingness to pay is of 39 %.

Keywords: discrete choice experiment, conditional logit model, economic valuation.

Thesis: Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Silvia López Lino
Advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

6.2 Introducción

El piñón es la única semilla extraíble de pino con el que se reforestan en México los lugares más erosionados, transformarlo, es la única manera de incentivar y aumentar su plantación, sobre todo si se elabora un producto con el que se valore no solo las características funcionales y nutricias del alimento, sino también las externalidades positivas sobre el ambiente y el impacto social que se podría generar.

Ofrecer un nuevo producto a base de piñón implica ingresar al mercado con un producto de precio más elevado en comparación con los productos untables actuales, esto debido a la estacionalidad del producto, aunque, recientemente en el mercado se ha incrementado la oferta de mantequillas y cremas a base de semillas oleaginosas, la diferencia entre éstos productos radica en que las primeras contienen un 90 % de semillas y las segundas contienen al menos un 40 %. Una crema untable es una de las mejores alternativas para transformar y agregar valor a la semilla de piñón, adicionalmente es importante determinar los hábitos de consumo y la mayor disposición a pagar, es decir; determinar la aceptabilidad y disposición de un mayor pago, así como el estrato de la población que cumple con estas características.

Existen diferentes enfoques de preferencias declaradas para estimar la disposición a pagar como el método de valoración contingente y análisis conjunto, pero, últimamente se han utilizado mayoritariamente los experimentos de elección. De acuerdo a Gracia et al. (2011), los resultados de los experimentos de elección son más fiables que los obtenidos de la valoración contingente porque los individuos eligen simultáneamente entre diferentes productos. Asimismo, las elecciones se presentan en una situación de compra en la que se ofrecen unos productos hipotéticos, combinaciones de diferentes atributos. Esta forma de elección se acerca más a la manera en la que los individuos toman sus decisiones reales de compra.

Con respecto al análisis conjunto, en la elección, los individuos deben elegir repetidas veces entre varios productos en lugar de tener que ordenarlos en función de sus preferencias, lo que resulta más complicado a los consumidores. Además, en los experimentos de elección se puede incorporar la opción de no compra lo que permite al individuo, al igual que en una situación de compra real, decidir no comprar el producto.

Durante la última década, el experimento de elección ha sido ampliamente utilizado para evaluar las preferencias de los consumidores y DPA en alimentos frescos como la carne (Linhai-Wu Shuxian-Wang, Dian-Zhu, Wuyang-Hu, & Hongsha-Wang, 2015; Loureiro & Umberger, 2007; Lusk, Roosen, & Fox, 2003, Tonsor, Schroeder, Fox, & Biere, 2005), frutas frescas (Sepúlveda, Ureta, Hernández, & Solorzano, 2018; Wongprawmas & Canavari, 2017), granos (Broeck et al., 2017; Naseem, Mhlanga, Diagne, Adegbola, & Soul-Kifouly, 2013), alimentos genéticamente modificados (Hu, Veeman, & Adamowicz, 2005; James & Burton, 2003; Burton, Rigby, Young, & James, 2001), alimentos orgánicos (Rousseau & Vranken, 2013), alimentos funcionales (Barreiro-Hurlé, Colombo & Cantos-Villar, 2008) y comida (De Marchi, Caputo, Nayga, & Banterle, 2016).

El experimento de elección se basa en la teoría del consumidor de Lancaster y la teoría de la utilidad aleatoria de McFadden. Lancaster (1966) propone que la utilidad de un bien se puede descomponer en las utilidades generadas por los diferentes atributos de los productos. La crema untable de piñón en el presente estudio puede considerarse como una combinación de atributos que incluyen información del tipo de crema, funcionalidad, producción ética y precio. De acuerdo con la teoría de la utilidad aleatoria, los individuos actúan racionalmente y, por lo tanto, seleccionan la alternativa que produce la mayor utilidad (McFadden, 1994).

Linhai-Wu et al. (2015) mencionan que, de acuerdo con el supuesto de independencia respecto de alternativas irrelevantes, U_{nit} es la utilidad obtenida por el consumidor n al elegir el perfil de crema i entre J subconjuntos en la tarea

C bajo la situación de elección t . U_{nit} incluye el componente determinista V_{nit} y el componente estocástico ε_{nit} , expresado de la siguiente manera:

$$U_{nit} = V_{nit} + \varepsilon_{nit}$$

La elección del perfil de la crema i por el consumidor n se basa en la condición de que $U_{nit} > U_{njt}$ sea verdadera para $\forall j \neq i$. Por lo tanto, la probabilidad de que el consumidor n elija el perfil de crema i en la situación de elección t puede expresarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} P_{nit} &= \text{prob} (V_{nit} + \varepsilon_{nit} > V_{njt} + \varepsilon_{njt}; \forall j \in C, \forall j \neq i) \\ &= \text{prob} (\varepsilon_{nit} - \varepsilon_{njt} > V_{njt} - V_{nit}; \forall j \in C, \forall j \neq i) \end{aligned}$$

El supuesto más común es que los términos de error se distribuyan independiente e idénticamente con una distribución del tipo I valor extremo dando lugar al modelo logit condicional (McFadden, 1974).

$$P_{nit} = \frac{\exp(V_{nit})}{\sum_j \exp(V_{njt})}$$

Donde $V_{nit} = \beta X_{nit}$. β se refiere a los parámetros que ponderan las variables exógenas para determinar la utilidad. X_{nit} es el vector de atributos del perfil de la crema i .

Linhai-Wu et al., (2015) especifican que en el modelo logit condicional (LC), se asume una homogeneidad de preferencia entre los encuestados y que están sujetos a la independencia de alternativas irrelevantes. A partir de la estimación del modelo *logit* es posible conocer la disposición marginal a pagar por un nivel específico de un atributo, el cual se obtiene como el cociente entre el parámetro de dicho nivel/atributo y el coeficiente del precio, cambiado de signo (Train, 2003):

$$DMP_i = -\beta_i / \beta_{PR}$$

Donde:

DMP_i = Disposición Marginal a Pagar por el nivel/atributo i .

β_i = Coeficiente de nivel/atributo i .

β_{PR} = Coeficiente del atributo precio.

6.3 Materiales y métodos

6.3.1 Fuente de datos

Se diseñó y aplicó una encuesta utilizando el formulario de google siguiendo un muestreo no probabilístico de bola de nieve. El cuestionario consistió de las siguientes secciones: 1) hábitos de consumo y compra de cremas untables, 2) intención de compra, disposición a pagar y 3) características sociodemográficas del consumidor. La pregunta del experimento de elección quedó enmarcada en la segunda sección cuyo objetivo fue medir la disposición a pagar por diferentes atributos de un nuevo producto, crema untable a base de semilla de piñón rosa mexicano.

La información empleada en el presente estudio, proviene del desarrollo de 246 encuestas dirigidas a consumidores o potenciales responsables de la compra de alimentos en sus hogares residentes en el centro (67.50 %), sur (23.33 %) y norte de México (9.17%). La distribución del número de observaciones de la muestra por zonas, obedeció al desarrollo de un muestreo en bola de nieve. El levantamiento de la información tuvo lugar durante el mes de diciembre del año 2018 y enero del 2019. En el Cuadro 22 se presenta información sobre las características sociodemográficas de la muestra.

Cuadro 22. Caracterización sociodemográfica de las muestras

Tamaño de la muestra	246
Tamaño familiar (media)	4
Edad	
20 – 30 años	78.15 %
31-40 años	15.55 %
41- 50 años	4.20 %
>50 años	2.10 %
Género del encuestado	
Mujer	56.67 %
Hombre	43.33 %
Nivel de educación	
Básica	5.00 %
Media superior	18.75 %
Superior	62.08 %
Posgrado	13.33 %

Sin escolaridad	0.83 %
Ocupación	
Empleado (no de gobierno)	28.33 %
Empleado de gobierno	14.17 %
Estudiante	30.83 %
Labores del hogar	6.25 %
Trabaja por su cuenta	20.42 %
Ingresos	
\$1 - \$1500	27.85 %
\$1501 - \$5000	28.69 %
\$5001 - \$10000	27.00 %
>\$10000	16.45 %
Lugar de residencia	
Centro de México	67.50 %
Norte de México	9.17 %
Sur de México	23.33 %

Los encuestados de la muestra tienen una edad entre 20 y 30 años (78.15 %), y viven en una familia de tamaño medio de 4 individuos. Prácticamente hubo un muestreo equitativo entre hombres y mujeres, la mayoría de los encuestados tiene un nivel de estudio superior (62.08 %) y solo un 27 % reciben un ingreso mensual entre \$5, 000 y \$10, 000.

6.3.2 Experimento de elección

Para realizar el diseño experimental de un experimento de elección en un nuevo producto untable a base de piñón fue necesario determinar los atributos a incluir en el experimento, los niveles o variaciones que tomarán estos atributos y los rangos en que ocurrirán estas variaciones; los cuales se establecen en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Atributos y niveles incluidos en el estudio de elección.

Atributo	Niveles
Tipo de crema untable de piñón	Con conservador Sin conservador
Funcionalidad	No Nutracéutico Nutracéutico
Producción ética	Sin sello de pequeño productor Con sello de pequeño productor
Precio (250 g)	60, 120, 180

Con los cuatro atributos y sus respectivos niveles se obtuvieron 24 (2 x 2 x 2 x 3) productos alternativos hipotéticos de los cuales se diseñaron tarjetas de simulación. Éstas incluían cada una dos opciones de productos hipotéticos A y B para que el consumidor eligiera uno de ellos existiendo la posibilidad de no elegir ningún producto. El experimento incluyó 24 tarjetas de simulación, las cuales fueron calculadas mediante un diseño ortogonal empleando el software SPSS. A modo de ejemplo, en el Cuadro 24 se presenta una tarjeta incluida en el estudio. Para que los entrevistados no tuviesen que valorar las 24 tarjetas, éstas fueron repartidas en dos bloques de 12 tarjetas diferentes cada uno. La estimación del modelo logit condicional se llevó a cabo con el programa estadístico XLSTAT 2014.

Cuadro 24. Tarjeta o conjunto de elección de un nuevo producto unttable a base de piñón rosa mexicano.

Característica	Opción A	Opción B	Opción C
Tipo de crema	Sin conservador	Con conservador	No compraría ni A ni B
Funcionalidad	Nutracéutico	No Nutracéutico	
Producción ética	Sin sello	Con sello	
Precio	180	120	
Por favor marque una casilla	☐	☐	☐

6.4 Resultados y discusión

6.4.1 Hábitos de consumo de cremas untables

Los consumidores encuestados poseen algún grado de responsabilidad en la compra de alimentos en sus hogares. El 21.83 % manifestaron ser siempre los responsables, el 29.26 % casi siempre y el 37.55 % restante manifestaron ser de manera esporádica los responsables de la compra de alimentos en sus hogares. Se encontró que los principales canales comerciales empleados para la adquisición de cremas untables son los supermercados (90.91 %), los establecimientos especializados (6.49 %) y los hipermercados (2.60 %), el tipo de canal que los encuestados utilizan depende de la cantidad de ingresos, las personas que perciben menor ingreso (\$1-\$1500) realizan sus compras mayoritariamente en tiendas (abarrotes) y supermercados y las de mayor ingreso (Más de \$10,000) lo hacen en tres lugares, establecimientos especializados, hipermercados y supermercados (Figura 10).

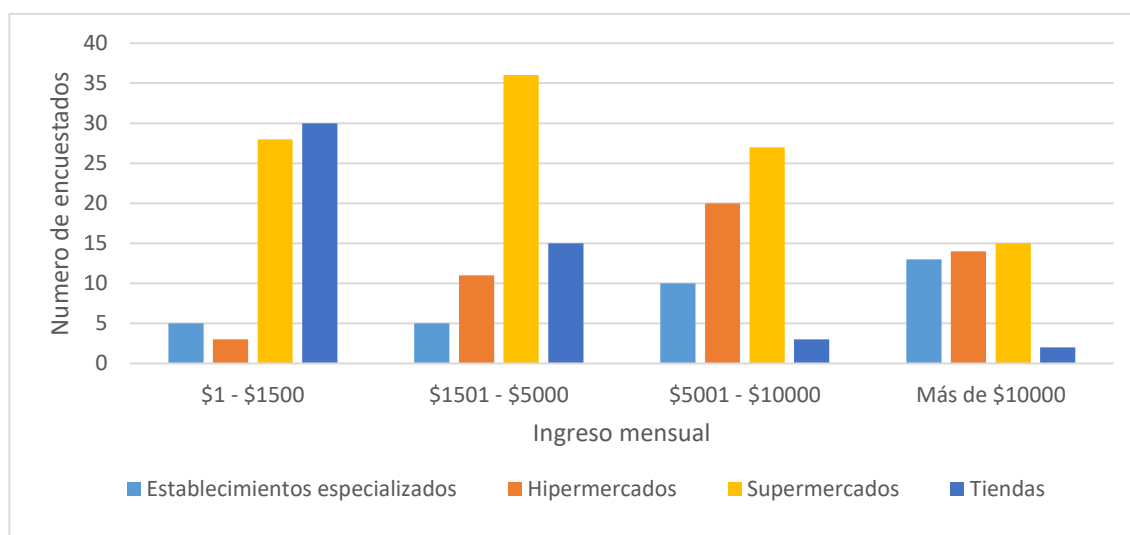


Figura 10. Lugares comerciales empleados para la adquisición de compra de cremas untables.

Segovia-López, Albornoz- Gotera y Ortega-Soto (2007), reportaron que el nivel de ingresos está asociado de manera positiva con la elección del lugar de compra de alimentos frescos lo que en este estudio se asocia con el tipo de conservación

(almacenamiento) que se le da a la crema que mayoritariamente es refrigeración (59.83 %), costo que solo los de mayor ingreso pueden pagar, el resto de los consumidores adquieren cremas sin ninguna conservacion, es decir a temperatura ambiente.

La frecuencia de consumo diaria es del 1.67 %, tan solo el 23.33 % de los encuestados consumen una vez a la semana y el 26.67 % una vez al mes; el consumo de cremas untables es mayoritariamente menor a menos de una vez al mes (33.75 %). La frecuencia de consumo está relacionada con el nivel de ingresos, los consumidores con menor ingreso consumen menos de una vez al mes y los de mayor ingreso lo hacen al menos una vez por semana (Figura 11).

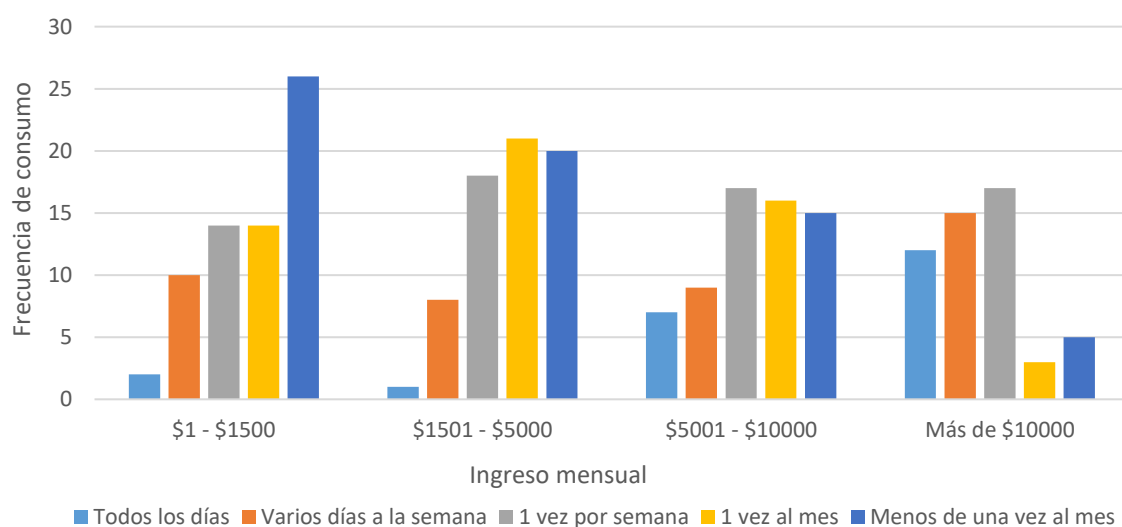


Figura 11. Frecuencia de consumo de acuerdo al ingreso mensual.

Los resultados de la Figura 12 muestran que el desayuno es el momento con mayor frecuencia (45 %) en el que se suelen comer las cremas aunque algunos combinan éste momento con la cena (23.75 %). Shakerardekani, Karim, Ghazali, y Chin (2013) mencionan que el desarrollo de cremas de frutos secos podría aumentar los usos alimentarios de las nueces y proporcionar a los consumidores a un bocadillo para el desayuno más sano.

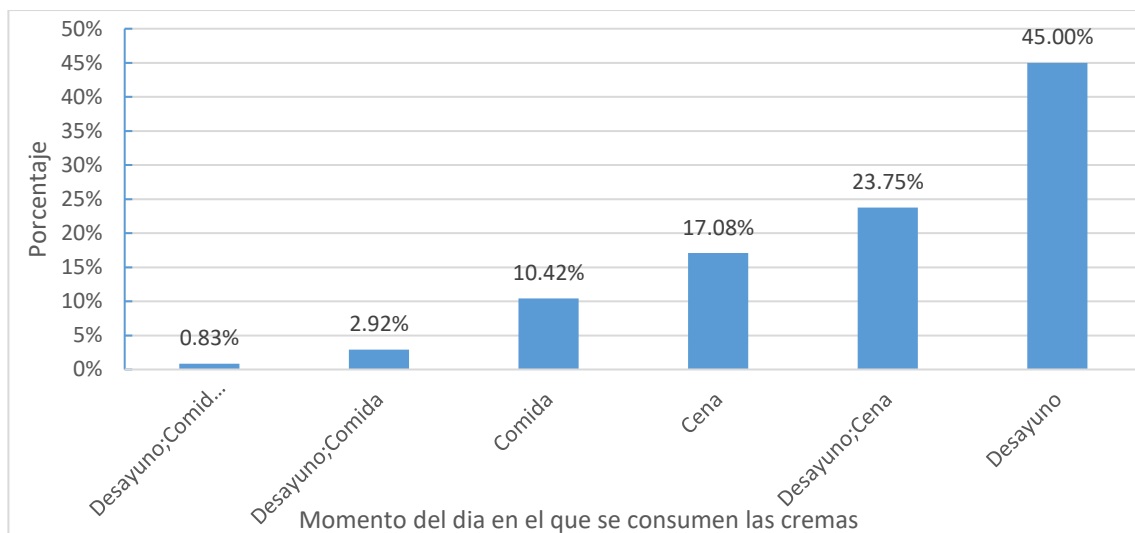


Figura 12. Momento del día en el que se consumen las cremas unttables.

Las razones aducidas por los consumidores al momento de elegir la compra de cremas son el sabor y la apariencia, posteriormente el sello de calidad y ser un producto natural; otros aspectos como la marca y el tipo de envase poseen una menor importancia (Figura 13). Según Glanz, Basil, Maibach, Goldberg y Snyder (1998), los consumidores compran principalmente alimentos y bebidas en función de su sabor esperado. Shepherd (2006), encontró que los factores clave que afectan las decisiones de compra de productos frescos son la apariencia, la frescura y el precio.

En algunos estudios se ha encontrado que es más probable que los hogares con un estatus socioeconómico más bajo vivan en escasez de alimentos y compren alimentos menos saludables (Handbury & Weinstein, 2016). En la Figura 13 se observa que los consumidores encuestados le confieren la misma importancia a un alimento nutritivo que los de mayor ingreso además se preocupan por un producto amigable con el medio ambiente.

Los atributos relacionados con el medio ambiente están fuertemente vinculados a una dimensión social (Aprile, Caputo, & Nayga, 2012); los individuos que están interesados en tales atributos generalmente son impulsados por una preocupación social y le dan mayor importancia a la utilidad social que puede derivarse en un consumo sostenible (Haws, Winterich, & Naylor 2014). Wheeler, Gregg, y Singh (2019) mencionan que las opciones de compra de alimentos orgánicos son producto de la preocupación de los consumidores por el medio ambiente, la seguridad alimentaria y la calidad de los alimentos, además de estar influenciados por los factores sociodemográficos, las presiones sociales y la identidad. De acuerdo a Reisch, Eberle, y Lorek (2013) la mayor demanda de alimentos amigables con el medio ambiente se relaciona con un mayor interés en el uso sostenible de los recursos y, en consecuencia, el bienestar futuro. De Marchi et al. (2016) encontraron que el consumo sostenible de alimentos está adquiriendo un interés creciente entre los consumidores, resultados que se ven relacionados con el cuidado al medio ambiente.

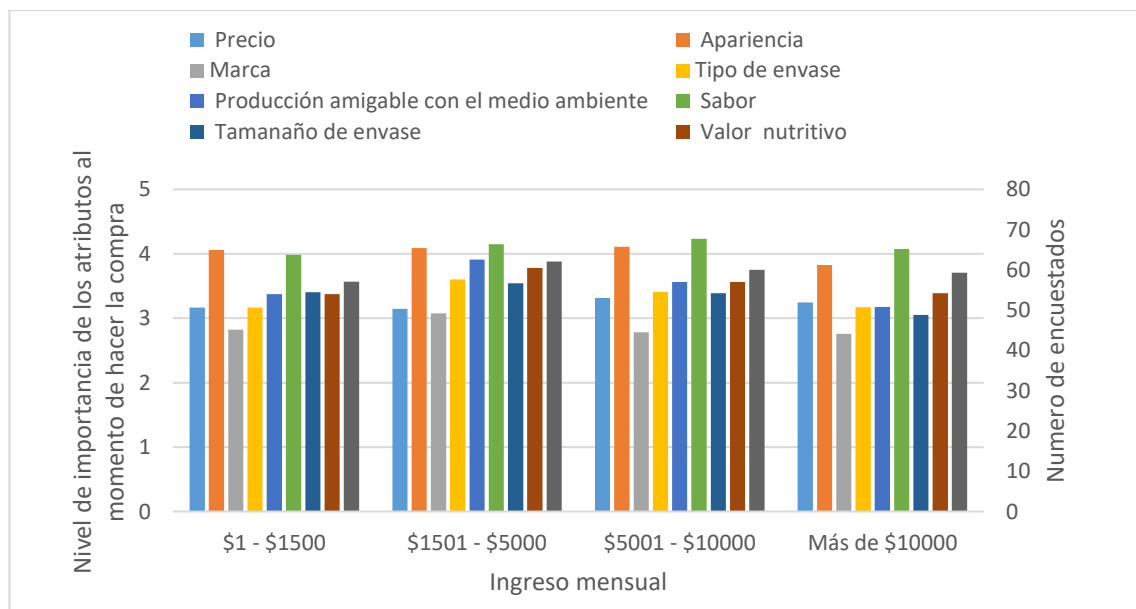


Figura 13. Nivel de importancia (5=Muy importante, 0=nada importante) de algunas características que poseen las cremas de acuerdo al nivel de ingresos.

6.4.2 Experimento de elección

El modelo logit condicional para predecir la utilidad que el individuo n obtiene de la alternativa i (i = opción A u opción B) se define como:

$$U_j^n = \alpha + \beta_1(PRECIO_j) + \beta_2(TIPO_j) + \beta_3(FUNCIONALIDAD_j) + \beta_4(PRODUCCIÓN ÉTICA_j) + \varepsilon_{nj}$$

Donde:

α : es la constante específica definida:

= 1 si el individuo elige la opción A o B;

= 0 si el individuo elige la opción C de no compra;

PRECIO = precio del producto i , variable continua;

TIPO:

= + 1 si el producto i es natural;

= - 1 si el producto i tiene conservador.

FUNCIONALIDAD:

= + 1 si el producto i es nutracéutico;

= - 1 si el producto i es no nutracéutico.

PRODUCCIÓN ÉTICA

= + 1 si el producto i tiene sello de pequeños productores;

= - 1 si el producto i no tiene sello.

En Cuadro 25 se muestran los resultados de la estimación del modelo logit condicional. El signo de los parámetros estimados proporciona información sobre el efecto que la presencia de la característica (en variables categóricas) o el aumento (disminución) de una variable continua tiene sobre la probabilidad de elegir un producto que incluya tales atributos.

Cuadro 25. Modelo Logit Condicional: parámetros estimados y disposición al pago (DAP)

Parámetro	Estimación	Error	Pr > Chi ²	DAP
Constante	0.78	0.0003	< 0.0001*	
Precio	0.004	0.0004	< 0.0001*	
Tipo (con conservador)	0.18	0.0496	0.0002*	-46.04
Funcionalidad (no nutracéutico)	0.17	0.0457	0.0001*	-43.75
Producción (con sello de productores)	-0.14	0.0453	0.0018*	35.33
RV (Ratio verosimilitud)	154.35			
McFadden R ²	0.00			
Cragg-Uhler	0.46			

*significativo a una $p \leq 0.05$.

La constante específica es positiva y estadísticamente significativa lo que implica que la derivada de la función de utilidad para cada alternativa de compra (Opción A y B) es mayor a la opción de no compra (Opción C).

En cuanto al grado de ajuste se observa que, aunque el valor no es alto (Mcfadden $R^2 = 0.00$ y Cragg- Uhler $R^2 = 0.47$), los parámetros estimados son individual y conjuntamente significativos ya que los t-ratios y la prueba del ratio de verosimilitud son mayores que los valores críticos correspondientes para el nivel de significación del 5 %. Los coeficientes de determinación anteriores indican que el porcentaje de variación explicado por las variables independientes en el modelo oscila entre un 0 % y 47 %. Los coeficientes de ajuste coinciden con los encontrados por García et al. (2011) Mcfadden $R^2 = 0.14$ y Cragg-Uhler $R^2 = 0.30$.

La disposición al pago para cada atributo, se calculó como el cociente entre el valor estimado de cada atributo y el valor estimado del atributo precio, multiplicado por menos 1 (Cuadro 25). Los resultados indican que los consumidores están dispuestos a pagar un sobreprecio de \$35.33 / 250 g si la crema tiene sello de productores, pero en el caso de que la crema tenga conservador y sea no nutracéutica es necesario realizar un descuento de \$46.042 / 250 g en el caso del primero y de \$43.75 / 250 g. en el caso del segundo.

Considerando el precio medio de mercado encontrado para el análisis de oferta de la crema (\$91.30 / 250 g), la disposición a pagar estimada indica que el precio máximo que los consumidores estarían dispuestos a pagar por una crema que tenga sello de productores sería de \$126.63 / 250 g. (equivalente a un 39 % más). La disposición a pagar más por un sello de pequeños productores de acuerdo a Iweala, Spiller y Meyerding (2019) es el reflejo de los valores principalmente el altruismo, ya que, los mismos autores mencionan que el sello de pequeños productores corresponde a una afirmación ética prosocial que se centra en los beneficios para miembros específicos de la sociedad.

La disposición a pagar más por un alimento natural (sin conservador) es de hasta el 67 % en jugos de naranja naturales (García et al., 2011) y en jugos de granada es de un 20 % sin colorantes ni conservadores (Romano et al., 2016). En alimentos de origen animal se han encontrado disposiciones a pagar de hasta el 30 % por un producto sin aditivos ni conservantes y sin saborizante agregado (Michel, Anders, & Wismer, 2011).

Con respecto al atributo nutracéutico, Lawless, Drichoutis, Nayga, Threlfall y Meullenet (2015) encontraron que el promedio de la disposición a pagar más para alimentos como la mezcla de jugos ricos en nutracéuticos fue de 34 %. Vecchio, Van Loo, y Annunziata (2016) encontraron una mayor disposición a pagar en un yogur fortificado cuando se proporcionaba información sobre los ingredientes funcionales. La disposición del consumidor a pagar por los alimentos funcionales o nutracéuticos depende de la percepción y de sus preocupaciones hacia la salud (Lawless et al., 2015).

6.4.3 Hábitos de compra de cremas untables relacionados con la elección.

Derivado del análisis de componentes principales se aprecia las correlaciones de los atributos de elección (Cuadro 23) con características que son importantes al momento de realizar la compra (Figura 13). Como se observa en la Figura 14 la elección de compra de los consumidores se ve correlacionada positivamente por el costo de producción (atributo de elección). Éstos son considerados como una característica extrínseca determinante en la intención de compra (Ares, Giménez y Deliza, 2010).

El atributo de elección tipo de crema (natural o con conservador) está correlacionada positivamente con las características que sea natural, tipo de envase, valor nutritivo y precio.

El atributo de elección de funcionalidad de la crema (nutracéutico o no nutracéutico) se correlaciona positivamente con una producción amigable con el medio ambiente y negativamente con la apariencia, marca y sabor éstos últimos

tienen la misma correlación negativa con el atributo de elección costos debido que se correlaciona positivamente con el atributo de elección de funcionalidad. En el contexto anterior, al respecto Puhakka, Valve, y Sinkkonen (2017) mencionan que los consumidores generalmente relacionan los alimentos nutraceuticos con un mal sabor y por ende apariencia; debido al ingrediente funcional que se incorpora.

El atributo de elección de producción (con o sin sello de pequeños productores) se correlaciona positivamente con el tamaño del envase y negativamente con el precio y con el valor nutritivo.

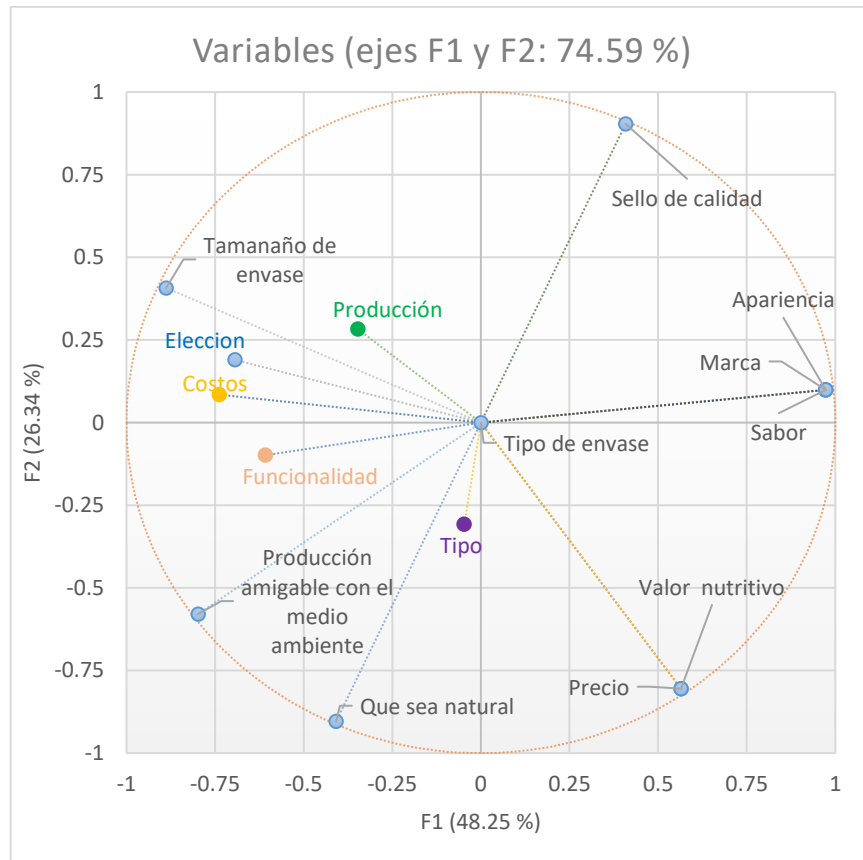


Figura 14. Análisis de componentes principales atributos de elección (●●●●●) y características importantes de las cremas unttables al momento de realizar la compra (●).

6.5 Conclusiones

La frecuencia de consumo de cremas untables en los encuestados está ligada principalmente al nivel de ingresos, los valores encontrados destacan que no se tiene el hábito diario (1.67 %) de consumir estos productos en México.

Es importante resaltar que un nivel de importancia sobresaliente hacia los productos amigables con el medio ambiente se destaca en todos los niveles socioeconómicos, por lo que los resultados reflejan como un hábito de consumo la conciencia ambiental.

El desarrollo de un nuevo producto untable con sello de productores es una alternativa económica de valoración ya que están dispuestos a pagar un 39 % más y el reflejo de un hábito de consumo hacia la conciencia social. El descuento que se debe hacer por productos que tienen conservador y que no son nutraceuticos hacen referencia a la preocupación por parte del consumidor hacia su propia salud.

6.6 Literatura citada

- Aprile, M. C., Caputo, V., & Nayga, R. M. (2012). Consumers' valuation of food quality labels: the case of the European geographic indication and organic farming labels. *International Journal of Consumer Studies*, 36 (2), 158-165
- Ares, G., Giménez, A., & Deliza, R. (2010). Influence of three non-sensory factors on consumer choice of functional yogurts over regular ones. *Food Quality and Preference*, 21, 361-367.
- Barreiro-Hurlé, J., Colombo, S., & Cantos-Villar, E. (2008). Is there a market for functional wines? consumer preferences and willingness to pay for resveratrol-enriched Red wine. *Food Quality and Preference*, 19(4), 360-371.
- Broeck, G., Vlaeminck, P., Raymaekers, K., Velde, K., Vranken, L., & Maertens, M. (2017). Rice farmers' preferences for fairtrade contracting in Benin: Evidence from a discrete choice experiment. *Cleaner production*, 165, 856-854.

- Burton, M., Rigby, D., Young, T., & James, S. (2001). Consumer attitudes to genetically modified organisms in food in the UK. *European Review of Agricultural Economics*, 28(4), 479-498.
- De Marchi, E., Caputo, V., Nayga, R., & Banterle, A. (2016). Time preferences and food choices: Evidence from a choice experiment. *Food Policy*, 62, 99-109.
- Glanz, K., Basil, M., Maibach, E., Goldberg, J., & Snyder, D. (1998). Why Americans eat what they do: Taste, nutrition, cost, convenience, and weight control concerns as influences on food consumption. *Journal of the American Dietetic Association*, 98 (10), 1118-1126.
- Gracia, A., López, B., & Virué, S. (2011). Disposición a pagar por zumos naturales: aplicación de un experimento de elección. *Información técnica económica agraria*, 107(1), 21-32.
- Handbury, J. & Weinstein, D. E. (2014). Goods prices and availability in cities. *The Review of Economic Studies*, 81(4), 1-39.
- Haws, K. L., Winterich, K. P., & Walker Naylor. (2014). Seeing the world through GREEN-tinted glasses: green consumption values and responses to environmentally friendly products. *Journal of Consumer Psychology*, 24 (3), 336-354.
- Hu, W., Veeman, M. M., & Adamowicz, W. L. (2005). Labelling genetically modified food: Heterogeneous consumer preferences and the value of information. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 53(1), 83-102.
- Iweala, S., Spiller, A., & Meyerding, S. (2019). Buy good, feel good? The influence of the warm glow of giving on the evaluation of food items with ethical claims in the U.K. and Germany. *Journal of Cleaner Production*. 215, 315-328.
- James, S., & Burton, M. (2003). Consumer preferences for GM food and other attributes of the food system. Australian. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 47(4), 501-518.
- Lancaster, K., (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74, 132-157.
- Lawless, L., Drichoutis, C., Nayga, M., Threlfall, T., & Meullenet, F. (2015). Identifying product attributes and consumer attitudes that impact willingness-to-pay for a nutraceutical-rich juice product. *Journal of Sensory Studies*, 30 (2), 156-168.
- Linhai-Wu., Shuxian-Wang., Dian-Zhu., Wuyang-Hu., & Hongsha-Wang. (2015). Chinese consumers' preferences and willingness to pay for traceable food quality and safety attributes: The case of pork. *China Economic Review*, 35, 121-136.
- Loureiro, M. L., & Umberger, W. J. (2007). A choice experiment model for beef: What US consumer responses tell us about relative preferences for food

- safety, country-of-origin labeling and traceability. *Food Policy*, 32(4), 496-514.
- Lusk, J. L., Roosen, J., & Fox, J. A. (2003). Demand for beef from cattle administered growth hormones or fed genetically modified corn: A comparison of consumers in France, Germany, the United Kingdom, and the United States. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(1), 16-29.
- McFadden, D. (1974). Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. In P. Zarembka (ed.) *Frontiers in Econometrics*. New York: Academic Press, 105-142.
- Michel, L. M., Anders, S., & Wismer, W. V. (2011). Consumer preferences and willingness to pay for value-added chicken product attributes. *Journal of Food Science*, 76(8), 469-477.
- Naseem, A., Mhlanga, S., Diagne, A., Adegbola P.Y., & Soul-Kifouly, G. M. (2013). Economic analysis of consumer choice based on rice attributes in the food markets of West Africa- the case of Benin. *Food Security*, 5(4), 575-589.
- Puhakka, R., Valve, R., & Sinkkonen, A. (2017). Older consumers' perceptions of functional foods and non-edible health-enhancing innovations. *International Journal of Consumer Studies*, 42, 111-119.
- Reisch, U., Eberle, U., & Lorek, S. (2013). Sustainable food consumption: an overview of contemporary issues and policies. *Sustainability: Science, Practice Policy*, 9 (2), 7-25.
- Romano, R., Dias Bartolomeu Abadio, A., Rosenthal, M., Vinicius Alves, R., & Deliza. (2016). Willingness to pay more for value-added pomegranate juice (*Punica granatum* L.): An open-ended contingent valuation. *Food Research International*, 89, 359-364.
- Rousseau, S., & Vranken, L. (2013). Green market expansion by reducing information asymmetries: Evidence for labeled organic food products. *Food Policy*, 40, 31-43.
- Sepúlveda W. S., Ureta, I., Hernández, G. A., y Solorzano, G. K. (2018). Consumo de plátano en Ecuador: hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR)*, 10(4), 995-1014.
- Shakerardekani, A., Karim, R., Ghazali, H.M., & Chin N.L. (2013). Textural, rheological and sensory properties and oxidative stability of nut spreads—a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 14, 4223-4241.
- Shepherd, A. W. (2006). Quality and Safety in the Traditional Horticultural Marketing Chains of Asia, *Agricultural Management, Marketing and Finance Occasional*. FAO.

- Tonsor, G. T., Schroeder, T. C., Fox, J. A., & Biere, A. (2005). European preferences for beef steak attributes. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 30(2), 367-380
- Vecchio, R., Van Loo, J., & Annunziata, A. (2016). Consumers' willingness to pay for conventional, organic and functional yogurt: Evidence from experimental auctions. *International Journal of Consumer Studies*, 40 (3), 368-378.
- Wheeler, S., Gregg, D., & Singh, M. (2019). Understanding the role of social desirability bias and environmental attitudes and behaviour on South Australians stated purchase of organic foods. *Food Quality and preference*. 74, 125-134.
- Wongprawmas, R., & Canavari, M. (2017). Consumers' willingness-to-pay for food safety labels in an emerging market: The case of fresh produce in Thailand. *Food policy*, 69, 2.

7. INTENCIÓN DE COMPRA Y FACTORES QUE DETERMINAN EL PRECIO EN CREMAS UNTABLES DE PIÑÓN ROSA MEXICANO

7.1 Resumen

El objetivo de este estudio fue investigar la intención, razones de compra y el precio que están dispuestos a pagar los consumidores por una crema natural de piñón. Para la intención de compra se utilizó estadística descriptiva y una prueba de independencia (Chi-cuadrado) con las variables socioeconómicas, encontrándose que los encuestados tienen una respuesta afirmativa a la compra del 36.5 % y probablemente afirmativa del 50.6 %. Las principales razones de compra fueron cremas más saludables, seguido de cremas más nutritivas y de no compra resaltaron razones de más caras y menos seguridad alimentaria.

Posteriormente, se analizó empíricamente la relación entre el precio pagado por los consumidores relacionado con sus atributos sensoriales y de calidad utilizando un modelo de precios hedónicos. Los resultados del estudio mostraron que el precio que están dispuestos a pagar los consumidores (n=247) es de \$126.5 / 250 g atribuido a los atributos sensoriales y de calidad, siendo estadísticamente significativos el color y sin conservador, respectivamente.

Palabras clave: piñón, precios hedónicos, razones de compra, disposición a pagar.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Silvia López Lino.

Director de Tesis: Anastacio Espejel García, Dr.

PURCHASE INTENTION AND FACTORS THAT DETERMINE THE PRICE IN SPREADABLES CREAMS OF MEXICAN PINK PINE NUT

Abstract

The objective of this study was to investigate the intention, reasons for purchase and the price that consumers are willing to pay for a natural pine nut cream. For the purchase intention, descriptive statistics and an independence test (Chi-square) were used with the socioeconomic variables, finding that the respondents have an affirmative response to the purchase of 36.5 % and probably affirmative of 50.6 %. The main reasons for buying were healthier creams, followed by more nutritious creams and non-purchase highlighted more expensive reasons and less food safety.

Subsequently, we empirically analyze the relationship between the price paid by consumers related to their sensory and quality attributes using a hedonic price model. The results of the study showed that the price that consumers are willing to pay ($n = 247$) is \$ 126.5 / 250 g attributed to sensory and quality attributes, with color being statistically significant and without conservative, respectively

Keywords: pine nut, hedonic prices, reasons for purchase, willingness to pay

Thesis: Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Silvia López Lino
Advisor: Anastacio Espejel García, Dr.

7.2 Introducción

Antes de lanzar un nuevo producto es necesario investigar el mercado, determinar si el consumidor lo compraría o no, además, es importante partir de las razones o motivos de compra para estipular el precio. La intención de compra de los consumidores, especialmente, de nuevos productos alimenticios depende no solo de los atributos del producto sino también de las características sociodemográficas y personales, así como de las razones o motivos de compra dentro de la sociedad (Alemu & Olsen, 2018). Por lo tanto, el principal impulsor de los consumidores en la intención de compra, serían sus motivos o razones de elección de alimentos.

Las características del consumidor también influyen en cómo el individuo decide la elección de alimentos. Por lo tanto, el género, la edad, el nivel de ingreso disponible, la actitud hacia los problemas saludables, el nivel de educación y el conocimiento pueden decidir cómo se procesa la imagen de un producto en la situación de elección (Bower, Saadat y Whitten, 2003).

La demanda de las cremas untables ha incrementado en los últimos años, por lo cual este estudio se basa en un análisis de mercado dado el desconocimiento que existe entre los consumidores sobre los diferentes atributos de este nuevo producto. El objetivo de este trabajo de investigación fue analizar la intención, razones de compra y el precio que los consumidores están dispuestos a pagar por una crema a base de piñón.

La función de precios hedónicos se ha empleado ampliamente para determinar los precios implícitos de los atributos de los alimentos y bebidas sobre todo en el pescado y el vino (Costanigro y McCluskey, 2011), también en bebidas naturales de frutas (Szathvary, & Trestini, 2014) y hasta en leche UHT (Bimbo, Bonanno, Liu, & Viscecchia, 2018). Recientemente se han utilizado para determinar primas de precios para alimentos orgánicos en lechuga (Xu, Loke, & Leung, 2015), tomate (Keahiolalo, 2013), aceite de oliva extra virgen (Cavallo, Caracciolo, Cicia, & Del Giudice, 2018) y en leche (Loke, Xu, & Leung, 2015).

El enfoque metodológico de precios hedónicos está tomado de la teoría de la demanda de Lancaster (1966), que establece que los consumidores obtienen utilidad directamente de las características o atributos de calidad incorporados en un producto en lugar de hacerlo desde el propio producto. Posteriormente, Rosen (1974) desarrolló un modelo teórico que demuestra que el precio observado de un producto puede considerarse como la suma de los precios asociados con cada uno de sus atributos de calidad. Si bien estos precios no se expresan explícitamente en el mercado, pueden estimarse empleando un modelo de regresión, el modelo de precios hedónicos es capaz de expresar el precio de un producto (directamente observable) en función de sus características de calidad (directa o indirectamente observable) (Bimbo et al., 2018).

Según la formulación de Rosen (1974), un modelo de precios hedónicos se puede especificar de la siguiente manera:

$$P(Z) = P(z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n)$$

Donde P es el precio de un producto y $Z = z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n$ es un vector de n atributos medidos objetivamente que describen completamente la calidad del producto.

Después de estimar la función de precio hedónico, una derivada parcial con respecto al atributo j , $\partial P(Z)/\partial z_j$, puede interpretarse como el precio implícito o sombra del atributo específico j .

7.3 Materiales y métodos

7.3.1 Fuente de datos

Se realizaron encuestas por medio de internet utilizando el formulario de google siguiendo un muestreo no probabilístico de bola de nieve. El cuestionario se estructuró en cuatro partes: 1) hábitos de consumo y compra de cremas untables, 2) intención de compra, 3) disposición a pagar y 4) características sociodemográficas.

Intención de compra

En la segunda sección de cuestionario se les hizo la pregunta: En el futuro ¿cree usted que compraría crema untable de piñón natural? Planteándose las siguientes cinco respuestas: Sí, Probablemente sí, No lo sé, Probablemente no, No. En seguida, para determinar las razones de compra se les proporcionaron siete afirmaciones sobre cremas naturales y se les pidió que marcaran su nivel de acuerdo o desacuerdo que tenían, utilizando una escala Likert de cinco puntos (1=Muy en desacuerdo, 2=En desacuerdo, 3=Indiferente, 4=De acuerdo y 5=Muy de acuerdo).

Precios hedónicos

En la sección de disposición a pagar se incluyó información sobre la valoración que las personas entrevistadas asignaban a los diferentes atributos de la crema que podían adquirir resaltando características propias de la semilla de piñón en el mercado. Para evaluar estos atributos se utilizó una escala de Likert de 1 a 5, donde 5 indicaba el máximo nivel de valoración de acuerdo a la importancia percibida y al final se les pidió asignaran un precio en función de la valoración que habían registrado.

7.3.2 Selección de características y definición de variables

Intención de compra

Razones de compra

Las afirmaciones planteadas fueron las que a continuación se indican:

1. Las cremas naturales son más sabrosas.
2. Las cremas naturales son más saludables.
3. Las cremas naturales son más caras.
4. Las cremas naturales son más fáciles de digerir.
5. Las cremas naturales son más nutritivas.
6. Las cremas naturales ofrecen más seguridad alimentaria.
7. Las cremas naturales dan buena imagen social.

Precios hedónicos

En el Cuadro 26 se muestran las variables que se utilizaron en la ecuación de precios hedónicos. Primero se desglosan los atributos que permiten diferenciar la crema untable de piñón del resto, basándonos en la formulación que se ha desarrollado en esta investigación. Se buscó una medición percibida por el consumidor ya que es la que realmente determina el comportamiento del consumo.

Cuadro 26. Variables determinadas para el modelo de precios hedónicos basadas en la formulación de la crema untable de piñón.

Variable dependiente	Descripción
Precio: precio pagado por 250 g.	Crema untable de piñón
Variables explicativas	Descripción
Características del producto	
Color: típico de la semilla (rosado)	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)
Sabor: típico de la semilla (piñón)	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)

Aroma: típico de la semilla (piñón)	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)
Cremosidad	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)
Untabilidad	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)
Aporte de proteínas	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)
Tipo de grasa	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)
Contenido en grasa	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)
Apariencia aceitosa	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)
Separación de aceite	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)
Conservador	Percepción del consumidor medida en una escala de Likert de 1 a 5 (1=poco importante ,...5= muy importante)

7.3.3 Análisis estadístico

Para la intención de compra se utilizó estadística descriptiva y una prueba de independencia (Chi-cuadrado) con las variables socioeconómicas, el análisis de precios hedónicos se determinó mediante un modelo de regresión lineal.

7.4 Resultados y discusión

7.4.1 Intención de compra

Caracterización del consumidor con respecto a la intención de compra de crema untable de piñón natural

Intención de compra y género del decisor

Como se aprecia en el Cuadro 27 del total de encuestados (241) el 50.6 % selecciona la opción de probablemente sí a la compra de la crema y un 36.5 % afirmo comprarla, de los encuestados sobresale el género femenino quien tiene los mayores porcentajes de adquirir un nuevo producto alimenticio (57.7 %).

Cuadro 27. Tabla de contingencia intención de compra*género del decisor

<i>Intención de compra</i>	Género (%)		Total
	<i>Femenino</i>	<i>Masculino</i>	
No lo sé	6.6	4.6	11.2
Probablemente no	0.4	1.2	1.7
Probablemente sí	27.0	23.7	50.6
Sí	30.7	5.8	36.5
Total	64.7	35.3	100.0

Arganini, Saba, Comitato, Virgili, y Turrini (2012), afirman que las diferencias de género en cuanto a la intención de compra de productos naturales, se encuentran en cuatro áreas: hábitos alimenticios, conciencia de salud, comportamiento alimentario y control de peso. Pearcey y Zhan (2018), mencionan que las mujeres en general son más conscientes de las implicaciones de los alimentos para la salud, más conscientes de los beneficios de comer alimentos saludables, tienen más probabilidades de ser comedores restringidos y más probabilidades de utilizar los alimentos como una herramienta de control de peso. Por otro lado, los consumidores masculinos, están menos orientados a las dietas saludables y al consumo sostenible que las mujeres (Cholette, Özlük, Özşen, & Ungson, 2013).

Intención de compra y edad del decisor

Dentro de los encuestados se encontraron cuatro rangos de edad de los cuales el mayor porcentaje tienen entre 20 y 30 años (77.6 %), seguido de 31 a 40 (18.8 %) y el menor porcentaje es de las personas mayores a 50 (2.5 %) como se observa en el Cuadro 28. El mayor porcentaje de respuesta afirmativa de intención de compra es del 29.5 % y con mayor probabilidad a comprar es del 39 % porcentajes encontrados en el rango de edad de 20-30 años.

Cuadro 28. Tabla de contingencia intención de compra*edad del decisor.

<i>Intención de compra</i>	Rangos de edad en años (%)				Total
	20-30	31-40	41- 50	>50	
No lo sé	7.9	2.1	0.4	0.8	11.2
Probablemente no	1.2	0.0	0.0	0.4	1.7
Probablemente sí	39.0	9.5	1.7	0.4	50.6
Sí	29.5	4.1	2.1	0.8	36.5
Total	77.6	15.8	4.1	2.5	100.0

Los motivos para la elección e intención de compra de alimentos cambian con la edad (Kumpulainen, Vainio, Sandell, & Hopia, 2018). Demory-Luce et al. (2004) mencionan que durante la transición de la edad joven a la adulta (19 a 28 años), la calidad general de la dieta tiende a disminuir, sin embargo, actualmente nuestros resultados demuestran lo contrario.

Intención de compra y nivel de estudios del decisor

En el Cuadro 29 se aprecia el nivel de estudios superior corresponde mayoritariamente al 56.4 % de los encuestados, seguido está el posgrado (18.3 %) y existe un 1.2 % de encuestados sin estudios. La intención de compra afirmativa corresponde al 36.5 % de los cuales un 21.6 % son de nivel superior.

Cuadro 29. Tabla de contingencia intención de compra*nivel de estudios del decisor.

<i>Intención de compra</i>	Nivel de estudios (%)					Total
	<i>Básica</i>	<i>Media superior</i>	<i>Superior</i>	<i>Posgrado</i>	<i>S/E</i>	
No lo sé	0.8	1.2	2.1	7.1	0.0	11.2
Probablemente no	0.0	0.4	0.8	0.0	0.4	1.7
Probablemente sí	2.5	10.4	32.0	5.4	0.4	50.6
Sí	1.7	7.1	21.6	5.8	0.4	36.5
Total	5.0	19.1	56.4	18.3	1.2	100.0

La intención de compra se ve relacionada con la cantidad de información que los encuestados tengan (Varela & Fiszman, 2013), a menudo, a pesar de la gran cantidad de información que esta fácilmente disponible, las personas con menor grado académico o sin estudios no toman la iniciativa para encontrar esa información y formar sus propios criterios, nuestros resultados muestran que el nivel de estudios influye directamente sobre la intención de compra.

Intención de compra y ocupación del decisor

Como se muestra en el Cuadro 30 se encontraron cinco ocupaciones de los encuestados, un 30.7 % son estudiantes, el 28.2 % son empleados no de gobierno y su contraparte equivale al 16.2 % siendo mayor que éstos últimos, el porcentaje de personas que trabaja por su cuenta (18.3 %), además también existen en menor porcentaje personas que son amas de casa (6.6 %). El mayor porcentaje de intención de compra afirmativa está prácticamente distribuida de la misma manera entre empleados de gobierno (12.4 %) y estudiantes (10.4 %).

Cuadro 30. Tabla de contingencia intención de compra*ocupación del decisor.

<i>Intención de compra</i>	Ocupación (%)					Total
	<i>Empleado (no de gobierno)</i>	<i>Empleado de gobierno</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Amas de casa</i>	<i>Trabaja por su cuenta</i>	
No lo sé	1.2	1.2	5.4	0.8	2.5	11.2
Probablemente no	0.0	0.0	0.8	0.4	0.4	1.7
Probablemente sí	14.5	7.1	14.1	2.5	12.4	50.6
Sí	12.4	7.9	10.4	2.9	2.9	36.5
Total	28.2	16.2	30.7	6.6	18.3	100.0

La ocupación de los encuestados es un factor delimitante en el lanzamiento de este nuevo producto natural, debido a que, se busca que las personas que lo compren tengan la experiencia para generar una respuesta de compra razonable, Jones, (2018) y Walsh, Meagher-Stewart y MacDonald, (2015), mencionan que las amas de casa prefieren elegir alimentos saludables para sus hijos, por lo que son consideradas las responsables directas de las compras, aunque en nuestros resultados las amas de casa tienen el menor porcentaje de respuestas.

Con los resultados de ocupación nuevamente se puede atribuir la intención de compra de la crema untada de piñón natural a personas informadas, pues hay un mayor número de encuestados que tienen por ocupación ser estudiantes.

Intención de compra y nivel de ingreso del decisor

De acuerdo a Cuadro 31 se encontraron cuatro niveles de ingresos el mayor porcentaje (36.1 %) equivale al rango de \$ 5001 a \$ 10000, seguido está el rango de ingresos de \$ 1501 a \$ 5000 con el 26.6 %, por otro lado el menor porcentaje (16.6 %) equivale al menor ingreso \$1 a \$1500. Los encuestados con un ingreso de \$5001 a \$10000 son los que tienen el mayor porcentaje de intención de compra afirmativa (17.4 %).

Cuadro 31. Tabla de contingencia intención de compra*nivel de ingresos del decisor.

<i>Intención de compra</i>	Rangos de nivel de ingresos en pesos (%)				Total
	<i>1 - 1500</i>	<i>1501 - 5000</i>	<i>5001 -10000</i>	<i>Más de 10000</i>	
No lo sé	3.3	3.7	1.7	2.5	11.2
Probablemente no	0.8	0.4	0.4	0.0	1.7
Probablemente sí	8.3	14.9	16.6	10.8	50.6
Sí	4.1	7.5	17.4	7.5	36.5
Total	16.6	26.6	36.1	20.7	100.0

Kornelis, Van Herpen, Van der Lans, y Aramyan (2010), encontraron que de acuerdo al nivel de ingresos es la elección de comprar o consumir productos naturales, resaltando que las personas de mayores ingresos buscan alimentos

naturales que beneficien principalmente a la salud pero también al control de peso.

En el Cuadro 32 se resumen los resultados de las distintas pruebas de independencia (chi-cuadrado) entre las variables descritas anteriormente (tablas de contingencia). Concluyéndose que todas las variables se encuentran asociadas con la intención de compra de los consumidores de crema untada de piñón rosa mexicano natural a un nivel de significancia del 5 %.

Cuadro 32. Prueba Chi-cuadrado de independencia entre las variables socioeconómicas ($\alpha = 0.05$) para cada una de las categorías de intención de compra de una crema natural de piñón.

Variable	Grados de libertad	Nivel de significancia	H ₀ = Existe independencia entre las variables
Género	3	< 0.0001	Rechazada
Edad	9	0.048	Rechazada
Nivel de estudios	12	< 0.0001	Rechazada
Ocupación	12	0.031	Rechazada
Nivel de ingresos	9	0.047	Rechazada

En un estudio realizado por Román, Sánchez-Siles, y Siegrist, (2017), se demostró que la compra de alimentos naturales es más alta para los consumidores mayores y para las mujeres en comparación con sus contrapartes más jóvenes y hombres.

Van der Zanden, Van Kleef, De Wijk, y Van Trijp (2015) encontraron que el efecto del género depende de la combinación del nutriente y el beneficio de salud. Sin embargo, la intención de compra se atribuye generalmente al género femenino, como se observó anteriormente en los resultados, esto se debe a que tienen un mayor interés por alimentos saludables y por la salud en general (Siró, Kápolna, Kápolna, & Lugasi, 2008; Bech-Larsen & Scholderer, 2007). Aunque, otros estudios no demostraron efectos importantes de género en la actitud del consumidor hacia los alimentos naturales y funcionales (Urala & Lähteenmäki, 2007).

En cuanto a la edad Caparros-Megido et al. (2016) encontraron que los jóvenes tienen más probabilidades de aceptar alimentos nuevos. Sin embargo, varios estudios mencionan que las personas mayores están más preocupadas por salud que buscan alimentos nuevos que mejoren y mantengan su condición de vida, por lo que están dispuestos a probarlos y comprarlos (Caparros-Megido et al. 2014; Tan Van den Berg, & Stieger, 2016) ya que son más cautelosos y críticos (Puhakka, Valve, & Sinkkonen, 2017). Con respecto al nivel de estudios se ha encontrado que las personas mejor educadas tienen más probabilidades de comprar productos orgánicos que las personas que tienen una menor educación (Dimitri & Oberholtzer, 2009), tal y como se corrobora en este estudio, en donde la respuesta afirmativa a la compra corresponde al nivel superior.

Vilela et al. (2015), Emmett y Jones (2015) y Durão et al. (2017), relacionan el género y el nivel de estudios con la intención de compra de alimentos naturales, resaltando la relación entre la educación superior materna y un patrón dietético más saludable para sus hijos.

La ocupación y el nivel de ingresos son variables que van de la mano, la segunda siempre dependerá de la primera y ambas tienen que ver con la intención de compra. Nuestros resultados de intención de compra afirmativa no corresponden al mayor ingreso sino más bien son un segmento de ingresos entre el más alto y el más bajo, Fotopoulos y Krystallis (2002) indican que algunos segmentos de menores ingresos parecen ser compradores más arraigados. Yiridoe, Bonti-Ankomah, y Martin, (2005), informan que el ingreso no es una variable significativa para explicar las diferencias en el comportamiento de compra de los compradores y no compradores de productos naturales y orgánicos.

Razones de compra

Como se observa en la Figura 15 la intención de compra afirmativa está de muy de acuerdo con las razones de compra establecidas, los consumidores que dijeron probablemente sí, están de acuerdo con la razón atribuida a cremas más saludables, seguido de cremas más nutritivas.

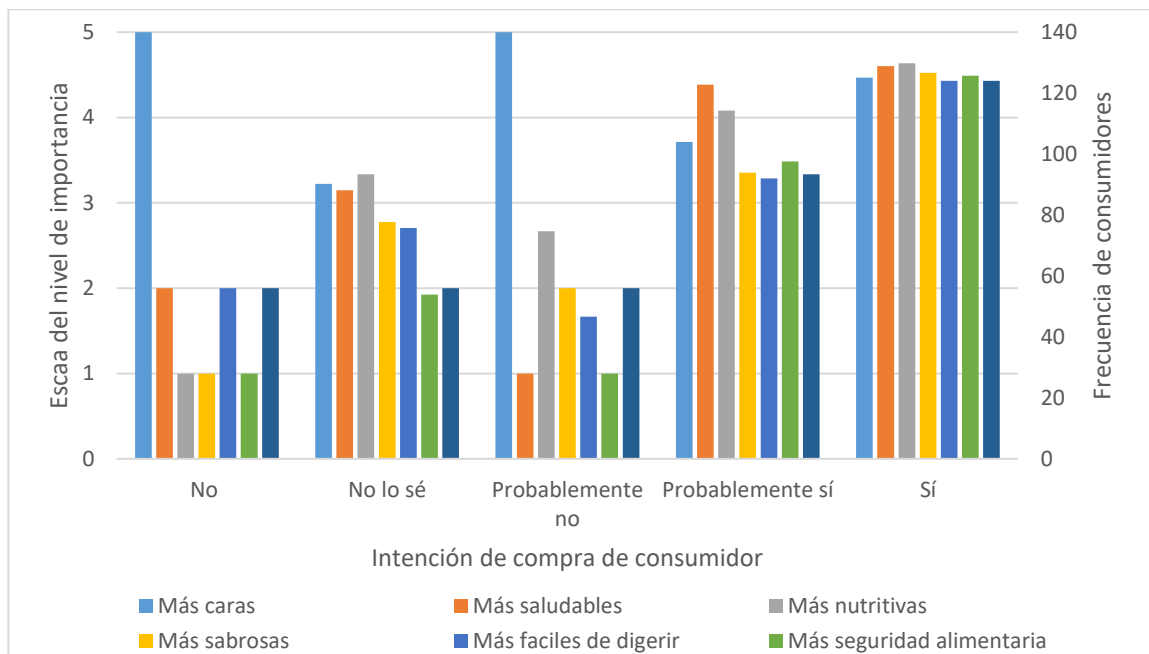


Figura 15. Razones que determinan la intención de compra de crema untada de piñón natural y el nivel de importancia (1=Muy en desacuerdo, 2=En desacuerdo, 3=Indiferente, 4=De acuerdo y 5=Muy de acuerdo).

Kihlberg y Risvik, (2007) y De Magistris y Gracia (2008) mencionan que el mayor valor nutricional percibido de los alimentos es un importante impulsor de la demanda, las compras de alimentos con propiedades nutricionales y saludables están aumentando, especialmente en consumidores conscientes de la salud (Mai & Hoffmann, 2012). En cuanto a seguridad y sabor, Padel y Foster (2005), encontraron que éstos son factores motivadores importantes para comprar alimentos. En general la mayoría de nuestros encuestados que tienen una respuesta afirmativa o probablemente afirmativa tienen razones de compra de alimentos que siguen una tendencia a probar nuevos productos alimenticios.

Los consumidores que respondieron no lo sé tienen un nivel de opinión indiferente para cremas más caras, más saludables y nutritivas. Las respuestas negativas y de probablemente no, están muy en desacuerdo con las razones

ligadas a cremas con seguridad alimentaria y más sabrosas, además están muy de acuerdo con la razón de que las cremas naturales son más caras. Éstos encuestados tienen una orientación de prevención (tendencia a preferir productos conocidos y seguros). Algunos estudios destacaron a la seguridad de los alimentos como los impulsores de la demanda Kihlberg y Risvik, 2007, la seguridad alimentaria ha sido identificada como un motivador clave en el aumento del consumo de alimentos orgánicos (Van Loo, Diem, Pieniak, & Verbeke, 2013; Wongprawmas y Canavari, 2017). Con respecto al precio, éste es considerado como una barrera importante para la compra de alimentos naturales (Tsakiridou, Boutsouki, Zotos, & Mattas, 2008; Kornelis et al., 2010). Bower et al. (2003) argumentaron que los beneficios potenciales para la salud de los consumidores pueden aumentar el precio de dichos productos.

Además los consumidores mencionados anteriormente reflejan una ideología que vincula a los alimentos naturales con un mal sabor, en ese contexto Raghunathan, Naylor, y Hoyer (2006), mencionan que generalmente los alimentos que tienen un sabor desagradable, son buenos para nuestra salud. Vella, Stratton, Sheeshka, y Duncan (2013), resaltan que muy pocos consumidores están dispuestos a comprar alimentos funcionales que tengan un sabor inferior al de sus contrapartes no funcionales.

En general nuestros resultados coinciden con lo reportado por Bower et al. (2003) quienes mostraron que la razón principal para "comprar" y "no comprar" un producto untado con la provisión de beneficios para la salud era "saludable" y "precio alto", respectivamente.

7.4.2 Precios hedónicos

En el Cuadro 33 se resumen los resultados de las distintas pruebas de independencia (chi-cuadrado) entre las variables socioeconómicas descritas anteriormente con relación al precio. Concluyéndose que únicamente la edad, se encuentra asociada con el precio hedónico que están dispuestos a pagar los

consumidores de crema untable de piñón rosa mexicano natural a un nivel de significancia del 5 %.

Cuadro 33. Prueba Chi-cuadrado de independencia entre las variables socioeconómicas ($\alpha = 0.05$) para cada una de las categorías de intensidad de compra de una crema natural de piñón.

Variable	Grados de libertad	Nivel de significancia	H ₀ = Existe independencia entre las variables
Género	10	0.331	aceptada
Edad	30	0.008	rechazada
Nivel de estudios	40	0.397	aceptada
Ocupación	40	0.410	aceptada
Nivel de ingresos	30	0.642	aceptada

De acuerdo a la literatura el precio se ve vinculado a la edad del consumidor (Font i Furnols et al., 2011). Magnusson, Arvola, Koivisto Hursti, Åberg, y Sjöden (2001) encontraron que, en Suecia, los consumidores más jóvenes tienen actitudes más positivas hacia los productos orgánicos que los consumidores mayores, un estudio más reciente encontró que aproximadamente la mitad de los adultos jóvenes reportaron una importancia de moderada a alta en las opciones del precio de alimentos orgánicos (Pellatier, Laska, Neumark-Sztainer, y Story, 2013).

En el Cuadro 34 se puede apreciar que el precio medio que los consumidores están dispuestos a pagar, por una crema untable de piñón natural es de \$126.5 / 250 g, teniendo \$50 / 250 g como precio mínimo y hasta \$300 / 250 g como máximo.

Cuadro 34. Variables y sus estadísticas descriptivas utilizadas en el modelo de precios hedónicos

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Precio	50	300	126.53	35.665
Color rosado	1	5	3.00	0.841
Sabor a piñón	3	5	4.66	0.516
Aroma a piñón	1	5	3.89	1.094
Cremosidad	1	5	3.92	1.091
Untabilidad	3	5	4.23	0.824
Aporte de proteínas	2	5	4.38	0.694
Tipo de grasa (insaturada)	3	5	4.46	0.610

Baja apariencia aceitosa	1	5	3.38	0.894
Sin conservador	1	5	3.72	1.010
Baja cantidad de grasa	1	5	3.91	1.019
Baja separación de aceite	1	5	3.58	0.979

En la Figura 16 se muestra la correlación entre los elementos de elección y el precio hedónico, mostrando una correlación positiva con el color rosado, seguido del aroma a piñón, untabilidad, cremosidad y el sabor a piñón elementos que se consideran como atributos sensoriales. La correlación del precio con el resto de los elementos también es positiva pero menor, dentro de éstos elementos existen atributos que tiene que ver con la calidad del producto, en la Figura 16 se aprecia que no existen correlaciones negativas (en el cuadrante contrario al del precio).

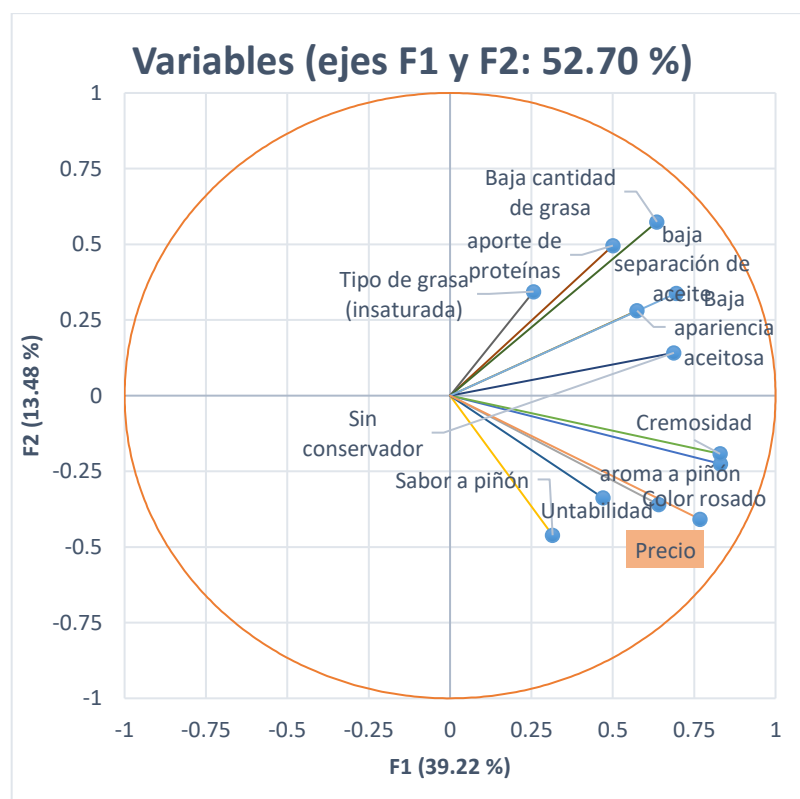


Figura 16. Correlaciones entre los elementos relacionados (●) con el precio hedónico de una crema natural de piñón.

De acuerdo a Stefani, Romano, y Cavicchi (2006), los atributos sensoriales medidos a través de escalas hedónicas están correlacionados positivamente con

el precio y disposición a pagar. En otro estudio se encontró que las características sensoriales de textura y sabor en alimentos se correlacionan positivamente con el precio y la preferencia por parte de los consumidores (Cavallo, Caracciolo, Cicia, & Del Giudice, 2018).

El modelo de estimación del precio hedónico de la crema untable de piñón natural es estadísticamente significativo ($P < 0.0001$), además, muestra que la bondad de ajuste, explica aproximadamente el 67 % de la variación del precio. En el Cuadro 35 se muestran 11 elementos relacionados con el precio hedónico, los primeros cinco se refieren a los atributos sensoriales, de éstos el color rosado, el aroma a piñón, la cremosidad y la untabilidad son estadísticamente significativos ($P < 0.05$). Los siguientes seis elementos corresponden a atributos de calidad, de éstos son estadísticamente significativos ($P < 0.05$) tres, el atributo sin conservador, la baja cantidad de grasa y la baja separación de aceite.

Cuadro 35. Estimación de los parámetros hedónicos en función del precio de la crema untable de piñón natural.

Fuente	Coeficientes	Error estándar	Pr > t
Intersección	-40.06	16.34	0.015*
Color rosado	15.34	1.94	< 0.0001*
Sabor a piñón	3.24	2.79	0.247
Aroma a piñón	8.09	2.16	0.000*
Cremosidad	5.03	2.21	0.024*
Untabilidad	6.29	1.87	0.001*
Aporte de proteínas	1.94	2.45	0.428
Tipo de grasa (insaturada)	3.93	2.49	0.115
Baja apariencia aceitosa	-0.32	1.97	0.869
Sin conservador	5.22	1.71	0.003*
Baja cantidad de grasa	-8.93	1.93	< 0.0001*
Baja separación de aceite	4.95	1.93	0.011*
R ²	0.67		
Pr>t	< 0.0001		

*significativo a una $p \leq 0.05$.

De las variables significativas, el modelo nos muestra que el color rosado tiene una mayor influencia sobre el precio, esto significa que cada vez que aumente 1 % esa variable, el precio aumentará 15 pesos, lo mismo sucede con el aroma a

piñón, la untabilidad, cremosidad, una crema sin conservador y la baja separación de aceite que aumentan el precio 8, 6, 5, 5, 4 pesos más, respectivamente. Un resultado poco esperado es el efecto de la variable baja cantidad de grasa, ya que el aumento en 1 % de esta variable disminuirá el precio en 8 pesos.

Bi, House, Gao y Gmitter (2011) encontraron que la apariencia externa tuvo un efecto positivo y estadísticamente significativo en las ofertas; pero este resultado cambió cuando se evaluaron los atributos intrínsecos. De acuerdo a Cavallo et al. (2018) en los alimentos orgánicos los atributos sensoriales ayudan a adquirir un precio superior al de los alimentos convencionales.

El valor significativo del color coincide con lo reportado por Mueller, y Szolnoki, (2010) quienes mencionan que la apariencia del producto se encuentran entre los determinantes de precios más importantes, debido a que es lo primero que llama la atención del consumidor.

De acuerdo Mueller y Szolnoki (2012) y Carlucci, Stasi, Nardone, y Seccia (2013), las características de calidad del alimento son importantes si se presentan en la etiqueta del producto, como el atributo sin conservador en nuestro caso. Es importante resaltar que usualmente los consumidores usan el precio como un indicador o predictor de la calidad y generalmente se puede afirmar que cuanto más alto es el precio/costo de un producto, más probable es que el consumidor perciba o infiera que el producto es de mayor calidad (Campbell, DiPietro, & Remar, 2014).

7.5 Conclusiones

Los encuestados tienen una respuesta afirmativa a la compra del 36.5 % y probablemente afirmativa del 50.6 %. Las principales razones de compra fueron cremas más saludables, seguido de cremas más nutritivas y la opción de no compra correspondió a más caras y menos seguridad alimentaria.

En la compra de una crema natural de piñón, el precio implícito que los consumidores están dispuestos a pagar es de \$126.5 / 250 g que se atribuye a los atributos sensoriales y de calidad, siendo estadísticamente significativos el color y sin conservador, respectivamente.

7.6 Literatura consultada

- Alemu, H. M., Søren, B., & Olsen, B. S. (2018). Linking Consumers' Food Choice Motives to their Preferences for Insect-based Food Products: An Application of Integrated Choice and Latent Variable Model in an African Context. *Journal of Agricultural Economics*, 70, 241-258.
- Arganini, C., Saba, A., Comitato, R., Virgili, F., & Turrini A. (2012). *Gender differences in food choice and dietary intake in modern western countries*. J. Maddock (Ed.), Public health social and behavioral health, INTECH, Rijeka, Croatia, 83-102.
- Bech-Larsen, T., & Scholderer, J. (2007). Functional foods in Europe: Consumer research, market experiences and regulatory aspects. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 231-234.
- Bi, X., House, L., Gao, Z., & Gmitter, F. (2011). Sensory evaluation and experimental auctions: Measuring willingness to pay for specific sensory attributes. *American Journal of Agricultural Economics*, 94, 562-568.
- Bimbo, F., Bonanno, A., Liu, X., & Viscecchia, R. (2016). Hedonic analysis of the price of UHT-treated milk in Italy. *Journal of Dairy Science*, 99, 1095-1102.
- Bower, J. A., Saadat, M. A., & Whitten, C. (2003). Effect of liking, information and consumer characteristics on purchase intention and willingness to pay more for a fat spread with a proven health benefit. *Food Quality and Preference*, 14, 65-74.
- Campbell, J., DiPietro, R. B., & Remar, D. (2014). Local foods in a university setting: Price consciousness, product involvement, price/quality inference and consumer's willingness-to-pay. *International Journal of Hospitality Management*, 42, 39-49.
- Caparros-Megido, R., Gierts, C., Blecker, C., Brostaux, Y., Haubruge, É., Alabi, T., & Francis, F. (2016). Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Quality and Preference*, 52, 237-243.
- Caparros-Megido, R., Sablon, L., Geuens, M., Brostaux, Y., Alabi, T., Blecker, C., ... & Francis, F. (2014). Edible insects acceptance by Belgian consumers:

- Promising attitude for entomophagy development. *Journal of Sensory Studies*, 29, 14-20.
- Carlucci, D., Stasi, A., Nardone, G., & Seccia, A. (2013). Explaining price variability in the Italian yogurt market: a hedonic analysis. *Agribusiness*, 92, 194-205.
- Cavallo, C., Caracciolo, F., Cicia, G., & Del Giudice, T. (2018). Extra-virgin olive oil: Are consumers provided with the sensory quality they want? A hedonic price model with sensory attributes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 1591-1598.
- Cholette, S., Özlük, Ö., Özşen, L., & Ungson, G. R. (2013). Exploring purchasing preferences: Local and ecologically labelled foods. *Journal of Consumer Marketing*, 30, 563-572.
- Costanigro, M., & McCluskey, J. (2011). Hedonic price analysis in food markets', in: J. L. Lusk, J. Roosen and J. F. Shogren (eds.). *The Oxford Handbook of the Economics of Food Consumption and Policy*, 152-180.
- De Magistris, T., & Gracia, A. (2008). The decision to buy organic food products in Southern Italy. *British Food Journal*, 110, 929-947.
- Demory-Luce, D., Morales, M., Nicklas, T., Baranowski, T., Zakeri, I., & Berenson, G. (2004). Changes in food group consumption patterns from childhood to young adulthood: The Bogalusa Heart Study. *Journal of the American Dietetic Association*, 104, 1684-1691.
- Dimitri, C., & Oberholtzer, L. (2009). Marketing U.S. organic foods: recent trends from farmers to consumers. Economic Information Bulletin, No. 58: USDA Economic Research Service. Disponible en: <http://www.ers.usda.gov/Publications/EIB58/EIB58.pdf>
- Durão, C., Severo, M., Oliveira, A., Moreira, P., Guerra, A., Barros, H., & Lopes, C. (2017). Association of maternal characteristics and behaviours with 4-year-old children's dietary patterns. *Maternal & Child Nutrition*, 13 (2), e12278
- Emmett, P. M., & Jones, L.R. (2015). Diet, growth, and obesity development throughout childhood in the Avon longitudinal study of parents and children. *Nutrition Reviews*, 73, 175-206.
- Font i Furnols, M., Realini, C., Montossi, F., Sañudo, C., Campo, M. M., Oliver, M.A., Nute, G.R., & Guerrero, L. (2011). Consumer's purchasing intention for lamb meat affected by country of origin, feeding system and meat price: A conjoint study in Spain, France and United Kingdom. *Food Quality and Preference*, 22, 443-45.
- Fotopoulos, C., & Krystallis, A. (2002). Purchasing motives and profile of the Greek organic consumer: A countrywide survey. *British Food Journal*, 104, 730-765.

- Jones, C. (2018). Restaurant food choices by moms: An exploratory study. *Journal of Foodservice Business Research*, 21(4), 377-393.
- Keahiolalo, K. (2013). Hedonic price analysis of fresh packaged tomatoes in the Honolulu market: An exploratory investigation. MA Capstone, Department of Economics, University of Hawaii at Manoa, Honolulu.
- Kihlberg, I., & Risvik, E. (2007). Consumers of organic foods – value segments and liking of bread. *Food Quality and Preference*, 18, 471-481.
- Kornelis, M., Van Herpen, E., Van der Lans, I., & Aramyan, L. (2010). Using non-food information to identify food-choice segment membership. *Food Quality and Preference*, 2, 512-520.
- Kumpulainen, T., Vainio, A., Sandell, M., & Hopia, A. (2018). The effect of gender, age and product type on the origin induced food product experience among young consumers in Finland. *Appetite*, 123, 101-107.
- Lancaster, K. J. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, 74, 132-157.
- Loke, M. K., Xu, X., & Leung, P. S. (2015). Estimating organic, local, and other price premiums in the Hawaii fluid milk market. *Journal of Dairy Science*, 98, 2824-2830.
- Magnusson, M. K., Arvola, A., Koivisto ursti, U. K., Åberg, L., & Sjöden, L. O. (2001). Attitudes towards organic foods among Swedish consumers. *British Food Journal*, 103, 209-227.
- Mai, R., & Hoffmann, H. (2012). Taste lovers versus nutrition fact seekers: How health consciousness and self-efficacy determine the way consumers choose food products. *Journal of Consumers Behavior*, 11, 316-328.
- Mueller, S., & Szolnoki, G. (2010). Packaging and labeling – do they impact market price? A hedonic price analysis. *Food Quality and Preference*, 20, 40-60.
- Mueller, S., & Szolnoki, G. (2012). Market price differentials for food packaging characteristics. *Food Quality and Preference*, 25, 171-182.
- Padel, S., & Foster, C. (2005). Exploring the gap between attitudes and behaviour. *British Food Journal*, 107, 606-625.
- Pearcey, S. M., & Zhan, G. Q. (2018). A comparative study of American and Chinese college students' motives for food choice. *Appetite*, 123, 325-333.
- Pelletier, J. E., Laska, N.M., Neumark-Sztainer, D., & Story, M. (2013). Positive attitudes toward organic, local, and sustainable foods are associated with higher dietary quality among young adults. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113, 127-132.
- Puhakka, R., Valve, R., & Sinkkonen, A. (2017). Older consumers' perceptions of functional foods and non-edible health-enhancing innovations. *International Journal of Consumer Studies*. 42, 111-119.

- Román, S., Sánchez-Siles, L. M., & Siegrist, M. (2017). The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 44-57.
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82, 34-55.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance a review. *Appetite*, 51, 456-467.
- Stefani, G., Romano, D., & Cavicchi, A. (2006). Consumer expectations, liking and willingness to pay for specialty foods: Do sensory characteristics tell the whole story? *Food Quality and Preference*, 17, 53-62.
- Szathvary, S., & Trestini, S. (2014). A hedonic analysis of nutrition and health claims on fruit beverage products. *Journal of Agricultural Economics*, 65, 505-517.
- Tan, H. S. G., Van den Berg, E. & Stieger, M. (2016). The influence of product preparation, familiarity and individual traits on the consumer acceptance of insects as food, *Food Quality and Preference*, 52, 222-231.
- Tsakiridou, E., Boutsouki, C., Zotos, Y., & Mattas, K. (2008). Attitudes and behaviour towards organic products: An exploratory study. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 36, 158-175.
- Urala, N., & Lähteenmäki, L. (2007). Consumers' changing attitudes towards functional foods. *Food Quality and Preference*, 18, 1-12.
- Varela, P., & Fiszman, S. M. (2013) Exploring consumers' knowledge and perceptions of hydrocolloids used as food additives and ingredients. *Food Hydrocoll.* 30,477–484.
- Van der Zanden, L. D. T., Van Kleef, E., De Wijk, R. A., & Van Trijp, H. C. M. (2015). Examining heterogeneity in elderly consumers' acceptance of carriers for protein-enriched food: A segmentation study. *Food Quality and Preference*, 42, 130-138.
- Van Loo, E., Diem, M. N., Pieniak, Z., & Verbeke, W. (2013). Consumer attitude, knowledge, and consumption of organic yogurt. *Journal of Dairy Science*, 96, 2118-2129.
- Vilela, S., Oliveira, A., Pinto, E., Moreira, P., Barros, H., & Lopes, C. (2015). The influence of socioeconomic factors and family context on energy-dense food consumption among 2-year-old children. *European Journal of Clinical Nutrition*, 69 (1), 47-54.
- Wongprawmas, R., & Canavari, M. (2017). Consumers' willingness-to-pay for food safety labels in an emerging market: The case of fresh produce in Thailand. *Food Policy*, 69, 25-34.

- Xu, X., Loke, M. K., & Leung, P. S. (2015). Is there a price premium for local food? The case of fresh lettuce market in Hawaii. *Agricultural and Resource Economics Review*. 44, 110-123.
- Yiridoe, E.K., Bonti-Ankomah, S., & Martin, R. (2005). Comparison of consumer perceptions and preference toward organic versus conventionally produced foods: A review and update of the literature. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 20,193-205.

CONCLUSIONES GENERALES

El desarrollo tecnológico realizado en esta investigación concerniente a la formulación y estructuración de un producto untable, es una forma adecuada de transformar y valorizar al piñón, obteniéndose una extensión de la semilla de un 64 %, con la disposición a pagar se pudo determinar que un producto con sello de pequeños productores está marcando diferencias en el mercado.

Con la estimación de precios hedónicos los resultados reflejan el interés de la población por la adquisición de productos naturales sin conservador, aunado a productos que conserven y hasta cierto punto potencialicen las características propias de la materia prima con la que este elaborado. Además se resaltó que las principales razones de compra están enfocadas hacia lo saludable, nutritivo y con seguridad alimentaria.

En línea con lo anterior es importante mencionar que el producto elaborado en esta investigación, de acuerdo a los análisis realizados de proximidad y perfil de ácidos grasos tiene en su formulación ácidos grasos benéficos para la salud, sin embargo, es necesario realizar un análisis de su potencial nutracéutico