

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**EFEECTO DE LA CANTIDAD DE GOMA XANTÁN Y EL
TAMAÑO DE PARTÍCULA DE HARINA DE CHOCHO (*Lupinus
mutabilis* S.) EN LA ESTABILIDAD FÍSICA DE UNA SALSA
AGRIDULCE A BASE DE MANGO Y MARACUYÁ.**

Pamela José Mena López

Sara Jacqueline Ron Yandún

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de

Ingenieras en Alimentos

Mayo, 2012

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Efecto de la cantidad de goma xantán y el tamaño de partícula de harina de chocho
(*Lupinusmutabilis* s.) en la estabilidad física de una salsa agridulce a base de
mango y maracuyá.**

Pamela José Mena López

Sara Jacqueline Ron Yandún

**Mario Caviedes, Doctor.
Director del Proyecto de Tesis**

**Francisco Carvajal, Ph.D (c),
Codirector del Proyecto**

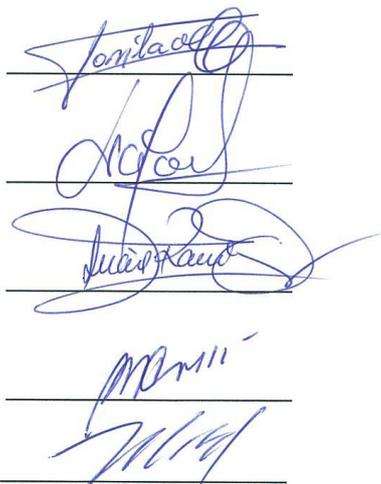
**Stalin Santacruz, Ph.D,
Miembro del Comité de Tesis**

**Javier Garrido, M.Sc.,
Miembro del Comité de Tesis**

**Lucía de los Ángeles Ramírez, PhD
Miembro del Comité de Tesis**

**Yamila Álvarez, M.Sc.,
Miembro del Comité de Tesis**

**Michael Koziol, D. Phil.,
Decano**



Mayo/ 2012

Dedicatoria:

Toda voluntad y esfuerzo que requirió elaborar esta tesis los dedicamos a Dios y a nuestros
padres.

Agradecimiento:

Agradecemos a todos aquellos que de una u otra forma aportaron en la realización de este trabajo. En especial agradecemos al director Mario Caviedes, Doctor y codirector Francisco Carvajal, PhD(c) quienes supieron guiarnos con paciencia. Agradecemos además a los profesionales que nos ayudaron, entre ellos a los miembros del INIAP, Universidad Politécnica Nacional y Universidad Central del Ecuador. Finalmente agradecemos a los encargados de la planta piloto de la USFQ, quienes siempre abrieron sus puertas para la realización de los experimentos.

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Sedimentación	6
2.1.1 Técnicas de sedimentación	7
2.1.1.1 Decantación	8
2.1.1.2 Centrifugación	9
III. OBJETIVOS	10
3.1 Objetivo General	10
3.2 Objetivos Específicos	10
IV. HIPÓTESIS	11
4.1 Hipótesis General	11
4.2 Hipótesis Específicas	11
V. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	12
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	14
6.1 Materias primas	14
6.1.1 Chocho	15
6.1.2 Mango	16
6.1.3 Maracuyá	16
6.1.4 Vinagre	18
6.1.5 Goma xantán	18
6.1.6 Benzoato de sodio	18
6.1.7 Sorbato de potasio	19
6.2 Experimento	20
6.2.1 Diseño experimental	20
6.2.1.1 Experimento I: Obtención de harina de chocho	20
6.2.1.1.1 Objetivo	20
6.2.1.1.2 Tipo, componentes y justificación	22
6.2.1.1.3 Prueba de significación	22
6.2.1.1.4 Especificaciones	22
6.2.1.1.5 Análisis estadístico	22
6.2.1.2 Experimento II: Análisis de estabilidad física de la salsa.	23
6.2.1.2.1 Objetivo	23
6.2.1.2.2 Tipo, componentes y justificación	23
6.2.1.2.3 Prueba de significación	25
6.2.1.2.4 Especificaciones	26
6.2.1.2.5 Análisis estadístico	26
6.3.1 Métodos de análisis físico-químico	27
6.3.1 Descripción de los métodos de análisis físico-químico	28
6.3.1.1 Harina de chocho	28
6.3.1.1.1 Diámetro de partícula promedio	28
6.3.1.1.2 Salsa en evaluación	28
6.3.1.1.2.1 Densidad relativa	28
6.3.1.1.2 Viscosidad aparente	28
6.3.1.1.2.3 Tiempo aproximado de sedimentación	29
6.3.1.1.2.4 Método cualitativo de sedimentación	29
6.3.2 Procedimientos matemáticos para cuantificar variables	29

6.3.2.1 <i>Harina de chocho</i>	29
6.3.2.1.1 <i>Diámetro de partícula promedio</i>	29
6.3.2.1.2 <i>Densidad de partícula</i>	30
6.3.2.2 <i>Salsa en evaluación</i>	31
6.3.2.2.1 <i>Tiempo de sedimentación</i>	31
6.4 <i>Evaluación sensorial</i>	33
6.4.1 <i>Grupo focal</i>	33
6.4.1.1 <i>Objetivo</i>	33
6.4.1.2 <i>Metodología</i>	33
6.4.1.3 <i>Evaluador</i>	33
6.4.1.4 <i>Muestra</i>	34
6.4.2 <i>Perfil afectivo del producto</i>	34
6.4.2.1 <i>Objetivo</i>	34
6.4.2.2 <i>Metodología</i>	34
6.4.2.3 <i>Evaluador</i>	35
6.4.2.4 <i>Muestras</i>	35
6.4.2.5 <i>Análisis estadístico</i>	36
VII. <i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	37
7.1 <i>Experimento I</i>	37
7.2 <i>Experimento II</i>	41
7.3 <i>Evaluación sensorial</i>	56
VIII. <i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	63
8.1 <i>Conclusiones</i>	63
8.2 <i>Recomendaciones</i>	66
VIII. <i>ANEXOS</i>	67
<i>Anexo 1. Salsas agridulces presentes en el mercado de Quito-Ecuador</i>	68
<i>Anexo 2. Composición porcentual de la leguminosa chocho (Lupinus mutabilis Sweet)</i>	69
<i>Anexo 3. Composición porcentual del mango (promedio) Mangifera indica</i>	70
<i>Anexo 4. Composición porcentual del maracuyá (granada china), Pasiflora edulis</i>	71
<i>Anexo 5. Perfil completo del maracuyá en Ecuador</i>	72
<i>Anexo 6. Ingredientes del producto final (Tratamiento C) con 0.60 % de goma xantán</i>	73
<i>Anexo 7. Flujograma de proceso del producto final (Tratamiento C)</i>	74
<i>Anexo 8. Análisis de varianza de datos de consistencia de salsas del mercado quiteño junto a tratamientos del segundo experimento</i>	76
<i>Anexo 9. Consistencia de salsas del mercado quiteño y tratamientos del segundo experimento</i>	76
<i>Anexo 10. Medición de viscosidad de cada repetición</i>	77
<i>Anexo 11. Procedimiento matemático para cuantificación de tiempo de sedimentación de cada tratamiento</i>	78
<i>Anexo 12. Rango máximo de lectura del viscosímetro de Brookfield LVDV-E para las diferentes agujas (FSR)</i>	82
<i>Anexo 13. Guión de grupo focal</i>	83
<i>Anexo 14. Formato de evaluación para prueba de perfil afectivo</i>	86
<i>Anexo 15. Escala hedónica para cuantificación de nivel de agrado</i>	88
<i>Anexo 16. Tabla máster para inspección normal y severa para planes basados en variabilidad desconocida método de la desviación típica</i>	89
<i>Anexo 17. Efecto de tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y cantidad de</i>	90

<i>goma xantán (%) sobre la densidad de la salsa (kg/m^3)</i>	
<i>Anexo 18. Efecto de tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y cantidad de goma xantán (%) sobre la viscosidad de la salsa (cP)</i>	91
<i>Anexo 19. Efecto de tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y cantidad de goma xantán (%) sobre el tiempo de sedimentación de la salsa (días)</i>	92
<i>Anexo 20. Respuestas individuales de prueba de nivel de agrado</i>	93
GLOSARIO	95
REFERENCIAS	99

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Análisis físico-químico del producto final (salsa)</i>	13
<i>Tabla 2. Materias primas para la elaboración de salsa agridulce a base de mango y maracuyá con harina de chocho</i>	14
<i>Tabla 3. Componentes del diseño del experimento I</i>	21
<i>Tabla 4. Especificación de humedad para harina de chocho</i>	23
<i>Tabla 5. Componentes del diseño del experimento II</i>	24
<i>Tabla 6. Especificaciones de viscosidad, densidad y tiempo de sedimentación (salsa)</i>	26
<i>Tabla 7. Métodos de análisis físico-químicos</i>	27
<i>Tabla 8. Análisis porcentual de la harina de chocho desamargado</i>	30
<i>Tabla 9. Tratamientos del primer experimento</i>	37
<i>Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) de humedad los tratamientos (harina de chocho)</i>	37
<i>Tabla 11. Humedad (%) de tratamientos para elaboración de harina de chocho</i>	38
<i>Tabla 12. Tratamientos del segundo experimento</i>	41
<i>Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) de densidad de los tratamientos (salsa)</i>	41
<i>Tabla 14. Densidad (kg/m^3) de los tratamientos (salsa)</i>	42
<i>Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) de viscosidad de los tratamientos (salsa)</i>	45
<i>Tabla 16. Viscosidad (cP) de los tratamientos (salsa)</i>	46
<i>Tabla 17. Relación de medias de diferencia de densidades (de fluido y de partícula) y viscosidad</i>	48
<i>Tabla 18. Relación de medias de consistencia y viscosidad</i>	48
<i>Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) de tiempo de sedimentación de los tratamientos (salsa)</i>	50
<i>Tabla 20. Tiempo de sedimentación (días) de los tratamientos</i>	51
<i>Tabla 21. Grupo focal: edad y género de los jueces consumidores</i>	56
<i>Tabla 22. Prueba de perfil: edad y género de los jueces consumidores de cada sesión</i>	57
<i>Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) de medias de prueba nivel de agrado</i>	57
<i>Tabla 24. Promedios y desviación estándar de nivel de agrado</i>	58
<i>Tabla 25. Puntajes de “me agrada mucho” (7) y “me desagrada mucho” (1)</i>	60
<i>Tabla 26. Prueba de Friedman</i>	60
<i>Tabla 27. Prueba de preferencia por ordenamiento</i>	61
<i>Tabla 28. Preferencia por ordenamiento: suma de las frecuencias de las muestras para jueces que gustan (grupo 1) y no gustan de salsas agridulces (grupo 2)</i>	61

LISTA DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Humedad (%) vs tiempo de exposición (h) de la harina de chocho a las diferentes temperaturas</i>	39
<i>Gráfico 2. Relación del tamaño de partícula de la harina de chocho (μm) y la densidad del fluido (kg/m^3)</i>	43
<i>Gráfico 3. Relación entre viscosidad de la salsa y porcentaje de goma xantán</i>	47
<i>Gráfico 4. Relación del tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y la viscosidad (cP) de los tratamientos.</i>	47
<i>Gráfico 5. Relación entre viscosidad y consistencia la salsa de los tratamientos</i>	49
<i>Gráfico 6. Relación del tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y el tiempo de sedimentación (años) de los tratamientos.</i>	51
<i>Gráfico 7. Sedimentación de tratamientos A,B,C,D,E luego de la centrifugación</i>	52
<i>Gráfico 8. Sedimentación de tratamientos F, G, H, I luego de la centrifugación</i>	53
<i>Gráfico 9. Nivel de agrado: Medias de muestras de cada sesión</i>	59
<i>Gráfico 10. Frecuencias de puntajes de nivel de agrado</i>	59
<i>Gráfico 11. Preferencia de compra o aceptación: frecuencias de respuestas positivas y negativas</i>	62

Abreviaturas

%	porcentaje
°C	grados Celsius
π	constante pi
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
am	"ante meridiem" (antes de mediodía)
cP	centipoise
cm	centímetros
CM	cuadrado medio
CV	coeficiente de variación
fl.oz	fluid ounces
Fc	valor F calculado
Ft	valor F tabulado
FV	fuentes de variación
g	gramos
gl	grados de libertad
h	hora
Ha	hectárea
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
K	grados Kelvin
kcal	kilocalorías
kg	kilogramos
L	litros
m	metros
m²	metros cuadrados
m³	metros cúbicos
min	minutos
mg	miligramos
mL	mililitros
msn	metros de altura sobre el nivel del mar
No	número
pm	"post meridiem" (después del mediodía)
P	peso
p/p	peso sobre peso
pH	potencial hidrógeno
rev	revoluciones
rpm	revoluciones por minuto
s	segundos
SC	suma de cuadrados
Sd	desviación estándar
s²	segundos cuadrados
TM	tonelada métrica
ton	toneladas
μg	microgramos
μm	micrómetros

© **Derechos de autor:** Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5:

“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.”

(Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

Pamela José Mena López

Sara Jacqueline Ron Yandún

2012

RESUMEN:

Introducción: Uno de los problemas que puede presentar una salsa es la sedimentación debido a las características de sus materias primas. **Objetivo:** Evaluar el efecto de la cantidad de goma xantán y el tamaño de partícula de harina de chocho en la estabilidad física de una salsa agridulce a base de mango y maracuyá. **Materiales y métodos:** Se realizaron dos experimentos. En el primero se determinó el tratamiento térmico para elaborar harina de chocho. En el segundo se combinó cantidad de goma xantán y tamaño de partícula de harina de chocho en la salsa para medir su estabilidad física (densidad, viscosidad y tiempo de sedimentación). Para obtener una aproximación del tiempo de sedimentación, se empleó la ley de Stokes. Se midió nivel de agrado, preferencia y aceptación a los mejores tratamientos. **Resultados:** *Experimento 1.* La harina de chocho con humedad cercana a la referencia de 7% fue la sometida a 60°C (bulbo seco) durante 5 h en un secador de bandejas, cuya velocidad de aire fue 3 m/s. *Experimento 2.* La salsa con mayor tiempo de sedimentación (12.79 años) tuvo 0.6% goma xantán y 165 μm tamaño de partícula de la harina de chocho. La evaluación sensorial mostró que el tratamiento A (0.2% goma xántan y 165 μm) fue el preferido por el consumidor. **Conclusión:** Mayores cantidades de goma xantán y menores tamaños de partícula de harina de chocho dan como resultado mayor estabilidad física en una salsa, es decir, menor viscosidad, densidad de fluido cercana a la de partícula y mayor tiempo de sedimentación. Entonces, es útil emplear la ley de Stokes como aproximación para la elaboración de salsas estables en el tiempo.

ABSTRACT:

Introduction: Settling velocity is one of sauce's appearance problems due characteristics of its raw materials. **Objective:** Evaluate the effect of xanthan gum and particle size of the lupine flour on physical stability of a sweet-sour sauce based on mango and passion fruit. **Materials and Methods:** Two experiments were done. First, it was obtained the thermic treatment to make lupine flour. Then, it was used different quantities of xanthan gum and particle size of lupine flour to measure physical stability (density, viscosity and settling time). For an approximated settling time it was used Stokes Law. It was measured satisfaction level, preference and acceptance in the best treatments. **Results:** *Experiment 1.* 60°C during 5 hours were used to make lupine flour with moisture value near the reference of 7%; this flour was made in a tray dryer with 3 m/s of air velocity. *Experiment 2.* The treatment which took more time to sedimentate was the one with 0.6% of xanthan gum and 165 µm of lupine particle size. The sensorial evaluation showed that the treatment A (0.2% with 165 µm) was the most preferred by the consumer. **Conclusions:** Sauce high physical stability depends of the use of high proportion of xanthan gum and low lupine particle size. So, the Stokes equation is useful to get an approximation of time to make stable sauces.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes:

Las salsas han tenido gran relevancia en la historia de la gastronomía. Según Luján (1991) la palabra “salsa” proviene del latín *salsus*, que significa “sazonado con sal”, porque era en un principio el componente esencial. En efecto, las salsas romanas eran saladas y casi siempre sazonadas con un fuerte condimento. No se sabe con exactitud el origen de su creación; sin embargo, se asegura que su auge y popularidad fueron en los siglos XVII y XVIII. Una cantidad pequeña de salsas básicas, llamadas “salsas madres”, constituyeron aquella edad de oro gastronómico y de ellas se derivaron distintas recetas. En Francia, los cocineros eran muy cotizados, tomando en cuenta que la gastronomía era reconocida como arte y ciencia; cabe recalcar que en 1651 se dio a conocer la técnica de espesar salsas, llamada *roux*, que consiste en mezclar harina y grasas.

Por otro lado, la funcionalidad de las salsas ha ido evolucionando con el tiempo. Las marinadas, por ejemplo, eran empleadas con el fin de conservar y ablandar los alimentos, pero pronto se descubrió que la maceración en vino o vinagre mejoraba el sabor; de esta forma, la gente comenzó a transformar aquellos líquidos en salsas para suavizar la carne y a la vez acompañar la misma. Otras salsas fueron utilizadas como un medio para modificar sabores fuertes o neutralizar el sabor salado de las carnes conservadas (Luján, 1991). Las vinagretas, además, han sido consumidas en el verano ya que abren el apetito, sobre todo cuando hace calor (Roux, 2004). Por otro lado, a finales del siglo pasado, se incrementó el interés en salsas elaboradas a partir de frutas debido al aumento del consumo de alimentos saludables en donde se deseaba experimentar nuevas sensaciones y sabores, además se utilizaban como un condimento que compense el sabor en las dietas bajas en grasas y calorías (Jeffrey, 1996). De esta manera, la historia define la

función de las salsas, que hoy en día es principalmente el de realzar los platos y, por sus sabores y texturas, poner en relieve los ingredientes que los componen (Ruffel, 1995).

Existen numerosas salsas que pueden clasificarse según sus componentes y naturaleza. Estas son de sabor salado; sin embargo, a medida que ha transcurrido el tiempo, las variedades de salsas se han hecho presentes, dando como resultado infinitos sabores, como es el caso de la salsa agridulce, la misma que es una mezcla de ingredientes que confieren sabores ácidos y dulces. Esta combinación nació en China y en el presente se lo elabora en distintos países del mundo. Tradicionalmente, se prepara mezclando miel con algún líquido ácido como el ShaoHising (vinagre de arroz), salsa de soya y otras especias como el jengibre y clavos. La salsa agridulce más conocida es la cantonesa, que se la identifica popularmente como la salsa de cerdo agridulce (Márquez, 2007). Hoy en día, existen salsas agridulces elaboradas con otro tipo de ingredientes pero que mantienen el principio característico de la mezcla de sabores; sin embargo, son pocas las presentes en el mercado quiteño (Anexo 1).

Por otro lado, al ser una mezcla compleja de ingredientes, las salsas pueden tener una inmensa gama de texturas: desde líquida hasta consistente; por esta razón, uno de los problemas organolépticos que pueden tener es una mala textura. Desde el inicio en la creación de estos acompañantes, se han realizado innumerables pruebas que dieron la experiencia necesaria para que al día de hoy salsas calientes y frías sean creadas con sabores y texturas increíblemente deliciosas. De esta forma, tener “grumos” o pequeñas porciones solidificadas, que sea granulosa, opaca, transparente y muy fluida son características de textura que se evitan al elaborar una salsa.

Adicional a esto, se evita que se separe en fases, lo que se denomina sedimentación. Geankoplis (1998) define a la sedimentación como “la separación de una suspensión diluida por la acción de la gravedad con la obtención de un fluido transparente y otra

suspensión con mayor proporción de sólidos”. Este problema ha sido resuelto de varias maneras y una de ellas es mediante la adición de espesantes, que modifican la viscosidad del producto; al inicio se usó crema y harina, y luego se utilizó almidones extraídos de plantas y modificados para distintos fines, entre ellos la maicena, fécula de papas y fécula de yuca (Luján, 1991). Pasquel (2001) informa que en los últimos años se han obtenido aditivos especiales para alimentos, principalmente salsas, como agentes espesantes, como las gomas, gelificantes, emulsificantes, aglutinantes y texturizantes.

1.2 Justificación:

Ruffel (1995) menciona que actualmente, la tendencia a consumir productos agridulces ha aumentado considerablemente debido al auge de la gastronomía exótica que ha venido revolucionando el mundo. Sin embargo, en el mercado no se puede encontrar fácilmente productos agridulces listos para consumir, en especial salsas. Las pocas que existen en los principales supermercados de Quito son nutricionalmente pobres. Por esta razón, se considera óptima la elaboración de una nueva salsa agridulce que aporte con una mayor cantidad de proteína en comparación con las existentes. Sin embargo, para lograrlo se debe utilizar varias materias primas que, por su naturaleza, difieren en sus características fisicoquímicas como tamaño de partícula, densidad y viscosidad; esto conlleva a afectar las características sensoriales del nuevo producto.

La producción de nuevas salsas permite enriquecer recetas y cubrir la diversidad de gustos y necesidades del consumidor. La elaboración de esta salsa permite variar la dieta, darle la oportunidad al consumidor de elevar sus sentidos al probar una mezcla deliciosa de sabores frutales sobre sus alimentos y darle una pequeña parte adicional de proteína a su dieta.

Para el cumplimiento de estos objetivos se seleccionaron materias primas (sección 5.1.2) tomando en cuenta su nivel nutritivo, por la cantidad de proteína y antioxidantes que aportan, y adicionalmente la alta aceptación del consumidor. Es así, que se usaron como materiales principales: harina de chocho, *Lupinus mutabilis* Sweet, con 54.06% de proteína en base seca de grano desamargado (Allauca, 2005); frutas con alto contenido de ácido L-ascórbico como el mango, *Mangifera indica* variedad tommy Atkins, con 9.79 mg en 100g de fruta (Machado, de Queiroz, Lopes, Campos, & Pinheiro, 2007) y maracuyá, *pasiflora edulis* variedad flavicarpa Degener, con 20 mg en 100g de pulpa (Mourad, 2002). Todos los ingredientes de esta salsa son garantizados por el cumplimiento de las normas respectivas (Tabla 2) y a sí mismo son aceptados por el consumidor (Cerezal, Carrasco, Pinto, Romero, & Arcos, 2007; Palma, & Barrera, 2002).

La presencia de partículas en la salsa, puede facilitar la decantación, separación de fases o sedimentación de la misma. En este estudio se analizó la velocidad de sedimentación, reportándose el tiempo de caída de la partícula en un centímetro. Esto se logra controlando ciertas variables que se ven relacionadas con la velocidad terminal definidas en la ley de Stokes como el diámetro de partícula de los sólidos y la viscosidad del fluido final. Varios estudios afirman que la estabilidad física, o la sedimentación de algunos productos alimenticios, es afectada por el tamaño de partícula (CPS Instruments Europe, 2001; Ward, & Whitmore, 1950; Salinas, Gutiérrez & Babick, 2007). Otros indican que la viscosidad tiene influencia sobre la velocidad de caída de las partículas contenidas en una sustancia (Blazejewski, 2012; Ward, & Whitmore, 1950).

La ley de Stokes permite obtener la velocidad de sedimentación en regímenes laminares, es decir con números de Reynolds entre 10^{-4} y 2 (Mafart, & Béliard, 1994). En este estudio se debe considerar velocidad de flujo nula, por lo que esta condición no se tomaría en cuenta. Los mismos autores afirman que esta ley es válida si la sedimentación

es libre, es decir, si la dispersión es suficientemente diluida de modo que no hay interacción entre las partículas, caso contrario (partículas distantes aproximadamente menos de diez veces su diámetro) la sedimentación se detiene. Si las dispersiones fuesen netamente concentradas, debería introducirse la viscosidad en los cálculos.

La presente investigación es de gran aporte para la industria alimentaria, ya que no sólo se determinaría los factores que influyen en la sedimentación, sino que se demostraría la factibilidad de realizar un producto nutritivo a base de materias primas de distintos tamaños de partícula, viscosidades, densidades y que sea estable en el tiempo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sedimentación:

Earle (1998) afirma que la sedimentación consiste en la separación de dos líquidos inmiscibles o un sólido y un líquido, alcanzando de esta forma el equilibrio, bajo la acción de la gravedad, ya que las sustancias más pesadas descienden en relación a las más ligeras. Sin embargo, la separación en ocasiones puede ser muy lenta, por lo que se la acelera aplicando una fuerza centrífuga, la misma que aumenta la velocidad de sedimentación. A este proceso se lo denomina separación centrífuga. El mismo autor menciona que la sedimentación es utilizada con frecuencia en la industria alimentaria en lo que se refiere a la inocuidad, al separar suciedad y sustancias extrañas contenidas en las materias primas.

Por otra parte, la sedimentación de una suspensión uniforme al presentarse en un cilindro, da como resultado zonas bien diferenciadas a medida que el proceso transcurre; en la parte superior se encuentra una zona de líquido claro y en el fondo del cilindro, una zona de sedimento. En caso de que la distribución de tamaños de las partículas sea amplia, no existirá la zona de composición constante en la parte superior, sino, una zona más amplia de composición variable (Earle, 1998).

Perry (1997) informa que para que se lleve a cabo una buena sedimentación, a mayor velocidad, es suficiente una combinación de las siguientes condiciones: velocidad de centrifugación alta, tamaño de partícula grande, amplia diferencia entre la densidad del sólido y líquido, y baja viscosidad.

Estas variables son importantes en la aplicación de la ecuación de la ley de Stokes, así como el número de Reynolds, ya que únicamente se aplica en regímenes laminares, con valores entre 10^{-4} y 2. En Reynolds menores a 10^{-4} , o régimen browniano, las partículas son demasiado finas para decantar; en regímenes intermediarios con Reynolds entre 2 y 500 no se toma en cuenta la densidad de partícula ni la gravedad; y, en régimen

turbulento, donde el número de Reynolds es mayor o igual a 500, no se considera la viscosidad (Mafart, & Béliard, 1994).

Por otro lado, estos mismos autores (1994) afirman que si las partículas no son esféricas, el diámetro a considerarse para los cálculos se denomina “diámetro equivalente” o diámetro de Stokes. Esto significa que una partícula esférica tiene velocidad de sedimentación y densidad semejantes a la no esférica. Es importante mencionar que el diámetro equivalente siempre es menor que la dimensión mayor de la partícula no esférica. Se debe considerar que por la molienda de la harina, la partícula en estudio no es esférica y el diámetro equivalente facilita la aproximación de los datos.

Adicionalmente, se debe considerar la composición de la suspensión como un factor para la sedimentación física. Se tiene por ejemplo, según Phillips, Whitehead y Kinsella (1994), la cantidad de proteína, ya que actúa como agente emulsionante por la afinidad hacia el aceite y agua, debido a su estructura anfifílica, por lo que, forman una película protectora alrededor de las gotas dispersas en el medio acuoso, y por lo mismo, previenen cambio en la estructura tales como coalescencia, cremado, floculación o sedimentación (Boye, Aksay, Roufik, Ribéreau, Mondor, Famworth, & Rajamohamed, 2010). Sin embargo, este poder varía según propiedades moleculares como: hidrofobicidad, estabilidad conformacional y carga; además, factores fisicoquímicos como: pH, fuerza iónica y temperatura (Moure, Domínguez, & Parajó, 2006).

2.1.1 Técnicas de sedimentación:

Las dispersiones de partículas en un fluido (suspensiones o emulsiones) se pueden separar mediante técnicas de sedimentación, gravitatorias o centrífugas, que son operaciones de transporte de cantidad de movimiento que facilitan la separación de partículas según su densidad y su tamaño (Mafart, & Béliard, 1994).

2.1.1.1 Decantación:

Consiste en la sedimentación por simple gravedad. Existen varios factores que determinan la facilidad de separación como las interacciones físicas, por ejemplo la diferencia de densidades de los componentes, interacciones moleculares, tamaño de partícula de la fase sólida, etc. Cuando la mezcla es de un sólido (partículas) y un líquido, la formación de fases puede medirse en el tiempo y éste depende de la velocidad de precipitación o sedimentación de las partículas. Para identificar la velocidad de sedimentación, se debe considerar dos componentes, el líquido y la partícula. El líquido dispersante se relaciona con la densidad ρ_1 y viscosidad, η , y la partícula sólida, con la densidad ρ_2 , volumen V y forma (Mafart, & Béliard, 1994).

Cuando una partícula u objeto cae en un fluido bajo efecto de la gravedad, experimenta una fuerza retardante dependiente de la velocidad de la partícula; si la velocidad es pequeña, la fuerza es debido al arrastre de viscosidad y es proporcional a la velocidad relativa entre el fluido y el objeto. La velocidad de la partícula aumentará hasta llegar a un valor para el cual la fuerza de caída y la de fricción de arrastre de viscosidad tendrán magnitudes iguales; así, el objeto está ahora en equilibrio y de acuerdo a la primera ley de Newton, continúa a una velocidad constante, a esta magnitud se la conoce como velocidad terminal o velocidad de precipitación libre (Blatt, 1986). Mafart y Béliard (1994) afirman que en la práctica, la fase de aceleración es muy breve y puede considerarse que la velocidad de precipitación libre se alcanza rápidamente. Debido a la viscosidad del producto en estudio y la diferencia de las densidades de sus componentes, la velocidad terminal de todos los tratamientos del estudio es tan lenta que no puede ser medida.

2.1.1.2 Centrifugación:

Se diferencia de la decantación ya que se reemplaza la aceleración del peso por una aceleración centrífuga. Las leyes de centrifugación son similares a las de la decantación con la diferencia que la velocidad de sedimentación está multiplicada por un coeficiente de amplificación, gracias a que se reemplaza la aceleración del peso por la centrífuga. La velocidad de rotación del bol en una centrífuga se mide en número de revoluciones por minuto (rpm) (Mafart, & Béliard, 1994) y para los cálculos en la ecuación de Stokes debe expresarse como gravedad, esto se obtiene al multiplicar el cuadrado de la velocidad angular por el radio de la centrífuga.

La centrifugación se destaca en la presente investigación, ya que se la aplica para la estimación del tiempo de sedimentación, y con ello se puede cumplir con el objetivo del estudio. La separación es más fácil cuanto mayor es la diferencia de densidades de partícula y fluido y requiere menor velocidad de centrifugación para lograr separación. Entre menor viscosidad tenga el fluido, la velocidad de sedimentación será mayor y se necesitará menor velocidad de centrifugación; la separación se facilita cuando las partículas son lo más voluminosas posible, estas intervienen en función del cuadrado de su diámetro y por ende entre mayor sea el tamaño, la velocidad de centrifugación debe ser menor para lograr separar las fases.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

Evaluar el efecto de la cantidad de goma xantán y el tamaño de partícula de harina de chocho en la estabilidad física de una salsa agridulce a base de mango y maracuyá.

3.2 Objetivos Específicos:

- * Incrementar el valor agregado de una salsa agridulce a base de mango y maracuyá al proporcionarle proteína proveniente de harina de chocho.

- * Seleccionar las mejores combinaciones de goma xantán y tamaño de partícula, considerando tiempo de sedimentación, facilidad de industrialización y similitud con consistencia de las salsas del mercado.

- * Evaluar el nivel de agrado, preferencia por ordenamiento y preferencia de compra de los mejores prototipos.

IV. HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis General:

La cantidad de goma xantán y el tamaño de partícula de la harina de chocho incidiría significativamente sobre la densidad, la viscosidad y el tiempo de sedimentación de una salsa agridulce a base de mango y maracuyá.

4.2 Hipótesis Específicas:

- * Es posible incrementar el valor proteico de una salsa agridulce a base de mango y maracuyá mediante la adición de harina de chocho.

- * Los mejores prototipos de salsa agridulce a base de mango y maracuyá con respecto al tiempo de sedimentación, facilidad de industrialización y similitud con consistencia de las salsas del mercado, mostrarían un semejante nivel de agrado, preferencia por ordenamiento y preferencia de compra.

V. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El producto es una salsa agridulce a base de mango y maracuyá con harina de chocho. Esta salsa puede ser usada sobre cualquier alimento o comida, para sazonar todo tipo de carne, legumbres o vegetales. El grupo focal convocado en este estudio (ver sección 5.4.1) define al producto con olor ácido y dulce; color amarillo; sabor ácido, dulce, ligeramente picante; y, consistencia similar a la mostaza.

La elaboración de esta salsa cumple con los parámetros establecidos en la NORMA DEL CODEX PARA LA SALSA PICANTE DE MANGO: CODEX STAN 160-1987. Esta norma define a la salsa picante de mango de la siguiente manera:

“el producto preparado con frutas en buen estado, lavadas y limpias de *Mangifera indica*, que han sido peladas y cortadas en rebanadas, picadas, desmenuzadas o pulverizadas y luego tratadas térmicamente con ingredientes básicos antes o después de ser encerradas herméticamente en recipientes a fin de evitar su deterioro”.

Se precisó, además, de la norma NTE INEN 1 026:2010 para el cumplimiento de especificación de consistencia que no se encuentra en la norma CODEX 160. Las especificaciones que cumple, así como los análisis físico-químicos en base a las normas oficiales, del producto final, se indican en la Tabla 1.

Tabla 1.

Análisis físico-químico del producto final (salsa)

Análisis	Norma	Valor permitido	Valor obtenido en producto final
Contenido de fruta (%)	CODEX STAN 160-1987	Mínimo 40	40% de pulpa de mango y 12% de pulpa de maracuyá
pH	CODEX STAN 160-1987	Máximo 4.60	3.68
Benzoato de sodio y potasio (mg/kg)	CODEX STAN 160-1987	Máximo 250.00	200.00 mg/kg
Sorbato (mg/kg)	CODEX STAN 160-1987	Máximo 1000.00	900.00 mg/kg
Consistencia (cm en 30 s a 20°C)	NTE INEN 1 026:2010	Máximo 8.00	6.57
Proteína (%)			3.41*

** 3.41% es la proteína total de la salsa, pero el 2 % es proveniente de la harina chocho obtenido en base a un promedio del dato obtenido en el laboratorio y lo encontrado en la bibliografía.*

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Materias primas:

Las materias primas para la elaboración de la salsa fueron adquiridas en el mercado local de Quito y Cumbayá. Cada una debe cumplir las normas de la Tabla 2, de tal manera que sean aptas para el consumo.

Tabla 2

Materias primas para la elaboración de salsa agridulce a base de mango y maracuyá con harina de chocho

Materia prima	Nombre científico o químico	Norma en cumplimiento
Mango	<i>Mangifera indica</i> variedad tommy Atkins	CODEX STAN 184-1993
Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i> variedad flavicarpa Degener	NTE INEN 1971:1994
Chocho	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet	NTE INEN 2390:2005 REG SAN.03490-INHQAN-0304
Agua		RTE INEN 023:2008
Azúcar en grano		NTE INEN 0260:2000
Vinagre	Ácido acético 5 %	NTE INEN 2296:2003
Jugo de limón	<i>Citrus aurantifolia</i> swingle	NTE INEN 1757:2008
Ají	<i>Capsicum annum</i>	NTE INEN 2532:2010
Gomaxantán		NTE INEN 2074:2010
Benzoato de sodio	Benzoato Sódico	NTE INEN 2074:2010
Sorbato de potasio	(E,E)-hexa-2,4-dienoato de potasio	NTE INEN 2074:2010

La proporción de las materias primas, tomando como referencia aquella que contiene 0.6 % de goma xantán, se especifican en la Anexo 6.

Los componentes de la salsa son de mucha importancia, tomando en cuenta que tienen que contribuir a una buena alimentación y a sus adecuadas características sensoriales para su aceptación.

6.1.1 Chocho:

Lupinus mutabilis Sweet. Nombre común: Aymara: tauri (Bolivia); Quechua: tarwi, tarhui (Bolivia, Perú), chuchus muti (Bolivia), chocho, chochito (Ecuador y Norte del Perú), chuchus (Bolivia), ccequilla (Azangaro Perú); Castellano: altramuz, lupino, chocho; Inglés: Andean lupine, pearl lupin. Es una leguminosa que se cultiva tradicionalmente en los Andes entre los 2800 a 3500 msn. El *Lupinus mutabilis* Sweet fija aproximadamente 0.01kg/m² de nitrógeno atmosférico restituyendo la fertilidad del suelo cultivada en el área andina desde épocas preincaicas (Jacobsen, & Mujica, 2006). Al 2006, su cultivo paulatinamente había disminuido en los países andinos como Colombia, y adicionalmente en países del sur como Argentina y Chile; pero se mantiene en Ecuador, Perú, Bolivia hasta Chile y el noreste argentino, bajo distintos sistemas de producción. Los pobladores preincas domesticaron a esta planta, lo cual fue plasmado en cerámicas y tejidos. Sin embargo, fue desplazada por la introducción de cultivos europeos y por causa de esta marginación, el tarwi ha sido una de las especies más afectadas debido a su fuerte sabor amargo por su contenido de alcaloides quinolizidínicos en el grano. El proceso hídrico de desamargado elimina el 99.92% de esos alcaloides (Rodríguez, 2009), lo que atrae su consumo, pero se requiere aún un mayor avance para mejorar su cultivo y exportación. En la actualidad se le ha puesto interés debido: a su uso tanto en zonas rurales como urbanas, la disponibilidad de chocho procesado, las tecnologías disponibles de producción, la facilidad de creación de nuevos productos (Villacrés, Peralta, & Álvarez, 2003) y su composición (Anexo 2), principalmente debido al alto contenido de proteína (Villacrés, Rubio, Egas, & Segovia, 2006), ácidos grasos poliinsaturados como el omega 3, 6 y 9,

minerales como calcio, fósforo, hierro y vitaminas como niacina y tiamina (Villacrés, Caicedo, & Peralta, 1998).

6.1.2 Mango:

Mangifera indica L., es la fruta tropical de la familia de las *Anacardiaceae* más importante desde el punto de vista económico, es decir, comparada con frutas como el anacardo o el pistacho (De la Cruz Medina, & García, 2002). Esta fruta provee nutrientes a la dieta del ser humano (Anexo 3), entre ellos, antioxidantes, que previenen el daño del material celular a través de la neutralización de los radicales libres (Webb, 2006); en el estudio realizado por Machado et al. (2007) se determinó el contenido de antioxidantes en algunas variedades de mango y se obtuvieron los siguientes resultados: la cantidad de componentes fenólicos es de 48.40 (variedad Haden) a 208.70 mg/100g (variedad Ubá), carotenoides desde 1.91 (variedad Haden) hasta 2.63 mg/100g (Palmer), B-carotenos desde 661.27 (variedad Palmer) a 2.22 µg/100g (variedad Palmer) y el total de ácido ascórbico desde 9.79 mg/100g (variedad Tommy Atkins) hasta 77.71 mg/100g (variedad Ubá). Según Pontón y Rada (2009), al mango se lo cultiva en 6 regiones del mundo; en el Ecuador el 30% de la cosecha de exportación (aproximadamente 12 millones de kg anuales) corresponde al rechazo por falta de calidad y este es distribuido entre la industria ecuatoriana de néctares, principalmente; por otro lado, la mayor comercialización de esta fruta en Ecuador ocurre entre noviembre y diciembre donde se concentra el mayor volumen de cosecha.

6.1.3 Maracuyá:

Su nombre científico es *Passiflora edulis*, es también llamada la fruta de la pasión. Esta fruta otorga a la dieta 109 kcal, 72.90 % de humedad, 10.90 g de fibra dietética, 12.00 mg de calcio, 64.00 mg de fósforo y 348.00 mg de potasio (Anexo 4). Su origen se remite al Trapecio Amazónico, cultivándose principalmente en Brasil, considerado por la

Corporación Colombia Internacional (2001) como el mayor productor mundial. El intenso sabor y alta acidez, principalmente debido al contenido predominante de ácido cítrico, son características que usa la industria para la preparación de productos como néctar, jalea, mermelada, jugo, concentrado, etc. La planta inicia la producción en el primer año de sembrado, obteniéndose mayores rendimientos en el segundo o tercer año para luego disminuir en los años siguientes. La composición de esta fruta, es en promedio la siguiente: semillas 10 - 15 %, cáscara 50 – 60 %, pulpa 30 - 40 %. Presenta variedades como el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* variedad flavicarpa Degener) que crece perfectamente en zonas bajas, siendo una planta más vigorosa y rústica que el maracuyá púrpura; por otro lado, el maracuyá rojo o morado (*Passiflora edulis* variedad púrpura Sims) se desarrolla en zonas templadas (Anexo 5). El contenido de ácido ascórbico en ambas variedades es considerable, aunque en la especie roja es mayor (29.80 mg de ácido ascórbico en 100 g de pulpa) que en la amarilla (20 mg de ácido ascórbico en 100 g de pulpa) (Mourad, 2002). Según cifras presentadas por la Corporación Internacional de Colombia (2001), la producción mundial de esta fruta en el año 2002 fue de 640,000 ton, siendo Brasil el mayor productor, con 450,000 ton; le siguen Ecuador (85,000 ton), Colombia (75,000 ton), China (19,000 ton) y Perú (15,000 ton). La misma entidad dice que “Ecuador se convirtió, desde finales de la década pasada, en el segundo productor mundial”. El aprovechamiento de las ventajas climáticas y el aumento en el cultivo otorgó este crecimiento en la producción (Corporación Colombia Internacional, 2001), dando un rendimiento de 1 kg/m² en Ecuador (Anexo 5).

6.1.4 Vinagre:

Ácido acético al 4 % (p/p). Vaclavik (2002) menciona que confiere propiedades de sabor, disminuye el pH y retarda el crecimiento microbiano

6.1.5 Goma xantán:

Es un espesante que ha sido usado desde 1969 en Estados Unidos y fue obtenido a través de la fermentación de la glucosa liberada del almidón de maíz por hidrólisis ácida, por la bacteria *Xanthomonas campestris*. Por sí misma no tiene la capacidad de formar geles pero sí otorga viscosidad a las sustancias. Su viscosidad y desempeño permanecen constantes en el rango de temperatura de -18°C a 120°C y un pH de 2 a 12. Resiste congelación y descongelación, da cuerpo a productos bajos en kilocalorías, se comporta como fibra de vegetales y carece de efectos adversos (Blanco de Alvarado, Alvarado, & Ortiz, 2006). La última evaluación de Joint Expert Committee on Food Additives fue en 1986 y no se especifica la ingesta diaria admisible (IDA) (JECFA, 1986). Según, Pasquel (2001) las gomas en la industria alimentaria, generalmente, son utilizadas en un intervalo de concentraciones entre 0.25 a 0.50 %. En el caso de aderezos y salsas el rango más usado es de 0.05 a 0.50 %, proporcionando estabilidad, espesor y viscosidad uniforme a las mismas (García, Santos, Casas, & Gómez, 2000); sin embargo, en ciertas ocasiones, se emplea cantidades menores o mayores, sin sobrepasar el 1 %, no por toxicidad sino por efectos secundarios, principalmente gastrointestinales, como diarrea, náusea, hinchazón, flatulencia, entre otras (Tacon, 2010).

6.1.6 Benzoato de sodio:

En su forma no disociada presenta actividad antimicrobiana, por lo que requiere pH de 2.50 a 4 para que cumpla su función. Su solubilidad (550 g/L a 25 °C) es mayor que la del ácido benzoico (3.40 g/L a 25°C) y se utiliza en mezclas con sorbatos para reforzar su

actividad. No es tóxico para el hombre cuando se ingiere en las concentraciones de 0.05 a 0.10 % en peso, ya que se elimina en la orina como ácido hipúrico (benzoíl-glicina), al reaccionar con la glicina en una reacción de destoxificación (Badui, 2006).

6.1.7 Sorbato de potasio:

Se usa en su forma no disociada en concentraciones menores a 0.30 % en peso para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras en alimentos con un pH hasta 6.50. Ejerce su función al unirse a la superficie de las células microbianas, modificando la permeabilidad de la membrana y el metabolismo, aunque también se sugiere que su estructura de dieno interfiere con el sistema enzimático de las deshidrogenasas de los microorganismos (Badui, 2006).

Las materias primas usadas en bajas proporciones, como el ají (*Capsicum annuum*) y el limón (*Citrus aurantifolia* Swingle), otorgan sabor picante y disminuyen el pH, respectivamente, y son usadas para mejorar el sabor y restringir el crecimiento bacteriano.

Cada ingrediente confiere funciones y características distintas a la salsa, haciendo de ella un producto íntegro, apto para el consumo y de agradables características sensoriales.

El procedimiento de elaboración del producto final se encuentra en el Anexo 7, en el cual se precisó de subprocesos y de la formación de desechos. Este proceso refiere al producto final escogido (Tratamiento C).

6.2 Experimento:

6.2.1 Diseño experimental:

6.2.1.1 Experimento I: Obtención de harina de chocho.

6.2.1.1.1 Objetivo:

Determinar el tiempo y temperatura de secado para la obtención de harina de chocho con humedad menor al 7 %.

6.2.1.1.2 Tipo, componentes y justificación:

Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial 3^2 , que corresponde a dos factores (temperatura y tiempo) y tres niveles (Tabla3), con tres repeticiones.

El chocho fue sometido a aire seco, velocidad de 3m/s, en un secador de bandejas, durante los tiempos y temperaturas de bulbo seco establecidos según los tratamientos del experimento de la Tabla 3.

Tabla 3

Componentes del diseño del experimento I

Componentes del diseño experimental	Cantidad(unidades)	Descripción
Factores	2	Temperatura (A) Tiempo (B)
Niveles	3 de cada factor	a1 = 50°C a2 = 60°C a3 = 70°C b1 = 5 horas b2 = 5.5 horas b3 = 6 horas
Tratamientos	9	Nº Niveles^ Nº factores
Repeticiones	3	
Número de Unidades Experimentales	27	Tratamientos (Nº Niveles^ Nº factores) x Repeticiones
VARIABLES	1	Humedad (%), analizada por el método AOAC 925.10: 1990

Los factores y niveles fueron escogidos en base a estudios previos de secado de chocho. La curva de secado de chocho para la elaboración de harina realizada por Limones, & García (2010) establece una humedad de equilibrio de 0.0042 kg de agua/kg sólidos secos con temperatura de 55 ± 0.2 °C durante 5.25 horas, velocidad de aire de 0.7 ± 0.03 m/s en un secador de bandejas. Se tomó como base estos datos para encontrar el factor A (Temperatura °C), partiendo de 50°C hasta 70°C con un intervalo de 10 unidades. Adicionalmente, en base al tiempo de 5.25 horas obtenido de la curva, se encontró el factor B (Tiempo-horas), utilizándose un rango de 5 a 6 horas con un intervalo de 0.5 unidades. De esta manera, los datos permiten establecer el tratamiento térmico adecuado que lleve al

cumplimiento de las especificaciones (Tabla4) y mejorar el análisis de uso de recursos y comportamiento organoléptico del chocho al ser secado.

6.2.1.1.3 Prueba de significación:

Se realizó la prueba de separación de medias de Tukey para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, con un nivel de significancia del 5%.

6.2.1.1.4 Especificaciones:

Al no existir una norma ecuatoriana que otorgue especificaciones para la harina de chocho, se toma como base la tabla peruana de composición de alimentos ya que presenta el análisis proximal de la harina de chocho, y en él la humedad (Tabla 4). Este valor es referencial y no ofrece máximos ni mínimos para hacer una aproximación con mayor validez.

Tabla 4

Especificación de humedad para harina de chocho

Norma	Alimento	Especificaciones
Tabla de composición de alimentos de Perú *	Harina de frijoltarhui o chocho	Humedad promedio: 7%

*FUENTE: Reyes, Gómez, Espinosa, Bravo, & Ganoza, 2009

6.2.1.1.5 Análisis estadístico:

Los datos fueron analizados con la ayuda de los programas Microsoft Excel 2007 y Minitab versión 15. Se realizó la estimación del coeficiente de variación, análisis de varianza ANOVA y prueba de separación de medias Tukey. En todos los análisis estadísticos se utilizó un nivel de significancia del 5%.

6.2.1.2 Experimento II: Análisis de estabilidad física de la salsa.

6.2.1.2.1 Objetivo:

Determinar el tamaño de partícula de harina de chocho y cantidad de goma xantán necesarios para obtener la salsa agridulce a base de mango y maracuyá más estable.

6.2.1.2.2 Tipo, componentes y justificación:

Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial 3^2 , que corresponde a dos factores (tamaño de partícula promedio de harina de chocho y cantidad de goma xantán) y tres niveles para cada factor. La tabla 5 indica los componentes del diseño experimental para el análisis de sedimentación de la salsa.

Tabla 5

Componentes del diseño del experimento II

Componentes del diseño experimental	Cantidad (unidades)	Descripción
Factores (f)	2	Tamaño de partícula promedio de harina de chocho (A) Cantidad de goma xantán (B)
Niveles	3 de cada factor	a1 =165 µm a2 = 215 µm a3 = 550µm b1 = 0.2% b2 = 0.4% b3 = 0.6%
Tratamientos	9	Nº Niveles^ Nº factores
Repeticiones	3	
Número de Unidades Experimentales	27	Tratamientos (Nº Niveles^ Nº factores) x Repeticiones
Variables	3	<ul style="list-style-type: none"> • Viscosidad, según el método del manual de operaciones del equipo Viscosímetro de Brookfield (M/98-350-G0307) • Densidad, según el método ADAPTADO AOAC 945.06: 1990 • Tiempo de sedimentación, calculado con los datos reales del producto usando la ley de Stokes.

En la ecuación de la Ley de Stokes se observan las variables físicas diámetro de partícula, densidad del fluido y viscosidad. Los factores y las variables experimentales fueron escogidos con el objeto de que al reemplazar los datos se pueda obtener una aproximación de la velocidad de sedimentación y con ella el tiempo. Los factores fueron diámetro de partícula de la harina de chocho y cantidad de goma xantán. El diámetro de partícula fue elegido ya que se cuenta con los medios tecnológicos de molienda y tamizado de harina, aunque limitados al constar con tamices que otorgan rangos de tamaño de partícula muy amplios. La cantidad de goma xantán tiene relación con la viscosidad del medio; de hecho, Zhang Xuewu *et al* (1994), a través de su estudio, confirman que estas variables físicas tienen una relación directamente proporcional.

Para cada factor se estableció tres niveles en base a normas, investigaciones anteriores y ensayos preliminares. Para los niveles del primer factor, tamaño de partícula, se seleccionó el rango promedio de tamaño de partícula de la harina de trigo entero, que según el estudio de Behall (1999), va desde 150 μm a 850 μm debido a que existe escasa información sobre la harina de chocho. En el caso de concentración de goma xantán, según la literatura, para aderezos y salsas el rango más usado es de 0.05 a 0.5 % (García, Santos, Casas, & Gómez, 2000). Con la ayuda de estos datos y teniendo como referencia la consistencia de las salsas encontradas en el mercado (Anexo8 y 9), se realizaron ensayos preliminares para la estandarización de la salsa. De esta manera, en el experimento se utilizó una concentración entre 0.2 y 0.6 % de goma xantán, con intervalos de 0.2, para que se identifique con mayor claridad los cambios en las variables medidas.

6.2.1.2.3 Prueba de significación:

Se realizó la prueba de separación de medias Tukey para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, con un nivel de significancia del 5%.

6.2.1.2.4 Especificaciones:

Las variables de este experimento cumplieron las especificaciones de la Tabla 6.

Tabla 6

Especificaciones de viscosidad, densidad y tiempo de sedimentación (salsa)

Variable	Especificaciones
Viscosidad	<p>La mayor detectada; se debe considerar que la ley de Stokes relaciona de manera inversa la velocidad de sedimentación con la viscosidad y, a su vez, la velocidad de sedimentación es inversamente proporcional al tiempo. Es decir:</p> $(Vt) \propto \frac{1}{n} \rightarrow (Vt) \propto \frac{1}{t} \rightarrow (t) \propto n$
Densidad	<p>Debido a que la densidad de la partícula es 1,333.2822 kg/m³ (ver sección 5.3.2 <i>Procedimientos matemáticos para cuantificar de variables</i>) y la ley de Stokes afirma que la diferencia entre las densidades de partícula y fluido tiene una relación directamente proporcional a la velocidad de sedimentación, entonces los valores de densidades más cercanos a 1,333.2822 kg/m³ otorgarán mayor tiempo de sedimentación. Es decir:</p> $(Vt) \propto (\rho_p - \rho_f) \rightarrow (Vt) \propto \frac{1}{t} \rightarrow (t) \propto \frac{1}{(\rho_p - \rho_f)}$ <p style="text-align: center;">Entonces si:</p> $\rho_f \approx \rho_p \rightarrow \uparrow (t)$
Tiempo de sedimentación	<p>Mayor a 12 meses o 365 días (Tiempo en percha de salsas semejantes en el mercado ecuatoriano)</p>

6.2.1.2.5 Análisis estadístico:

Los datos fueron analizados con los programas Microsoft Excel 2007 y Minitab versión 15, usando un nivel de significancia del 5%. Se obtuvieron: las medias de cada tratamiento, coeficiente de variación, análisis de varianza ANOVA y prueba de separación

de medias de Tukey. Se elaboraron gráficos con el objeto de facilitar la comprensión, principalmente, de las tendencias de los datos.

6.3 Métodos de análisis físico - químico:

Los métodos utilizados para el análisis de las variables del experimento y datos de composición para el producto final, se especifican en la Tabla 7.

Tabla 7

Métodos de análisis físico-químicos

HARINA DE CHOCHO	
<i>Análisis*</i>	<i>Método</i>
Diámetro de partícula promedio	Sección 6.3.1.1.1
Humedad	“Solids (Total) and moisture in Flour. Air Oven Method(130 °C)” AOAC 925.10: 1990.
Proteína	“Protein (total) in Flour. Kjeldahl Method”AOAC 920.87: 1990
Grasa	“Fat in Cacao Products: Soxhlet Extraction Method” AOAC 963.15:1990.
PRODUCTO TERMINADO (Salsa)	
<i>Análisis*</i>	<i>Método</i>
Densidad relativa*	“Specific Gravity (Apparent) of Distilled Liquors, Pycnometer Method” AOAC 945.06: 1990
Viscosidad	Según el manual de operaciones M/98-350-G0307 del equipo viscosímetro digital Brookfield modelo LVDV-E (rango de viscosidad: 15 a 2’000,000 cP).
Tiempo de sedimentación	Geankoplis (1998)
Método cualitativo de sedimentación	Sección 6.3.1.2.4
Consistencia	“Determinación de la consistencia de la salsa de tomate, cátsup” NMX-F-322-S-1978
pH	“pH of acidified Fruit Products” AOAC 981.12: 1990

* Los análisis fueron realizados por triplicado

6.3.1 Descripción de los métodos de análisis físico-químico:

6.3.1.1 Harina de chocho:

6.3.1.1.1 Diámetro de partícula promedio:

Es el promedio del número de luz de malla de los tamices, superior e inferior por los que pasa y es retenida la harina respectivamente. La harina pasó por los tamices: No 10, No 20, No 40, No 60 y No 80. Se recogieron las muestras retenidas en los tamices (No 40, No 60 y No 80) de manera individual, según lo que quedó después del proceso. Las muestras que pasaron por los tamices No 10 y No 80 no se usaron en el experimento.

6.3.1.2 Salsa en evaluación:

6.3.1.2.1 Densidad relativa:

Debido a que no es posible calcular la densidad del fluido con precisión, se usa como aproximación, y de acuerdo a lo establecido en el “*Specific Gravity (Apparent) of Distilled Liquors, Pycnometer Method*” AOAC 945.06: 1990, la densidad relativa del fluido. Se usó una adaptación del método reemplazando el picnómetro por la probeta ya que la consistencia del producto evitó seguir el procedimiento a cabalidad.

6.3.1.2.2 Viscosidad aparente:

El análisis de esta variable fue realizado con la ayuda del equipo Brookfield modelo LVDV-Edigital a las muestras con temperatura de 22 ± 1 °C. Se usaron las agujas número 63 y 64 con una velocidad de 1 rpm. El Anexo 10 muestra las mediciones y, junto a ellas, los parámetros de cada repetición. Previo a la medición se calibra el equipo con la muestra en estudio, según el rango de viscosidad del material, ajustando la aguja para medición y mediante la opción AUTORANGE. Se asegura que el motor esté apagado, se elige la aguja

en uso, la velocidad en rpm, se ubica la aguja dentro de la muestra hasta la marca y se enciende el motor. Debe esperarse que la medición se estabilice, se otorga valores de viscosidad (cP o mPas) y porcentaje de torque, que debe estar sobre el 10% para mayor precisión. Se apaga el motor y se remueve la aguja para limpiar.

6.3.1.2.3 Tiempo aproximado de sedimentación:

El cálculo de tiempo de precipitación se lo realiza con la ayuda de la ley de Stokes. Se realizaron los análisis respectivos de diámetro medio de partícula de la harina (sección 5.3.2.1.1), viscosidad del medio (sección 5.3.1.2.2 Viscosidad aparente), densidad de partícula (en base a la composición porcentual de la sección 5.3.2.1.6) y densidad del fluido; y las variables se remplazaron en la ecuación de la sección 5.3.2.2.2 Tiempo de sedimentación.

6.3.1.2.4 Método cualitativo de sedimentación:

Una muestra de $12.5\text{g} \pm 0.1$ de cada uno de los tratamientos fue ubicada en un tubo de ensayo para ser centrifugado a 3500 rpm durante 30 minutos. De cada uno de los tubos se tomaron fotografías para denotar la formación de fases.

6.3.2. Procedimientos matemáticos para cuantificar variables:

6.3.2.1 Harina de chocho:

6.3.2.1.1 Diámetro de partícula promedio:

La harina pasó por diferentes tamices. La que atraviesa el tamiz 20 mesh tiene el siguiente tamaño promedio de partícula:

Tamiz superior= 20 mesh = 850 μm

Tamiz inferior= 40 mesh= 250 μm

Tamaño medio (a través de 20 mesh) = $\frac{850 + 250}{2}$ = 550 μm

Tamaño de partícula de la harina que atraviesa el tamiz 40mesh:

Tamiz superior= 40 mesh= 250 μm

Tamiz inferior= 60 mesh= 180 μm

Tamaño medio (a través de 40 mesh)= $\frac{250 + 180}{2} = 215\mu\text{m}$

Tamaño de partícula de la harina que atraviesa el tamiz 60mesh:

Tamiz superior= 60 mesh= 180 μm

Tamiz inferior= 80 mesh= 150 μm

Tamaño medio (a través de 60 mesh)= $\frac{180 + 150}{2} = 165 \mu\text{m}$

6.3.2.1.2 Densidad de partícula:

Composición de harina de chocho: se detalla en la Tabla 8

Tabla 8

Análisis porcentual de la harina de chocho desamargado

Componente	Porcentaje base húmeda (%)
Proteína	28.7017
Grasa	18.7369
Carbohidratos	38.9923
Humedad	4.5467
Cenizas	9.0225

Temperatura: $22 \pm 1^\circ\text{C}$ (consumo habitual de salsa)

Densidad por componentes (Choi y Okos, 1986):

La densidad de partícula se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad de partícula} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i}{\rho_i} + \frac{m_2}{\rho_2} + \dots + \frac{m_n}{\rho_n} \right)} \quad (\text{Lewis, 1993})$$

Donde:

m_1 a m_n : fracciones individuales de los componentes

ρ_1 a ρ_n : densidad de los componentes

n : número de componentes

6.3.2.2 Salsa en evaluación:

6.3.2.2.1 Tiempo de sedimentación:

Dato ejemplo: Tratamiento A repetición 1 (Anexo 11)

La ley de Stokes se resume en la siguiente ecuación:

$$V_{tr}: \text{Velocidad real de caída (m/s)} = \frac{[g \times D^2 \times (\rho_p - \rho_f)]}{(18 \times \eta)} \quad (\text{Geankoplis, 1998})$$

Donde:

g : aceleración de la gravedad (m/s^2) = 9.8066

D^2 : diámetro de la esfera (harina) promedio al cuadrado (m^2)

ρ_p : densidad de partícula (kg/m^3) = 1,333.2822

ρ_f : densidad del fluido (kg/m^3)

η^* : viscosidad (kg/(m \times s))

*viscosidad aproximada debido a que no se identificó tipo de fluido (*Velocidad de medición de viscosidad en viscosímetro de Brookfield = 1 rpm*). Adicionalmente, las mediciones fueron realizadas con la aguja No 64, con excepción de los tratamientos A, D y G en los que se usó la aguja No 63. No se encontró la forma de corregir los valores experimentales a fin de ser expresados en términos de una aguja. El Anexo 12 establece el rango de viscosidad de cada aguja, lo que impidió la medición con solamente una; de todas maneras, para que los datos sean comparables entre sí, las condiciones experimentales como: la velocidad del rotor, el porcentaje de torque y la temperatura del producto, fueron controladas apropiadamente.

$V_{tr}: \text{Velocidad real de caída (m/s)} = 5.0636 \times 10^{-11} \text{ m/s}$

$$\text{Velocidad terminal o velocidad real de caída (Vtr)} = \frac{d}{t} \rightarrow tr = \frac{d}{Vt}$$

Donde:

d : distancia = 0.0100 (m) *; tr : tiempo real de caída (s)

$$tr(s) = 1.97 \times 10^8 \rightarrow tr(\text{días}) = 2,285.7498$$

$$V_{tc} = \text{Velocidad de caída con centrifugación (m/s)} = \frac{[W^2 \times R \times D^2 \times (\rho_p - \rho_f)]}{(18 \times \eta)}$$

(Geankoplis, 1998)

W^2 : velocidad angular de la centrífuga² (rad/s)² = 366.5191²

$$3,500 \text{ rpm} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rpm}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{366.5191 \text{ rad}}{\text{s}}$$

R : radio de la centrífuga (m) = 0.1920

D^2 : diámetro de la esfera (harina) al cuadrado (m²)

ρ_p : densidad de partícula (kg/m³) = 1,333.2822

ρ_f : densidad del fluido (kg/m³)

η : viscosidad (kg/(m x s))

$$V_{tc} = \text{Velocidad de caída con centrifugación (m/s)} = 1.3318 \times 10^{-07}$$

$$\text{Velocidad terminal (Vtc)} = \frac{d}{t} \rightarrow tc = \frac{d}{V_{tc}}, \text{ donde:}$$

d : distancia = 0.0100 (m) *; tc : tiempo de caída con centrifugación (s)

$$tc(s) = 75,087.2731 \rightarrow tc(h) = 20.8576$$

* 0.0100 m es el valor referencial que facilita los cálculos de tiempo de sedimentación de los diferentes tratamientos. Este valor indica el momento que inicia el proceso de sedimentación.

6.4 Evaluación sensorial:

6.4.1 Grupo focal:

6.4.1.1 Objetivo:

Conocer la opinión del consumidor sobre el producto y definir si el vehículo usado es el apropiado para la realización de pruebas posteriores de nivel de agrado, preferencia y aceptación o preferencia de compra.

6.4.1.2 Metodología:

Se realizó una sola sesión en la cual se convocó a ocho jueces consumidores y se siguió el guión previamente establecido (anexo13). La sesión fue dividida en dos partes, por lo que el prototipo escogido se presentó dos veces y de diferente manera. En la primera parte, la muestra se ofreció en fuentes de vidrio de capacidad 250 mL y se dio la oportunidad a todos los participantes de opinar sobre su apariencia, es decir que no se les permitió probar la salsa. En la segunda parte, se mostró la salsa sobre una porción de papa previamente preparada y se pidió a los jueces que saboreen la salsa y califiquen su sabor y textura; adicionalmente se explicó que deben concentrarse en los aspectos de la salsa mas no en el vehículo, que es la papa. Las muestras se ofrecieron a temperatura de $22 \pm 1^\circ\text{C}$, simulando el consumo habitual.

6.4.1.3 Evaluador:

El número de participantes fue ocho, cinco del género femenino y tres del masculino, con un rango de edad de 21 a 33 años dentro de un nivel socioeconómico medio. Este nivel socioeconómico fue escogido debido a que el producto es de tipo gourmet, y la edad, por la funcionalidad que tiene el producto, al ser de fácil y rápido uso en los alimentos, lo que atrae a este grupo de jóvenes adultos.

6.4.1.4 Muestra:

Fue analizada una sola muestra. El prototipo de salsa agridulce a base de mango y maracuyá con harina de chocho elegida fue aquella que tuvo 0.6% de goma xantán y 165 μm de tamaño de partícula medio de harina de chocho (Tratamiento C), debido a que presentó menor velocidad de sedimentación, tomando en cuenta que es la variable de mayor importancia en el estudio; además, este tratamiento posee la mayor viscosidad.

Para la prueba de textura y sabor, se usó como vehículo papa de variedad Súper Chola, previamente cocida durante 10 minutos en inmersión en solución de 5g de sal por cada 100g de agua. Antes de la cocción, la papa fue pelada y cortada según la especificación de $1.5 \pm 0.1 \text{cm}^2$.

6.4.2. Perfil afectivo del producto:

6.4.2.1 Objetivo:

Analizar el agrado, la preferencia y la aceptación de la salsa de mango y maracuyá con harina de chocho.

6.4.2.2 Metodología:

Se realizó un estudio afectivo de agrado, preferencia por ordenamiento y preferencia de compra en cuatro sesiones (una por día) en las cuales, un total de 110 jueces consumidores evaluaron tres muestras y llenaron la hoja de formato (Anexo 14). La evaluación tomó entre ocho a diez minutos por juez y fue dividida en tres partes: nivel de agrado con escala hedónica de siete puntos (Anexo 15), preferencia a través de ordenamiento y preferencia de compra. Las tres muestras codificadas fueron presentadas al mismo tiempo, en orden aleatorio para evitar el efecto de contraste (Espinosa, 2007) y de manera uniforme, es decir que se presentaron 10 ± 1 gramos de salsa con temperatura de 20 ± 3 °C sobre una porción de papa ($1.5 \pm \text{cm}^2$) en un plato de poliestireno de 10 cm. En

la primera parte de la prueba, nivel de agrado, se indicó a los jueces que prueben las muestras una por una, la evalúen, tomen agua y procedan con la siguiente hasta terminar. En la segunda parte, prueba de preferencia, se pidió que evalúen las muestras al ordenarlas según su preferencia, siendo el número 1 el de mayor preferencia y el 3 de menor. En la tercera parte se solicitó que responda si compraría la salsa de mayor preferencia.

Para estandarizar los factores en las sesiones, se prefirieron los horarios de 10 a 12 am y de 3 a 5 pm, se consideró que no existan distractores como música o ruido, se buscó un lugar iluminado adecuadamente, se recomendó un tiempo entre 15 y 30 segundos entre muestra y muestra para evitar el efecto de contraste y el de convergencia y se explicó claramente que el juez debe enfocarse en la salsa y no en la papa para su evaluación (Pedrero, & Pangborn, 1997).

6.4.2.3 Evaluador:

Se escogió un total de 110 jueces consumidores no entrenados, entre hombres y mujeres, con un rango de edad de 20 a 35 años dentro de un estatus socioeconómico medio. El tamaño de la muestra (100 a 150) fue elegido según la tabla MIL-STD-414: con un nivel de inspección de III y IV (Anexo 16).

6.4.2.4 Muestras:

Fueron analizadas tres muestras que se codificaron con números de tres dígitos, definidos con ayuda de una tabla de números aleatorios (Arribas, 2009). Las muestras fueron elaboradas dos semanas previas a la prueba y almacenadas en refrigeración, a 4 ± 2 °C. La primera muestra (No 806) tuvo una cantidad de 0.6% de goma xantán y 165 μm de tamaño de partícula de harina de chocho (tratamiento C); esta fue elegida según la tabla de ponderación del Anexo 21, debido a que presentó los mayores valores de ponderación con respecto a viscosidad y tiempo de sedimentación. Se eligieron dos muestras más que consideraron otras características: la muestra (No 510) tuvo 0.2% de goma y 165 μm de

tamaño partícula de harina de chocho (tratamiento A), es el de menor consistencia y por ende es el que más se asemeja a las salsas agridulces presentes en el mercado quiteño (Anexo 8 y 9), además, es la muestra que presenta mayor densidad; y, la muestra (No 985), con 0.2% de goma y 215 μm de tamaño partícula de harina de chocho (tratamiento D) tiene el tamaño de partícula de harina ideal para facilitar la mezcla en la producción de la salsa (absorción de agua vs. tamaño de partícula), sin tomar en cuenta los tratamientos que poseen un mayor tamaño, 550 μm (G, H, I), ya que dieron como resultado un tiempo de sedimentación menor a las del mercado; además, su granulometría es más fácil de obtener; y para la elaboración de esta muestra se requiere menor cantidad de goma. Por lo tanto, en una posible industrialización del producto el costo/beneficio sería mayor.

6.4.2.5 Análisis estadístico:

Los datos fueron analizados con los programas Microsoft Excel 2007 y Minitab versión 15. Para la prueba de nivel de agrado se obtuvieron las medias y el análisis de varianza con un solo factor (ANOVA) mediante el programa Minitab versión 15. Adicionalmente, se determinaron las frecuencias de “me agrada mucho” y “me desagrada mucho” con la ayuda del programa Microsoft Excel 2007. Para la prueba de preferencia por ordenamiento se usó el método de Friedman (comparación de dos muestras), según la norma argentina IRAM 20010 (1997). Para el análisis de preferencia de compra se obtuvieron las medias de las respuestas positiva y negativa y se encontró el porcentaje de preferencia con la ayuda del programa Microsoft Excel 2007. En todos los análisis estadísticos se utilizó un nivel de significancia del 5%.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Experimento I:

Los tratamientos fueron denominados como establece la Tabla 9.

Tabla 9

Tratamientos del primer experimento

<i>TIEMPO(horas)</i>	<i>TEMPERATURA (°C)</i>		
	<i>50</i>	<i>60</i>	<i>70</i>
<i>5</i>	1	4	7
<i>5.5</i>	2	5	8
<i>6</i>	3	6	9

A continuación, se observa la prueba estadística (ANOVA) realizada a los datos de humedad para establecer diferencias significativas entre las medias de los tratamientos con 5% de probabilidad de error.

Tabla 10

Análisis de varianza (ANOVA) de humedad los tratamientos (harina de chocho)

<i>FV</i>	<i>Gl</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft (0.05)</i>
<i>Total</i>	26	4,449.44	171.13		
<i>Tratamientos</i>	8	4,442.76	555.35	1498.16*	2.51
<i>Temperatura (A)</i>	2	120.77	60.39	162.90*	3.55
<i>Tiempo(B)</i>	2	4,166.34	2,083.17	5619.79*	3.55
<i>Interacción AxB</i>	4	155.64	38.91	104.97*	2.93
<i>Error experimental</i>	18	6.67	0.37		

**significativo al 5% de probabilidad por la prueba F
Coeficiente de variación CV (%) = 5.44*

Los valores F calculados del Análisis de Varianza (Tabla 11), muestran que existió una influencia del tiempo y temperatura sobre la variable humedad. Es decir, que existió un cambio en la humedad del chocho al ser sometido a aire seco con diferentes temperaturas y

durante distintos tiempos. Esto se da debido a los movimientos de agua bajo fuerzas de capilaridad, difusión del líquido debido a gradientes de concentración, difusión de vapor de agua en el aire que llena los poros, flujo debido a gradientes de presión y flujo debido a la secuencia de vaporización - condensación (Barbosa, & Vega, 2000).

La siguiente tabla muestra las medias de la variable humedad de los tratamientos, en orden descendente según su valor.

Tabla 11

Humedad (%) de tratamientos para elaboración de harina de chocho

TRATAMIENTOS	HUMEDAD (%) *	
	<i>Media aritmética</i>	<i>Desviación estándar</i>
8	1.34 ^a	0.07
9	1.39 ^a	1.19
7	2.27 ^a	0.09
6	2.44 ^a	0.03
5	2.54 ^a	0.19
4	4.55 ^b	0.14
3	21.07 ^c	0.86
2	32.10 ^d	1.57
1	33.05 ^d	0.18

* *Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad de error por la prueba de Tukey ($T = Q_p * S_x = 1.744$).*

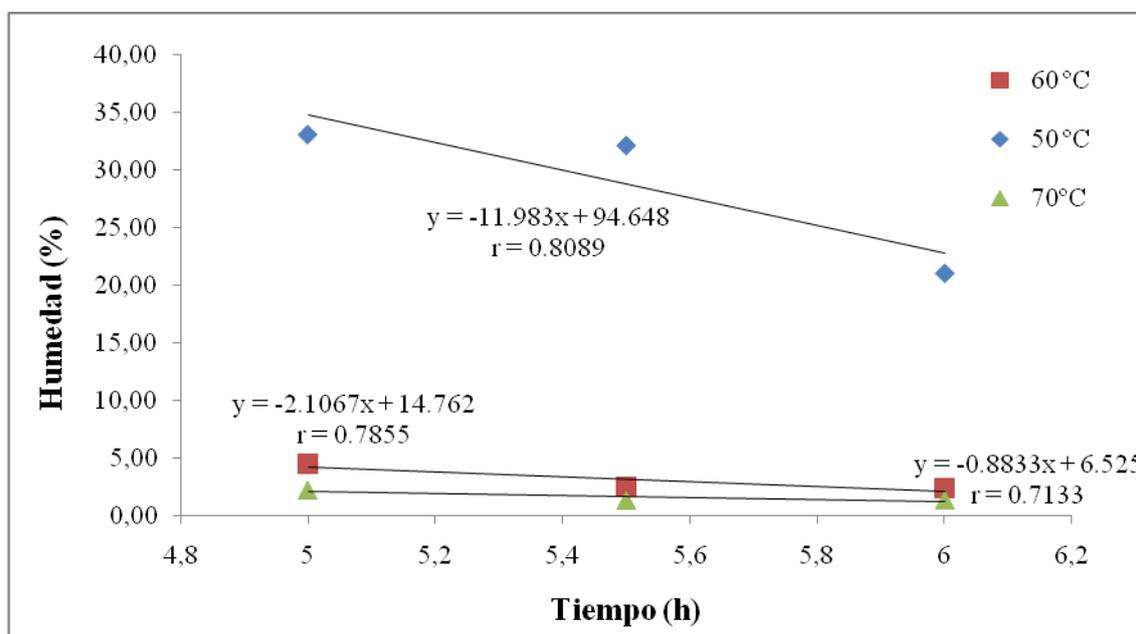
La humedad disminuyó mientras la temperatura incrementó. Esto se pudo observar en los tratamientos 1 (sometido a 50 °C), 4 (a 60 °C), y 7 (a 70 °C), cuyas humedades promedio fueron 33.05, 4.55 y 2.27 % respectivamente, y todos fueron expuestos al mismo tiempo (5 h) en el secador. El aire caliente permite la interacción de energía y se moviliza dentro del horno de convección, lo que facilita la extracción del agua libre del alimento; el calor del aire tiene que ser superior al calor latente de vaporización para que la operación tenga éxito (Earle, 1998). Además, la diferencia de temperaturas entre el objeto y el aire es

clave en la transmisión de calor hasta que reemplace al calor latente de vaporización, lo que significa que el alimento se secará (Geankoplis,1998). Entonces, entre mayor sea la temperatura del aire seco, es más fácil retirar el agua del chocho.

El gráfico 1 muestra la relación del tiempo de exposición de la harina de chocho (h) y la humedad (%) a las diferentes temperaturas.

Gráfico 1

Humedad (%) vs tiempo de exposición (h) de la harina de chocho a las diferentes temperaturas.



La humedad disminuyó mientras el tiempo incrementó. Los tratamientos 1, 2 y 3, con temperatura de 50 °C pero con tiempos diferentes (5, 5.5 y 6 h), tuvieron humedades de 33.05, 32.1, y 21.07 % respectivamente (Tabla 12). Un mayor tiempo de exposición al aire caliente facilita la vaporización, por lo que el alimento se seca más (Earle, 1998). Se debe considerar que en la primera parte del proceso de secado, la temperatura del aire facilita la evaporación rápida del agua libre de la harina y debido a esto la temperatura del alimento no cambia (Barbosa, & Vega, 2000).

El tiempo y la temperatura a la que fue sometido el chocho produjeron cambios perceptibles en el mismo. El grano expuesto a una temperatura de 70 °C en 6 horas (tratamiento 9) presentó mayores daños en su textura y cambios de color y sabor. De esta manera, la dureza del chocho fue mayor, el color se volvió oscuro y su sabor fue ligeramente a caramelo. Barbosa y Vega (2000) además afirman que el proceso de secado produce otros cambios como la cristalización de los polisacáridos y facilita la pérdida de varios compuestos por calentamiento y eliminación de agua. Entre los nutrientes más afectados se encuentra la tiamina (vitamina B1) componente que aporta beneficios al individuo que lo consume.

El tratamiento térmico escogido para el secado de chocho fue de 60°C durante 5h (Tratamiento 4), ya que su humedad fue de 4.5 %, valor más cercano a la referencia de 7 % (Tabla 4). Los valores de humedad de los tratamientos 1, 2 y 3 sufren una reducción drástica ya que el aire retira el agua libre de la leguminosa. Los tratamientos 5, 6, 7, 8 y 9 presentaron humedades con valores estadísticamente iguales, pues la humedad empieza a ser constante ya que las condiciones del secado cambian al igualársela presión del producto y la presión de vapor del aire de secado.

7.2 Experimento II:

Los tratamientos del segundo experimento fueron denominados de la siguiente manera:

Tabla 12

Tratamientos del segundo experimento

<i>GOMA (%)</i>	<i>TAMAÑO DE PARTÍCULA MEDIO</i>		
	<i>165µm (60 mesh)</i>	<i>215µm (40 mesh)</i>	<i>550 µm (20 mesh)</i>
<i>0.2</i>	A	D	G
<i>0.4</i>	B	E	H
<i>0.6</i>	C	F	I

El análisis de varianza ANOVA realizada a los datos de la variable densidad para establecer diferencias significativas entre las medias de los tratamientos con 5% de probabilidad de error se detalla a continuación:

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) de densidad de los tratamientos(salsa)

<i>FV</i>	<i>gl</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft (0.05)</i>
<i>Total</i>	26	0.0766	0.0029		
<i>Tratamientos</i>	8	0.0732	0.0091	48.4655*	2.51
<i>Tamaño de partícula (A)</i>	2	0.0104	0.0052	27.4404*	3.55
<i>Cantidad de goma xantán (B)</i>	2	0.0512	0.0256	135.5901*	3.55
<i>Interacción AxB</i>	4	0.0116	0.0029	15.4157*	2.93
<i>Error experimental</i>	18	0.0034	0.0002		

**:significativo al 5% de probabilidad por la prueba F
Coeficiente de variación CV (%)= 1.33*

El CV calculado (1.33%) indica que existió una baja variación en los datos por el alto control de factores experimentales. Esto se da, primeramente, gracias a que la temperatura de medición fue controlada de forma estricta.

La siguiente tabla muestra las medias de la densidad de los tratamientos del segundo experimento, en orden descendente según su valor.

Tabla 14

Densidad de la salsa (kg/m³) de los tratamientos (salsa)

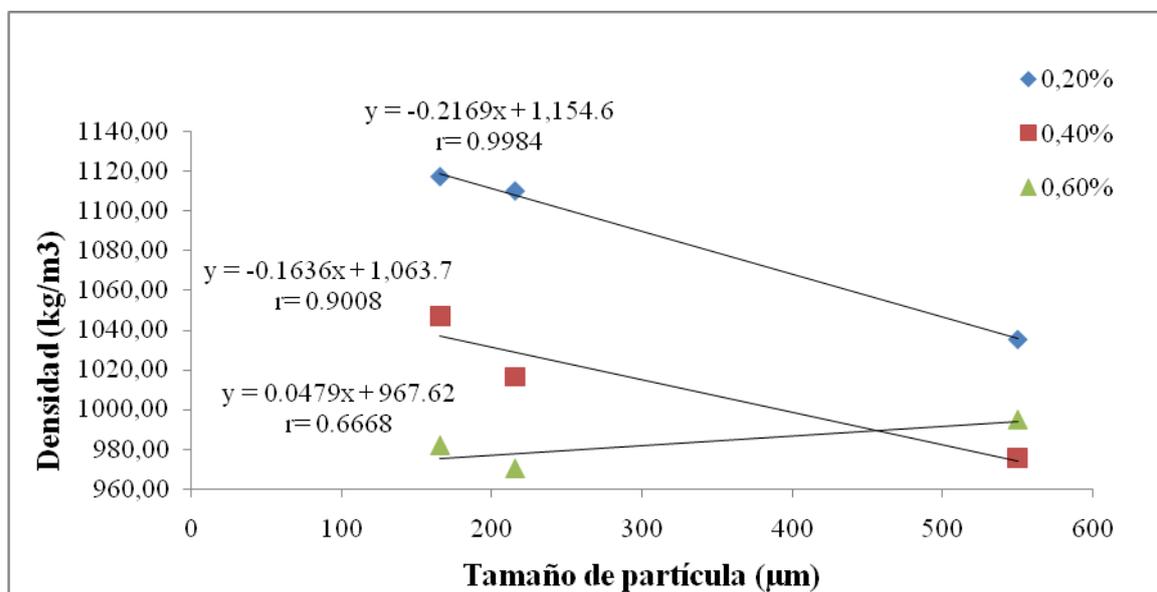
TRATAMIENTOS	DENSIDAD (kg/ m³) *	
	Media aritmética	Desviación estándar
A	1117.15 ^a	0.002
D	1109.96 ^a	0.006
B	1047.23 ^b	0.018
G	1035.10 ^b	0.018
E	1016.47 ^{bc}	0.002
I	994.92 ^{cd}	0.022
C	982.06 ^{cd}	0.012
H	975.29 ^d	0.018
F	970.39 ^d	0.008

*: Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí con 5% de probabilidad de error por la prueba de Tukey ($T = Q_p * S_x = 39.34$).

Según las medias obtenidas, existió una disminución de los valores de densidad a medida que el tamaño de partícula de la harina de chocho del tratamiento disminuyó (Gráfico 2). Al observar los tratamientos A (tamaño de partícula de harina: 165 μ m), D (215 μ m) y G (550 μ m), con la misma cantidad de goma (0.2 %), se obtuvieron valores de densidad 1117.15 kg/m³, 1109.96 kg/m³ y 1035.10 kg/m³. Esta tendencia no se cumple cuando se consideró la salsa que contiene el tamaño de partícula más alto (550 μ m) y mayor cantidad de goma (0.6 %) (Tratamiento I).

Gráfico 2.

Relación del tamaño de partícula de la harina de chocho (μm) y la densidad del fluido (kg/m^3)



Además, existió una disminución de los valores de densidad a medida que la cantidad de goma xantán incrementa. Por ejemplo, los tratamientos A (0.2 % de goma xantán), B (0.4 %) y C (0.6 %), con el mismo tamaño de partícula de harina: $165\mu\text{m}$ tuvieron valores de densidad $1,117.15 \text{ kg}/\text{m}^3$, $1,047.23 \text{ kg}/\text{m}^3$ y $982.06 \text{ kg}/\text{m}^3$. La cantidad de goma influye en la variable viscosidad. No existe una relación entre densidad de los fluidos y viscosidad, pero ambas variables disminuyen de manera independiente en cuanto incrementa la temperatura.

El Anexo 17 confirma las tendencias anteriormente y adicional a esto, demuestra que el efecto del tamaño de partícula de la harina sobre la densidad es menor que el de la cantidad de goma sobre la densidad.

La variable densidad aparece en la ecuación de Stokes como una diferencia entre la densidad de la partícula y el fluido, lo que guarda relación con la ley de Arquímedes. Con respecto a la densidad de partícula, el dato teórico obtenido fue $1,333.2822 \text{ kg}/\text{m}^3$ (sección

5.3.2.1.5); este valor guarda relación con las densidades de partícula de harinas de cereales ($1,493.34 \text{ kg/m}^3$), leche en polvo ($1,362.33 \text{ kg/m}^3$) y suero en polvo ($1,227.81 \text{ kg/m}^3$) (Pordesimo, Onwulata, & Carvalho, 2007). Estas dos variables, densidad de partícula y densidad de fluido, se relacionan íntimamente para el establecimiento de tiempo de sedimentación ya que entre más cercana sea la densidad de fluido a la de partícula, el valor de la velocidad de sedimentación será menor, dando por lo tanto, un valor de tiempo de sedimentación mayor. Obedeciendo a este razonamiento, y según la prueba Tukey, los tratamientos cercanos a $1,333.2822 \text{ kg/m}^3$ y que no difieren entre sí al 5% de probabilidad de error fueron A y D; ambos tratamientos tendrían un mayor tiempo de sedimentación según la ley de Stokes.

El análisis de varianza (ANOVA) de los datos de viscosidad proporcionó el siguiente cuadro:

Tabla 15

Análisis de varianza (ANOVA) de viscosidad de los tratamientos (salsa)

<i>FV</i>	<i>Gl</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i> <i>(0.05)</i>
Total	26	93,123'353,518.52	3,581'667,443.02		
Tratamientos	8	90,750'725,185.19	11,343'840,648.15	86.06*	2.51
Tamaño de partícula (A)	2	1,322'869,074.07	661'434,537.04	5.02*	3.55
Cantidad de goma xantán(B)	2	89,040'411,296.30	44,520'205,648.15	337.75*	3.55
Interacción AxB	4	387'444,814.81	96'861,203.70	0.73 ^{NS}	2.93
Error experimental	18	2,372'628,333.33	131'812,685.19		

*: *significativo al 5% de probabilidad por la prueba F*

NS: *no significativo al 5% de probabilidad por la prueba F*

Coefficiente de variación CV (%) = 8.55

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA) afirman que tanto la concentración de goma xantán como el tamaño de partícula de la harina influyen sobre la viscosidad de la salsa, siendo que la cantidad de goma lo hace en mayor proporción según el valor F calculado. Sin embargo, cuando se analiza la interacción entre ambos factores, no hubo significación al 5% de probabilidad de error. El valor de F calculado demuestra que no existe una influencia en la viscosidad de la salsa cuando estos dos factores son analizados en conjunto.

El coeficiente de variación obtenido, 8.55 % (Tabla 15), se debe al amplio rango con el que se midió la viscosidad, en un viscosímetro de Brookfield LVDV-E, que debe ser precalibrado de forma experimental, además, es posible que el usar diferentes agujas conlleve a reducir la precisión de los datos.

A continuación, se encuentran las medias de viscosidad de los tratamientos y junto a sus valores, las letras que permiten clasificar a las medias como iguales según Tukey, con $\alpha=0.05$

Tabla 16.

Viscosidad (cP) de los tratamientos (salsa)

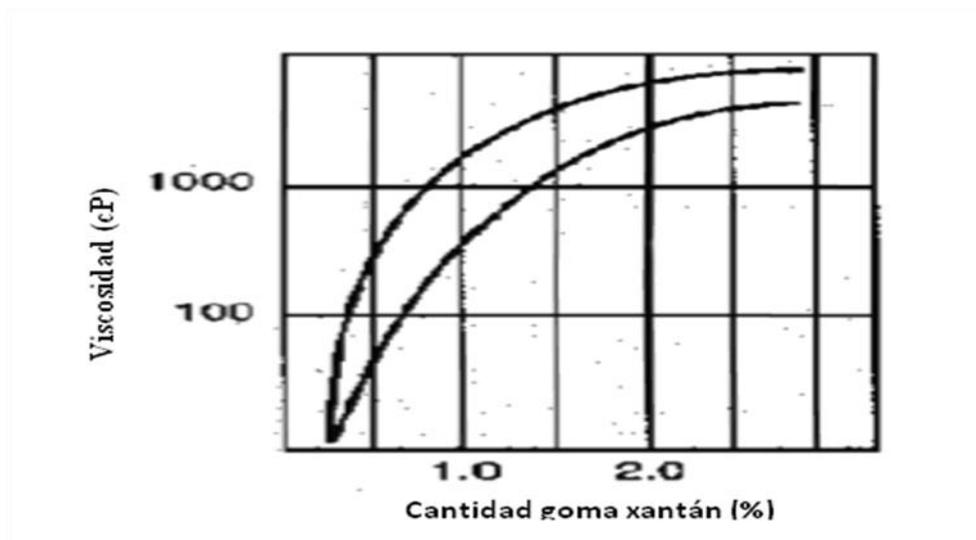
TRATAMIENTOS	VISCOSIDAD (cP)*	
	Media aritmética	Desviación estándar
C	206,200.00 ^a	20787.50
I	197,600.00 ^a	16824.98
F	178,600.00 ^{ab}	4256.76
H	156,400.00 ^{bc}	9223.88
B	156,200.00 ^{bc}	5765.41
E	142,800.00 ^c	17889.66
A	62,466.67 ^d	2084.07
G	54,800.00 ^d	3078.96
D	53,116.67 ^d	900.46

*: Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí con 5% de probabilidad de error por la prueba de Tukey ($T = Q_p * S_x = 32,877.57$).

En cuanto a la viscosidad, los resultados mostraron una relación directamente proporcional con la concentración de goma; es decir, entre mayor cantidad de goma se añadió a la salsa, la viscosidad fue más alta. Según Quiminet (2003), existe una relación concentración/viscosidad en soluciones de goma xantán (Gráfico 3). En las muestras que contienen harina de chocho con un tamaño medio de partícula de 165 μm , la viscosidad inició con 62,466.67 cP (0.2% de goma), incrementó a 156,200.00 cP (0.4% de goma) y finalizó en 206,200.00 cP (0.6% de goma). La misma tendencia se presentó en las muestras con un tamaño medio de partícula de 215 μm y 550 μm .

Gráfico 3

Relación entre viscosidad de la salsa y porcentaje de goma xantán

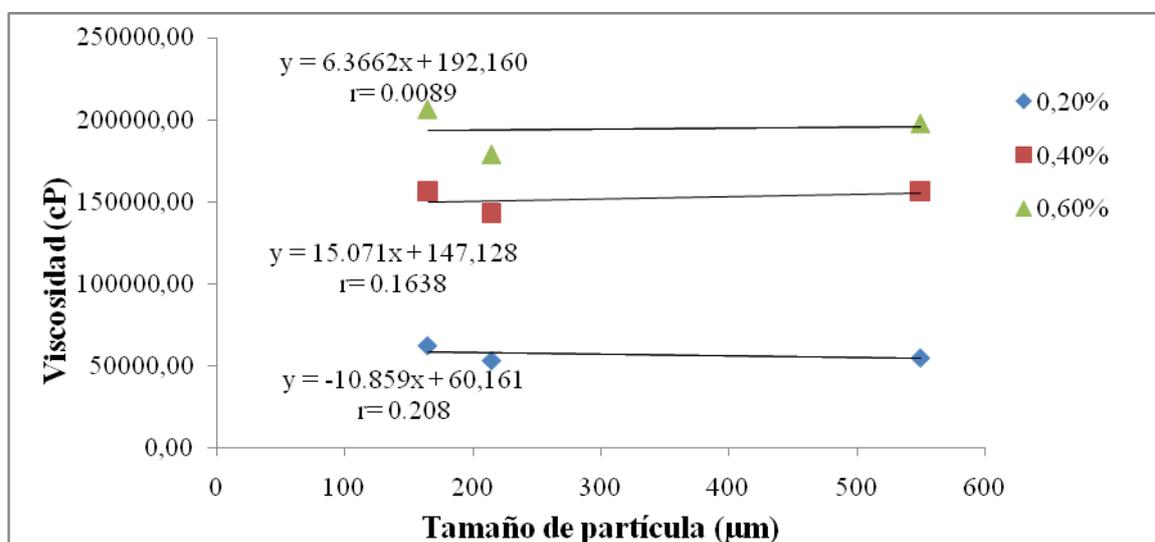


FUENTE: Quiminet, 2003

Al analizar los valores de viscosidad en los tratamientos con la misma cantidad de goma y cuyo tamaño de partícula varía, se encuentra que la viscosidad incrementa en el siguiente orden: 215 μm < 550 μm < 165 μm . Esta tendencia también se puede observar en el Anexo 18y gráfico 4.

Gráfico 4

Relación del tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y la viscosidad (cP) de los tratamientos.



Para analizar la relación de densidad (diferencia entre densidad de fluido y partícula) y viscosidad de los tratamientos, se obtuvieron sus medias en siguiente tabla:

Tabla 17.

Relación de medias de diferencia de densidades (de fluido y de partícula) y viscosidad

TAMAÑO DE PARTÍCULA MEDIO						
GOMA (%)	165 μm (60 mesh)		215 μm (40 mesh)		550 μm (20 mesh)	
	Viscosidad (cP)	Diferencia Densidades (kg/m^3)	Viscosidad (cP)	Diferencia Densidades (kg/m^3)	Viscosidad (cP)	Diferencia Densidades (kg/m^3)
0.2	62,466.67	216.13	53,116.67	223.32	54,800.00	298.19
0.4	156,200.00	286.05	142,800.00	316.81	156,400.00	357.99
0.6	206,200.00	351.22	178,600.00	362.89	197,600.00	338.36

La ley de Stokes relaciona de manera directa la diferencia entre las densidades (de fluido y de partícula) y la viscosidad de fluido. Se tiene ahora, los valores de 181.53 kg/m^3 , 251.45 kg/m^3 y 316.61 kg/m^3 para los tratamientos A, B y C cuando se resta la densidad de partícula de la harina de chocho (1,333.2822 kg/m^3) de las densidades de las salsas de cada tratamiento. Se confirma así, la tendencia directa entre ambas variables.

Para analizar la relación de consistencia y viscosidad de los tratamientos, se obtuvieron sus medias en siguiente tabla:

Tabla 18.

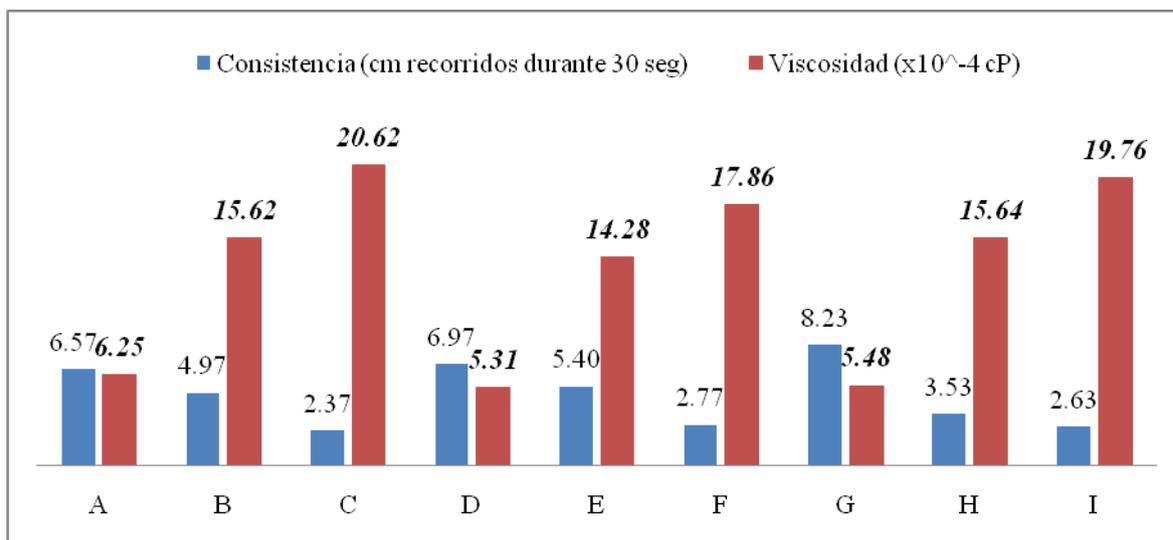
Relación de medias de consistencia y viscosidad

TAMAÑO DE PARTÍCULA MEDIO						
GOMA (%)	165 μm (60 mesh)		215 μm (40 mesh)		550 μm (20 mesh)	
	Viscosidad (cP)	Consistencia (cm)	Viscosidad (cP)	Consistencia (cm)	Viscosidad (cP)	Consistencia (cm)
0.2	62,466.67	6.57	53,116.67	6.97	54,800.00	8.23
0.4	156,200.00	4.97	142,800.00	5.40	156,400.00	3.53
0.6	206,200.00	2.37	178,600.00	2.77	197,600.00	2.63

Adicionalmente, el gráfico 5 muestra barras que facilitan la comprensión de la relación entre la viscosidad y consistencia de los tratamientos.

Gráfico 5

Relación entre viscosidad y consistencia la salsa de los tratamientos



La consistencia y viscosidad permiten analizar la resistencia al flujo de la muestra. Según Hurtado (2001), la consistencia tiene un comportamiento inversamente proporcional a la viscosidad, tomando en cuenta que la consistencia se mide en centímetros recorridos y la viscosidad en centipoise. Este comportamiento se repite cuando se incrementa la cantidad de goma en los tratamientos, mientras que cuando el tamaño de partícula varía, no se observa relación alguna.

Por último, los tratamientos con valores de viscosidad más altos y sin diferencias significativas en base en la prueba de Tukey, fueron el C, F e I (Tabla 17). Teóricamente, según la Ley de Stokes, entre mayor viscosidad presente una sustancia, su velocidad de sedimentación será menor, ya que las partículas suspendidas presentarán mayor resistencia a caer; en la práctica, esto otorgará al producto en estudio una buena apariencia y con ello la aceptación por parte del consumidor.

El análisis de varianza de los datos de tiempo de sedimentación se presenta a continuación:

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA) de tiempo de sedimentación de los tratamientos (salsa)

<i>FV</i>	<i>gl</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft (0.05)</i>
Total	26	67`118,567.83	2`581,483.38		
Tratamientos	8	66`291,480.80	8`286,435.10	180.34*	2.51
Tamaño de partícula (A)	2	53`923,725.26	26`961,862.63	586.77*	3.55
Cantidad de goma xantán (B)	2	8`355,354.66	4`177,677.33	90.92*	3.55
Interacción AxB	4	4`012,400.88	1`003,100.22	21.83*	2.93
Error experimental	18	827,087.03	45,949.28		

**significativo al 5% de probabilidad por la prueba F*

Coefficiente de variación CV (%) = 11.03

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza indican que existe influencia de la concentración de goma y el tamaño de partícula de la harina sobre el tiempo de sedimentación. Analizando los valores F, el tamaño de partícula ejerce un mayor efecto sobre el tiempo de sedimentación; lo que adicionalmente se puede comprobar en el Anexo 19. Esto sucede debido a que lo que influye en el tiempo de sedimentación, de manera inversa, es el cuadrado del diámetro; mientras que la viscosidad, influenciada por el contenido de goma, tiene un efecto lineal directo sobre el tiempo de caída real.

El coeficiente de variación (11.03%) encontrado tiene un valor ligeramente alto debido a que lo reportado es una estimación del tiempo de sedimentación y conlleva las variaciones de cada variable a reemplazar en la ecuación de Stokes.

Los tratamientos tuvieron las siguientes medias de tiempo de sedimentación obtenidas de los datos del Anexo 11. Estas se encuentran en orden descendente según sus valores.

Tabla 20

Tiempo de sedimentación (días) de los tratamientos

TRATAMIENTOS	TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN (días)*	
	Media aritmética	Desviación estándar
C	4,667.16 ^a	560.73
B	4,282.72 ^a	168.03
A	2,264.76 ^b	59.57
F	2,238.39 ^b	18.45
E	2,079.93 ^b	253.25
D	1,107.04 ^c	45.68
I	413.38 ^d	15.20
H	311.32 ^d	19.53
G	128.79 ^d	12.96

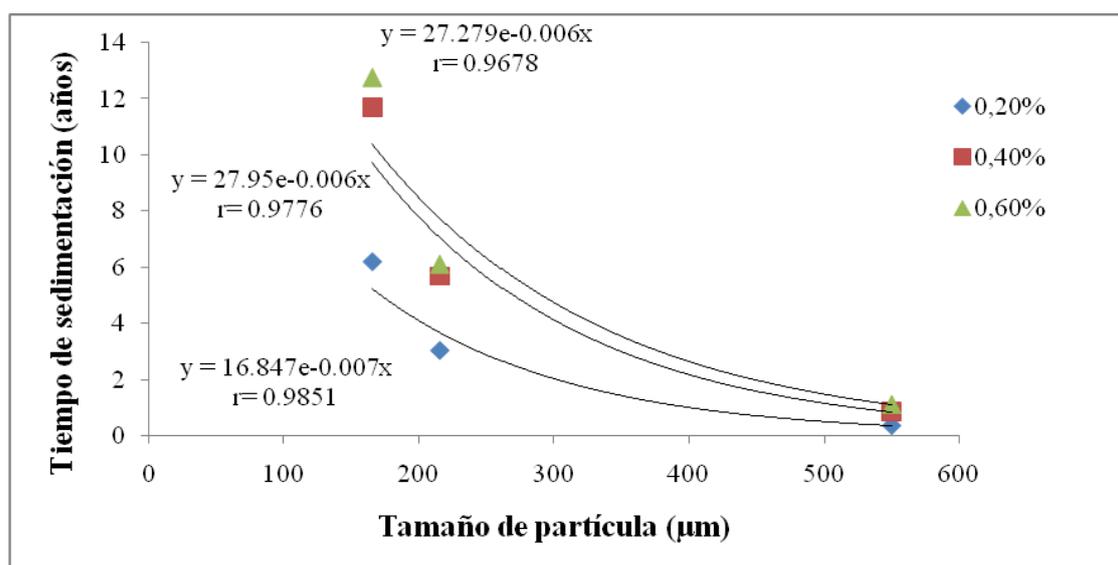
*: Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí con 5% de probabilidad de error por la prueba de Tukey ($T = Q_p * S_x = 613.85$).

El siguiente gráfico indica la relación del tamaño de partícula de harina de chocho y

la viscosidad de los tratamientos con 0.2%, 0.4% y 0.6% de goma xantán:

Gráfico 6

Relación del tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y el tiempo de sedimentación (años) de los tratamientos.



*Tiempo de sedimentación expresado en años para facilidad de escala.

Las muestras sedimentan en mayor tiempo mientras la cantidad de goma incrementa y el tamaño de partícula sea menor. Así, los tratamientos con mayor tiempo de sedimentación, fueron B y C (sin diferencias significativas al 5 % por la prueba de Tukey). El tratamiento C contiene el mayor porcentaje de goma (0.6%) y ambos tratamientos tienen harina con el menor tamaño de partícula ($165\mu\text{m}$). Los tratamientos E y F, con partícula de $215\mu\text{m}$, sedimentan en menor tiempo comparado a los tratamientos A, B y C, lo que concuerda con la ley. En efecto, la ley de Stokes indica que la velocidad de sedimentación presenta una relación directa con el diámetro de partícula e inversa a la viscosidad.

Los gráficos 7 y 8 son fotografías realizadas a los tratamientos luego de centrifugarlos a 3500 rpm durante 15 minutos.

Gráfico 7

Sedimentación de tratamientos A,B,C,D,E luego de la centrifugación

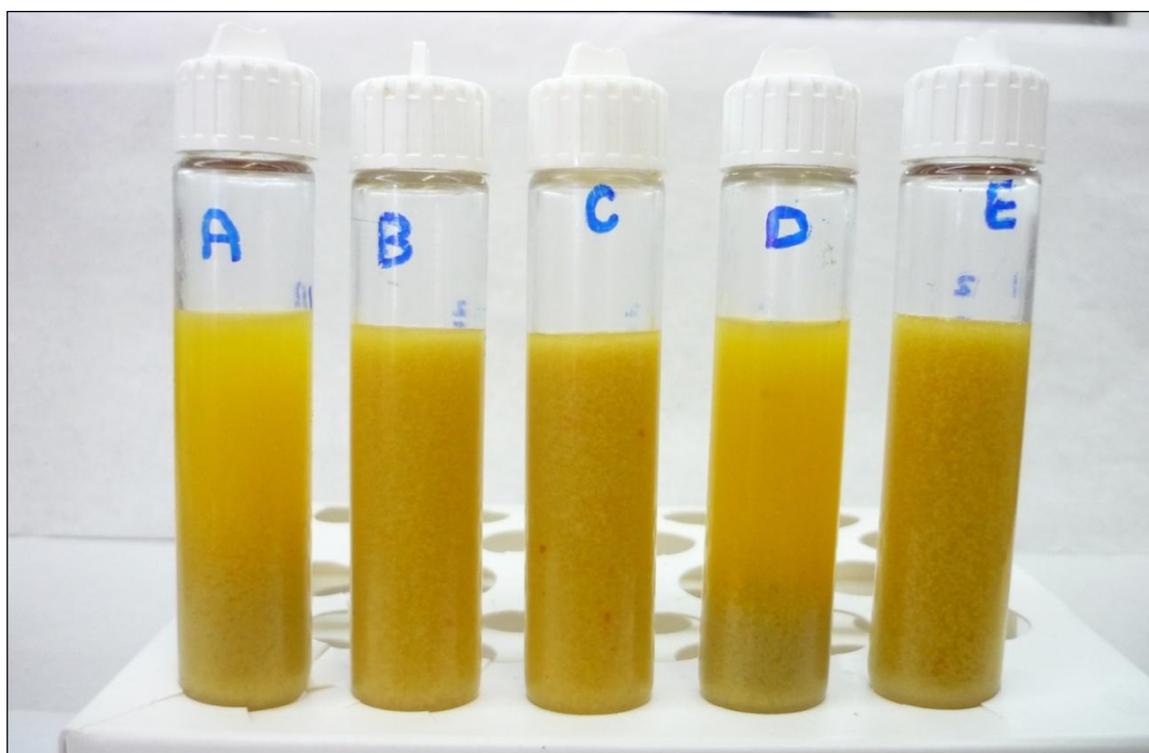
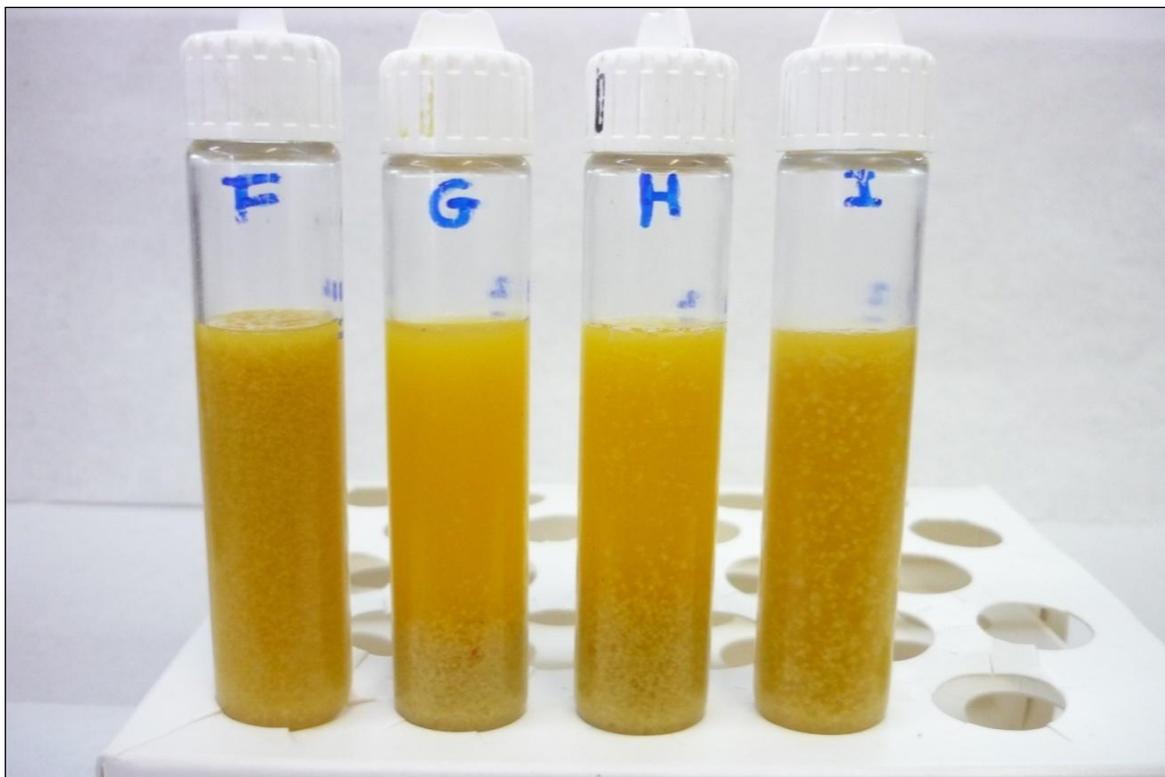


Gráfico 8

Sedimentación de tratamientos F, G, H, I luego de la centrifugación



Con la ayuda del método cualitativo, al centrifugar las salsas, se pudo comprobar que los resultados cuantitativos, coinciden con las aseveraciones antes realizadas. Se pueden observar que los tratamientos A, D, G, con menor concentración de goma (0.2%), mostraron sedimento con mayor claridad; mientras que, en los tratamientos C, F, I, que contienen más goma (0.6%), presentaron mayor estabilidad física en el tiempo, es decir sin separaciones claras, con una leve sedimentación. Si se considera el tamaño de partícula, se puede observar que el primer grupo A, B, C, donde se utilizó un tamaño de $165\ \mu\text{m}$, los tratamientos eran más estables que los de los otros dos grupos con mayor tamaño de partícula. Así mismo, los tratamientos G, H, I, que poseen el tamaño de partícula más grande ($550\ \mu\text{m}$), presentaron una sedimentación mayor. Sin embargo, las observaciones obtenidas por este método cualitativo son únicamente una referencia. Luego que los tratamientos fueron centrifugados tuvieron un comportamiento distinto dependiendo de su

composición y tamaño de partícula de la harina; de todas maneras, se presentaron zonas bien diferenciadas: en la parte superior se encuentra una zona de líquido claro; más abajo, otra zona de composición más o menos constante, debida a la velocidad de sedimentación uniforme de todos los tamaños de partícula; y, en el fondo, una zona de sedimento (Earle, 1998). Esta metodología proporciona información útil para corroborar con los datos cuantitativos.

Es importante tomar en cuenta que la velocidad de sedimentación de las partículas presentes en una suspensión sufre una caída drástica de su valor, a medida que su concentración volumétrica aumenta. Salinas et al. (2007) menciona que el origen de este fenómeno se encuentra en la variación que sufre el comportamiento de las fuerzas hidrodinámicas, osmóticas y electroquímicas entre las partículas a medida que su concentración aumenta. Estos mismos autores (2007) afirman que este fenómeno también depende del tamaño de las partículas presentes en la suspensión, ya que para suspensiones conformadas por partículas cuyo diámetro medio sea mayor a 100 μm , las fuerzas osmóticas y electroquímicas se pueden despreciar. Por lo tanto, al utilizar tamaños de partículas menores a 165 μm en la presente investigación, se puede descartar este fenómeno en lo que la velocidad de sedimentación de las muestras de salsa se refiere.

El tratamiento que sedimenta con mayor rapidez es el G, el mismo que posee la menor concentración de goma (0.2%) y el tamaño de partícula más grande (550 μm). Esto concuerda con la ecuación de Stokes, ya que con menor cantidad de goma (que afecta la viscosidad) y mayor tamaño de partícula, el tiempo de sedimentación será bajo. Este tratamiento no fue escogido para la evaluación sensorial debido a que sedimenta rápidamente, lo que forma zonas de separación marcadas en la salsa, y esto afectaría el nivel de aceptación por parte del consumidor.

El Anexo19 indica la relación entre los factores analizados (tamaño de partícula, porcentaje de goma xantán) y el tiempo de sedimentación. Se puede observar que entre mayor sea el contenido de goma, afectando la viscosidad del medio, y menor sea tamaño de partícula de la harina de chocho, el tiempo de sedimentación es mayor. El mismo gráfico, facilita la obtención rápida de una aproximación del tiempo que tarda en sedimentar la salsa, al combinar diferentes concentraciones de goma xantán y diversos tamaños de partículas de la respectiva harina. Esto es aplicable, considerando los rangos establecidos en este trabajo.

Finalmente, la salsa en investigación más aceptada por el consumidor, sería la más estable en el tiempo, es decir, aquella la que no presente separación de capas a través del tiempo de uso del producto. De esta manera, el tratamiento C resultó como el de mayor duración con respecto su sedimentación física; por lo tanto se consideró como una de las muestras para la evaluación sensorial (ver sección 5.5).

7.3 Evaluación Sensorial

A continuación, se presenta datos generales de los jueces que conformaron el grupo focal:

Tabla 21.

Grupo focal: edad y género de los jueces consumidores

Consumidores	n=8
Género	
Femenino (%)	62.50
Masculino (%)	37.50
Edad promedio (años)	24.63

Todos los participantes del grupo focal mostraron interés y buena disposición para probar el producto, diferente a los que se encuentran en el mercado debido a su composición proteica y textura, por la adición de harina de chocho en la formulación.

Los consumidores emitieron juicios sobre características de olor, color y textura, y algunos de ellos lo relacionaron con diferentes alimentos, como se detalla a continuación:

- *Olor*: agradable, semejante al de frutas como maracuyá y limón, mermelada de maracuyá, especias como ají y pimiento.
- *Color*: amarillo, agradable, dentro de lo esperado, semejante a frutas como mango, tomate de árbol y piña.
- *Sabor*: ácido, dulce y ligeramente picante, al igual que el olor, relacionado al de las frutas maracuyá, el mango fue percibido vagamente.
- *Textura*: aceptable, su consistencia se relaciona con productos como mostaza, compota de bebé, postre o sopa.

Por otro lado, los participantes mencionaron que entre ellos y sus conocidos no existe el hábito de consumir este tipo de productos. A pesar de esto, la mayoría afirmó que compraría la salsa si ésta existiera en el mercado, algunos dijeron que lo harían de forma esporádica como en fechas especiales y para reuniones con amigos y familiares. Pocas personas explicaron que no sabrían con que combinarlo debido a la mezcla de ácido y dulce, mientras que la mayor parte dijo que les gustaría combinarla con verduras y carne.

En cuanto al vehículo utilizado, la mayor parte del grupo mostró agrado por la papa como acompañante de la salsa, con algunas excepciones, que preferían otro tipo de alimento como la carne o verdura, antes mencionados.

Finalmente, a pesar de evaluar un producto con una textura totalmente nueva, los participantes proporcionaron un buen concepto de la salsa, lo que facilitó la realización de las pruebas sensoriales posteriores.

La siguiente tabla muestra datos generales de los jueces consumidores que participaron en la prueba de perfil afectivo:

Tabla 22

Prueba de perfil: edad y género de los jueces consumidores de cada sesión

	No sesión	1	2	3	4	TOTAL
Consumidores		n=28	n=28	n=27	n=27	N=110
Género						
Femenino (%)		50.00	64.29	37.04	59.26	52.73
Masculino (%)		50.00	35.71	62.96	40.74	47.27
Edad promedio (años)		28.21	25.04	26.22	27.63	26.77

En el perfil afectivo, se realizaron 4 sesiones a un grupo de 110 jueces consumidores, teniendo un total de 52.73% de mujeres de 26.77 años de edad en promedio. En la primera sesión se agruparon los jueces con mayor edad promedio, en la segunda sesión existió una mayor cantidad de mujeres, en la tercera sesión se encuestó una mayor cantidad de hombres y en la cuarta sesión la cantidad de mujeres es mayor.

La siguiente tabla muestra el análisis de varianza de las medias de las muestras evaluadas para nivel de agrado:

Tabla 23

Análisis de varianza (ANOVA) de medias de prueba nivel de agrado

	<i>FV</i>	<i>Gl</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft (0.05)</i>
Total		329	462.45			
Muestras		2	7.28	3.64	2.61 ^{NS}	3.02
Error experimental		327	455.17	1.39		

NS: no significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

A continuación, el nivel de agrado ofreció las medias y desviaciones estándar mostradas en la siguiente tabla y según la escala hedónica del anexo No 15:

Tabla 24

Promedios y desviación estándar de nivel de agrado

<i>No Sesión</i>	<i>MUESTRA</i>		
	<i>A:510</i>	<i>C:806</i>	<i>D:985</i>
	μ (<i>desv est</i>)	μ (<i>desv est</i>)	μ (<i>desv est</i>)
1	5.36 (1.13)	5.75 (1.00)	5.18 (1.42)
2	5.64 (1.16)	5.00 (1.19)	5.71 (1.01)
3	5.89 (1.22)	4.96 (0.98)	5.56 (1.12)
4	5.81 (1.27)	5.52 (1.05)	5.48 (1.37)
Global (^{NS})	5.67 (1.20)	5.31 (1.10)	5.48 (1.24)

(NS): no significativo al 5% de probabilidad por la prueba F, cuando
 $H_0: \mu A = \mu C = \mu D$ y $H_a: \mu A \neq \mu C \neq \mu D$

Cuando los jueces evaluaron nivel de agrado (Anexo20), se observa que la muestra A:510 tiende al mayor puntaje, contrario a la muestra C:806. Esto se indica como tendencia, ya que al observar el análisis de varianza, se acepta la hipótesis nula ($H_0: \mu A = \mu C = \mu D$) por lo que no existe diferencias significativas entre las medias. En la segunda sesión, cuando se encuestaron más mujeres, se observa mayor agrado por las muestras A:510 y D:985 y en la tercera sesión, cuando se encuestaron más hombres, se observa un claro puntaje en el que la muestra A:510 tiene mayor agrado (Gráfico 9). Además, cuando se observa las frecuencias de puntajes de esta misma prueba, en el gráfico10, la mayoría se agrupan en la respuesta “me agrada moderadamente”; y, debido a que las tres muestras no tienen variación en los ingredientes, exceptuando la cantidad de goma xantán y tamaño de partícula de la harina de chocho, se puede deducir que el producto, en general, tiene un alto nivel de agrado (puntaje de 5 a 6 sobre 7 en la escala hedónica) y pudiese competir en el mercado.

Gráfico 9

Nivel de agrado: Medias de muestras de cada sesión

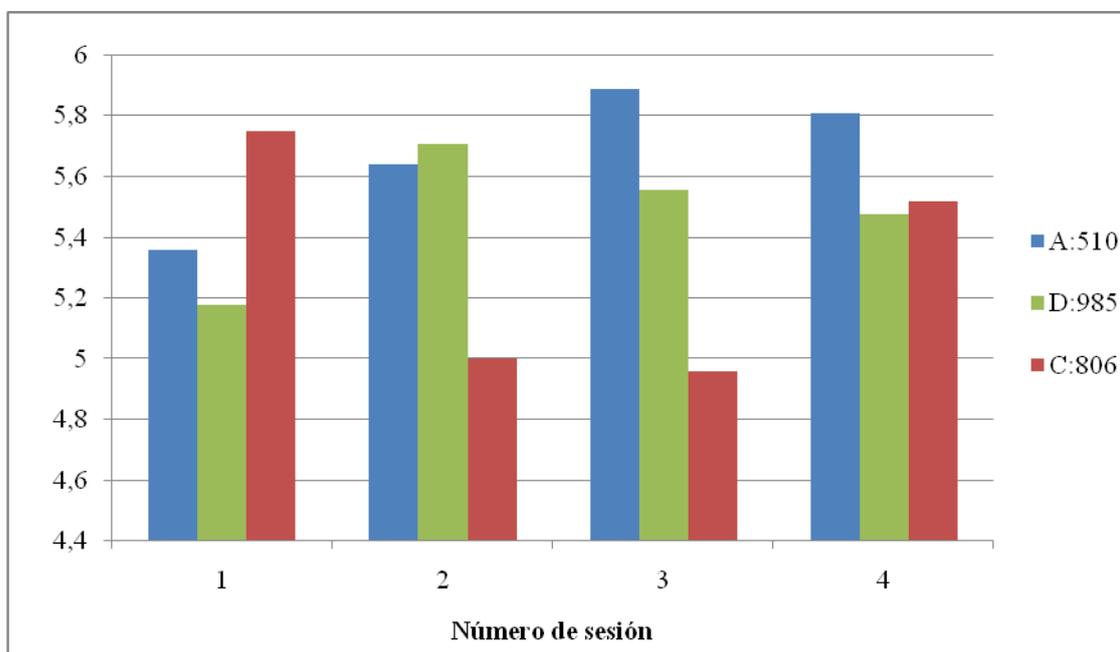
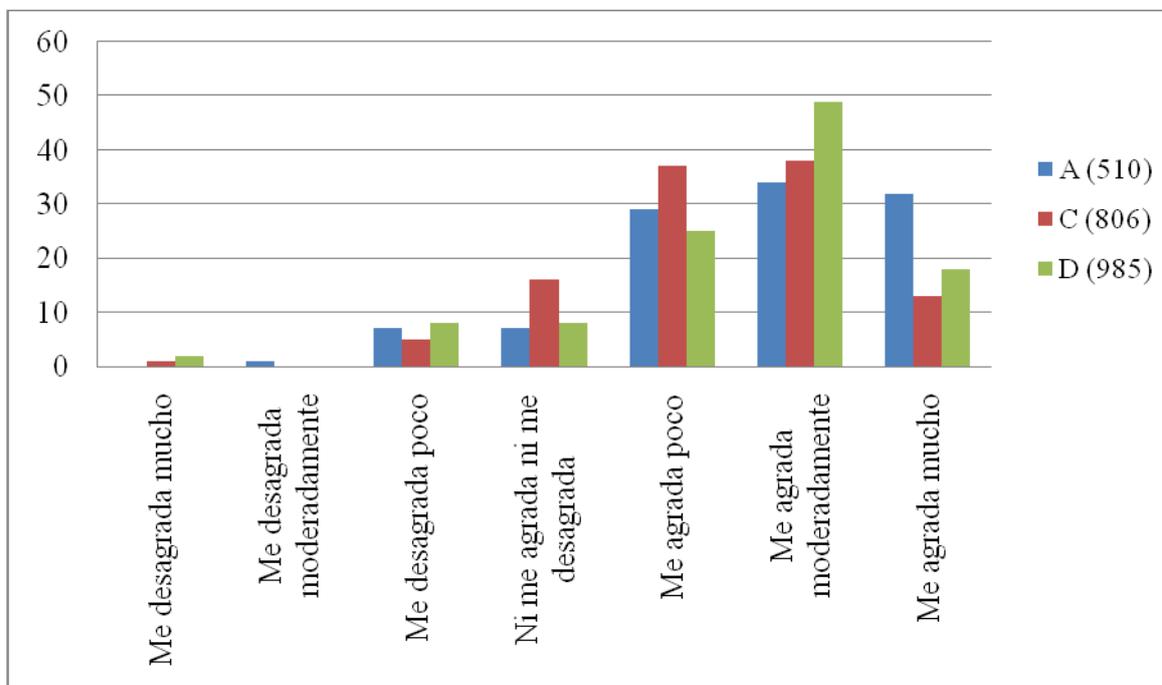


Gráfico 10

Frecuencias de puntajes de nivel de agrado



La siguiente tabla acoge las respuestas de “me agrada mucho” y “me desagrada mucho” de cada muestra en estudio.

Tabla 25

Puntajes de “me agrada mucho” (7) y “me desagrada mucho” (1)

MUESTRA	ME AGRADA MUCHO		ME DESAGRADA MUCHO	
	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
A: 510	32	29.09	0	0.00
C: 806	13	11.82	1	0.91
D: 985	18	16.36	2	1.82

Las frecuencias de respuestas “me agrada mucho” corroboran las tendencias analizadas anteriormente, ya que la muestra A:510 fue calificada con el mayor porcentaje y adicionalmente, entre 110 jueces consumidores, no fue calificada con ninguna frecuencia en la respuesta “me desagrada mucho”.

La tabla26, acoge los datos de la prueba de Friedman, con nivel de significancia de 5%, cuando se realiza la comparación de dos muestras.

Tabla 26

Prueba de Friedman

DIFERENCIA	RESTA	CLASIFICACIÓN
A-C	191-248 = 57.00	diferentes (*)
A-D	191-221 = 30.00	diferentes (*)
C-D	248-221 = 27.00	iguales (*)

(*):valor crítico= 29.071 ($p=0.05$)

Los resultados de la prueba de preferencia se encuentran en la tabla27, considerando el orden en base a la prueba de Friedman con alfa= 0.05.

Tabla 27

Prueba de preferencia por ordenamiento

MUESTRA	SUMA	ORDEN DE PREFERENCIA (*)
A: 510	191	1
C: 806	248	2
D: 985	221	2

(*): *Uso de prueba de Friedman (comparación de dos muestras); alfa= 5%*

Los datos obtenidos, luego de realizar las pruebas de nivel de agrado (Tabla 24) y preferencia por ordenamiento (Tabla 27), muestran la siguiente tendencia: A:510 > D:985 > C:806. De todas maneras, no se encontraron diferencias significativas entre las medias de las muestras cuando los jueces realizaron la prueba del nivel de agrado ($p=0.05$); mientras que la prueba de Friedman, usada para el análisis de preferencia por ordenamiento, establece que A:510 > D:985 = C:806 ($p=0.05$). Entonces, según la tendencia en el nivel de agrado y los datos estadísticos de la prueba por ordenamiento, los jueces establecen la muestra A:510 como la preferida entre las analizadas. Este resultado se esperaba, ya que la consistencia de esta muestra es la que más se asemeja a la de las salsas del mercado (no significativa con la prueba de Tukey), además la harina de chocho es menos percibida por su menor tamaño de partícula.

La tabla 28, muestra los datos globales de la prueba de preferencia de ordenamiento de los jueces que gustan y no gustan las salsas agridulces.

Tabla 28

Preferencia por ordenamiento: suma de las frecuencias de las muestras para jueces que gustan (grupo 1) y no gustan de salsas agridulces (grupo 2)

Muestra	Grupo 1 (*)	Grupo 2 (*)
A: 510	148	40
C: 806	193	53
D: 985	181	39

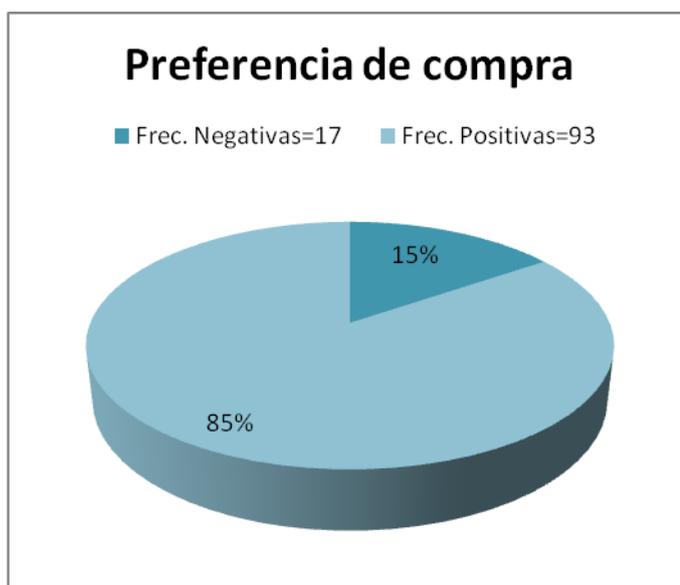
(*): *valores menores indican mayor preferencia*

El grupo de los jueces que gustan de las salsas agridulces indicó que su preferencia era de la siguiente manera: A:510 > D:985 > C:806; mientras que, por otro lado el grupo de quienes no les agrada las salsas agridulces, prefiere en primer lugar a la muestra D:985, seguido por A:510 y por último el C:806. Se debe considerar que este análisis es de tendencias y no se usó la prueba de Friedman para comprobar diferencias estadísticas.

El gráfico 11 otorga los resultados de preferencia de compra o aceptación luego de realizar las pruebas de nivel de agrado y por ordenamiento.

Gráfico 11

Preferencia de compra o aceptación: frecuencias de respuestas positivas y negativas



Las frecuencias positivas (93) dieron un 85% de preferencia para la salsa que más gustó según la prueba de preferencia por ordenamiento. Esto indica que el producto tendría la capacidad de competir en el mercado.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

* Mayores cantidades de goma xantán y menores tamaños de partícula de harina de chocho dan como resultado mayor estabilidad física en una salsa, es decir, mayor viscosidad, densidad de fluido cercana a la de partícula y mayor tiempo de sedimentación.

* Se logró incrementar el valor proteico de la salsa agridulce en 2 g por 100 g de salsa. Mayor cantidad de proteína conlleva a un incremento de la cantidad de harina de chocho, afectando las variables medidas y, además, lo que podría cambiar el nivel de agrado, preferencia por ordenamiento y preferencia de compra del producto.

* La salsa con mayor tiempo de sedimentación es la que contiene 0.60 % de goma xantán y 165 μm de diámetro de partícula de la harina de chocho; el prototipo que ofrece mayor facilidad de industrialización (menor porcentaje de goma, facilidad tamizado de harina y mezclado de la salsa) fue la de 0.20 % de goma xantán y 215 μm de tamaño de partícula; y la que mayor similitud con las salsas de mercado quiteño fue la muestra que contiene 0.20 % de goma y 165 μm de partícula de la respectiva harina.

* En el caso de la evaluación sensorial, entre las 3 muestras no existe diferencia significativa cuando se evaluó el nivel de agrado. Respecto a la preferencia por ordenamiento y de compra, la A: 510 es la que tiene mejor puntaje.

* A una temperatura constante, el porcentaje de humedad del chocho disminuye mientras el tiempo aumenta. De igual manera, al someter al chocho durante un tiempo constante, si la temperatura incrementa, la humedad del producto se reduce.

* La harina de chocho que se usó en la elaboración del producto final tuvo 4.55 % de humedad, y se lo logró con un tratamiento térmico de 60 °C durante 5 horas.

* Los datos obtenidos de la salsa permiten concluir que la densidad del producto disminuye cuando el diámetro de partícula promedio de la harina aumente y cuando el porcentaje de goma xantán incremente también.

* La variación en el porcentaje de goma tuvo más influencia sobre la densidad que el tamaño de partícula.

* La viscosidad y la cantidad de goma xantán tienen una relación directamente proporcional debido a su facilidad de captación de agua por la última; mientras que la viscosidad y tamaño de partícula no ofrecen una clara relación.

* En este estudio, existe un mayor efecto de la cantidad de goma xantán sobre la viscosidad que el tamaño de partícula de harina de chocho.

* La sedimentación puede ser controlada con la modificación de la concentración de goma y el tamaño de partícula de sus componentes. El estudio indica que el tiempo de sedimentación se ve afectado de mayor manera por el tamaño de partícula de la harina de chocho que por la cantidad de goma xantán.

* El tiempo de sedimentación es mayor cuando incrementa la cantidad de goma xantán y el tamaño de partícula de harina de chocho disminuye.

* La ley de Stokes es útil al evaluar la estabilidad física de un producto similar a la salsa analizada; siendo la estabilidad física un conjunto de variables, que en este estudio son densidad, viscosidad y tiempo de sedimentación.

* La aplicación de la ley de Stokes en el análisis de tiempo de sedimentación es limitada en cuando las partículas deben ser esféricas; en este estudio, se consideró lo que la bibliografía denomina “diámetro equivalente” para facilitar la aproximación de los datos. Adicionalmente, en este estudio, se utiliza el promedio del diámetro de partícula de la harina de chocho que pasa por dos tamices.

* Entre otras limitaciones del estudio están que los valores de densidad de fluido son promedios y una aproximación, al ser densidad relativa al agua y a una temperatura de 20°C. De igual manera para la viscosidad debido a que la medición fue a una velocidad de 1 rpm. Por efecto de cálculo, se utilizó la distancia de 0.0100 m que es un valor referencial de tiempo de sedimentación. En caso de que el producto requiera ser transportado en tubería debe ajustarse a regímenes de Reynolds de acuerdo al tipo de fluido producido.

8.2 Recomendaciones

* Se recomienda un tratamiento adicional para la obtención de harina de tal forma que se pueda reducir el gasto energético.

* Se recomienda usar otra metodología para analizar la viscosidad y la densidad de fluido, ya que los que se usaron, presentan limitaciones.

* Se recomienda usar tamices con luz de malla más cercanos entre ellos, de tal manera que se reduzca el rango de tamaño de partícula.

* Se recomienda definir qué tipo de fluido es el producto de tal manera que incremente la precisión de los datos de viscosidad.

ANEXOS

Anexo 1

Salsas agrídulces presentes en el mercado de Quito-Ecuador

Marca	Nombre	Contenido neto	Lugar de producción	Tiempo de vida útil
OLE	Hot'nfruity. Salsa de ají con tomate de árbol (Tamarillohot sauce)	147 mL 5 fl.oz	Quito-Ecuador	1 año
OLE	Hot'n fruity. Salsa de ají con maracuyá (Passion fruit hot sauce)	147 mL 5 fl.oz	Quito-Ecuador	1 año
Oriental	Salsa agrídulce sin picante Oriental	200g	Quevedo-Ecuador	1 año
Saba Cook *	Salsa agrídulce picante sabor maracuyá	165 mL	Machala- El Oro- Ecuador	1 año
Saba Cook*	Salsa agridulceThai sabor mango	165mL	Machala- El Oro- Ecuador	1 año

**Producto artesanal orgánico: venta disponible en tiendas artesanales.*

Anexo 2

Composición porcentual de la leguminosa chocho (Lupinus mutabilis Sweet)

Componentes	Choco amargo	Chocho desamargado
Proteína (%)	47.80	54.06
Grasa (%)	18.90	21.22
Fibra (%)	11.07	10.37
Cenizas (%)	4.52	2.54
Humedad (%)	10.13	77.05
Alcaloides (%)	3.26	0.03
Almidón total (%)	4.34	2.88
Azúcares totales (%)	1.95	0.73
Azúcares reductores (%)	0.42	0.61
Potasio (%)	1.22	0.02
Magnesio (%)	0.24	0.07
Calcio (%)	0.12	0.48
Fósforo (%)	0.60	0.43
Hierro (ppm)	78.45	74.25
Zinc (ppm)	42.84	63.21
Manganesio (ppm)	36.72	18.47
Cobre (ppm)	12.65	7.99

FUENTE: Allauca, 2005

Anexo 3

Composición porcentual del mango (promedio) Mangifera indica

Componente	Unidad	En 100g
Energía	Kcal	52.00
Humedad	%	84.80
Fibra dietética	g	1.10
Hidratos de carbono	g	11.70
Proteína	g	0.50
Lípidos totales	g	0.30
Ácidos grasos		
Saturados	g	0.06
Monoinsaturados	g	0.05
Poliinsaturados	g	0.01
Minerales		
Calcio	mg	10.00
Fósforo	mg	11.00
Hierro	mg	0.10
Magnesio	mg	9.00
Sodio	mg	2.00
Potasio	mg	156.00
Zinc	mg	0.04
Vitaminas		
RAE (vit A)	µg	68.50
Ácido ascórbico	mg	28.00
Tiamina	g	0.06
Riboflavina	mg	0.06
Niacina	mg	0.60
Piridoxina	mg	0.13

FUENTE: Muñoz y Ledesma, 2002

Anexo 4

Composición porcentual del maracuyá (granada china), Pasiflora edulis

Componente	Unidad	En 100g
Energía	kcal	109.00
Humedad	%	72.90
Fibra dietética	g	10.9
Hidratos de carbono	g	23.40
Proteína	g	2.20
Lípidos	g	0.70
Ácidos grasos	g	-
Minerales		
Calcio	mg	12.00
Fósforo	mg	64.00
Hierro	mg	1.60
Magnesio	mg	29.00
Sodio	mg	28.00
Potasio	mg	348.00
Vitaminas		
RAE (vit A)	µg	14.00
Ácido ascórbico	mg	30.00
Tiamina	mg	0.01
Riboflavina	mg	0.13
Niacina	mg	1.50
Piridoxina	mg	0.06
Ácido fólico	µg	20.00
Cobalamina	µg	0.00

FUENTE: Muñoz y Ledesma, 2002

Anexo 5

Perfil completo del maracuyá en Ecuador

<i>Perfil de producto</i>	<i>Concentrado de maracuyá</i>
Zonas de cultivo del maracuyá	Provincias de: Los Ríos, Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro, Pichincha (Santo Domingo de los Colorados).
Área cultivada	El Ministerio de Agricultura estima que existen alrededor de 25,000 hectáreas cultivadas (no existe censo actualizado).
Variedades	Fruta de la Pasión Amarilla (<i>Pasiflora edulis flavicarpa</i> degener)
Temporada de cosecha	Cosecha ininterrumpida durante todo el año.
Rendimiento	10 toneladas métricas por hectárea o 1 kg/m ² .
Exportaciones de concentrado de maracuyá	1,998.....1,999.....2,000.....2,001* TM 12,342.....22,135.....27,180.....15,000 * proyección
Exportadores de concentrado de maracuyá	En el Ecuador existen 6 plantas procesadoras con tecnología de punta para obtener jugo y/o concentrado de maracuyá.
Principales destinos del concentrado (en toneladas métricas)	PAÍS.....1,998.....1,999.....2,000 Holanda.....8,599.....18,703.....23,507 Estados Unidos....1,472.....2,363.....2,280 Brasil.....1,420.....50.....271 Puerto Rico.....186..... 92.....129
Principales países importadores de concentrado de maracuyá	Los principales importadores de concentrado de maracuyá en el mundo son los países que conforman la Unión Europea (8,000 TM) y Estados Unidos (2,500 TM).
Principales países exportadores de concentrado de maracuyá	Ecuador es el principal proveedor de concentrado de maracuyá (50° Brix) y jugo (14°/15° Brix) en el mundo. Brasil y Colombia exportan también en menor proporción.
Partida arancelaria	2009.80.12
Presentación del concentrado de maracuyá	El concentrado de maracuyá se exporta en tambores de 55 galones (250 kilos) a -18°C.

FUENTE: Corpei, 2000

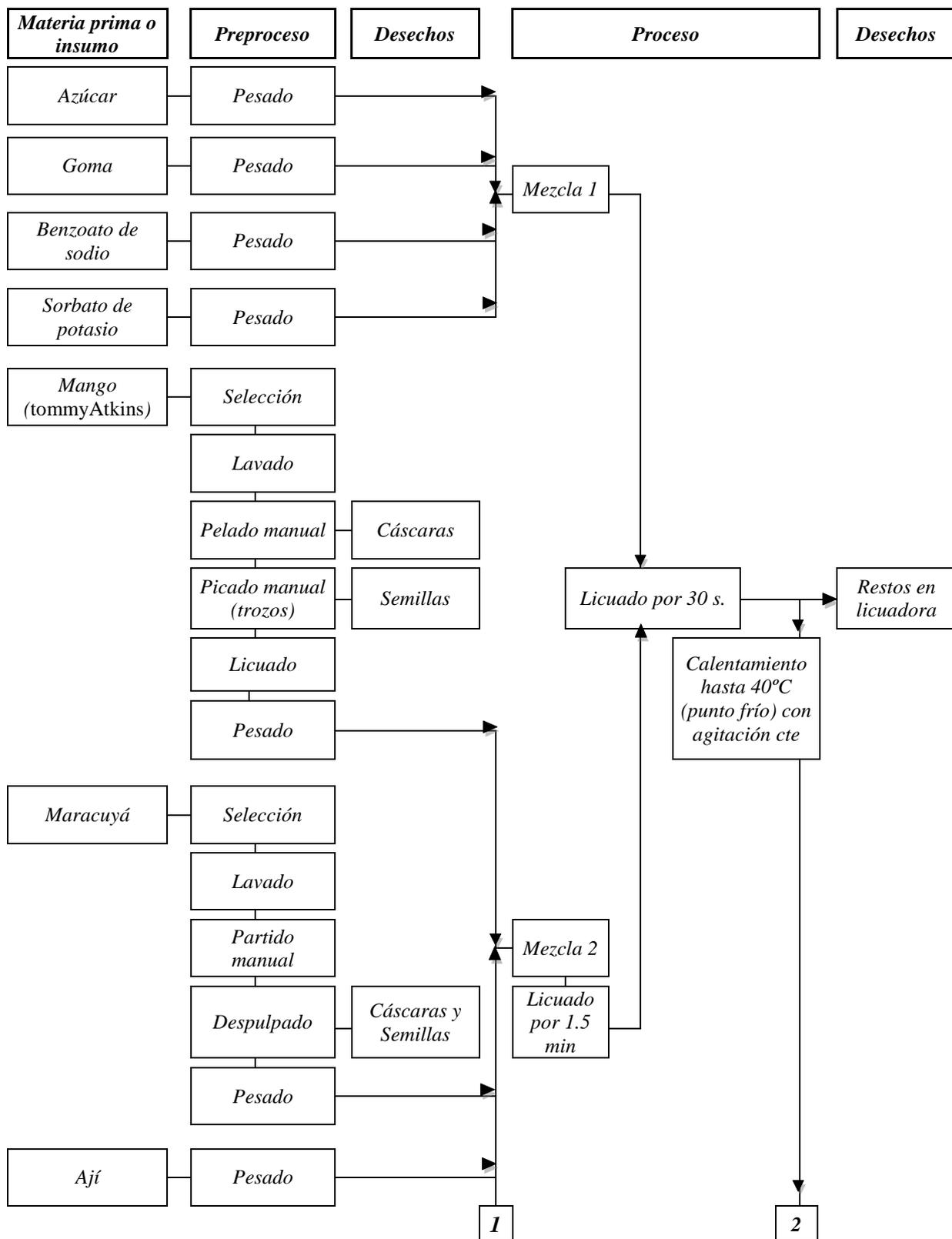
Anexo 6

Ingredientes del producto final (Tratamiento C) con 0.60 % de goma xantán

Ingredientes	g / 100 g de salsa
Agua	28.09
Azúcar	9.50
Pulpa mango	40.00
Vinagre	3.00
Jugo de limón	1.00
Ají	0.70
Pulpa maracuyá	12.00
Goma xantán	0.60
Benzoato de sodio	0.02
Sorbato de potasio	0.09
Harina de chocho	5.00

Anexo 7

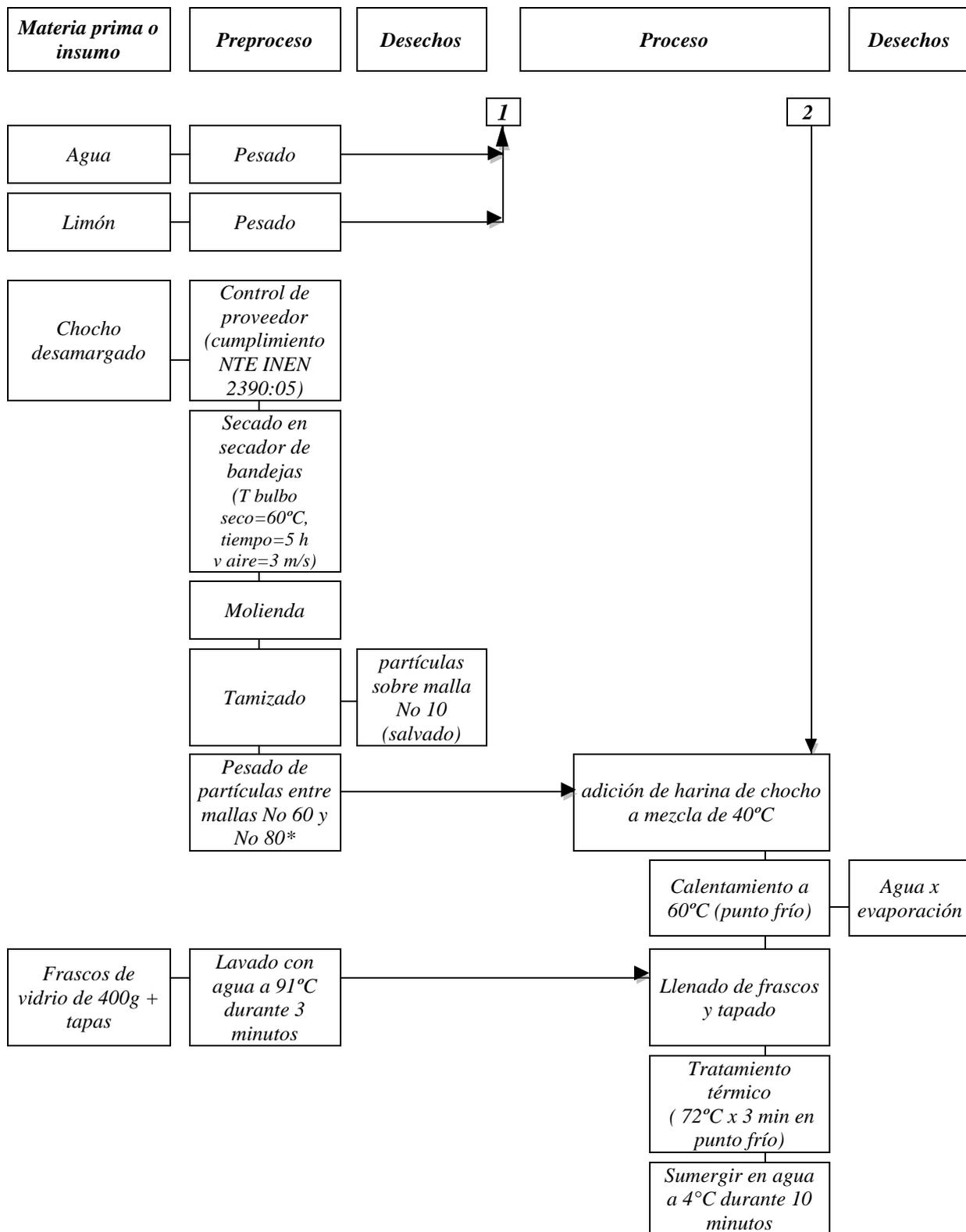
Flujograma de proceso del producto final (Tratamiento C)



Continúa

Anexo 7

Flujograma de proceso del producto final (Tratamiento C). Continuación



*Se recogió las muestras bajo mallas No 20 y No 40, de forma individual, para la elaboración de los tratamientos restantes.

Anexo 8

Análisis de varianza de datos de consistencia de salsas del mercado quiteño junto a tratamientos del segundo experimento

<i>FV</i>	<i>gl</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft (0.05)</i>
Total	41	761.91	18.58		
Tratamientos	13	753.15	57.93	185.18*	2.51
Error experimental	28	8.76	0.31		

*: significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

Anexo 9

Consistencia de salsas del mercado quiteño y tratamientos del segundo experimento

Marca o tratamiento	Nombre o Descripción	Consistencia promedio *
Saba Cook	Salsa agridulce picante sabor maracuyá	15.5 ^a
OLE	Hot'nfruity. Salsa de ají con maracuyá (Passion fruit hot sauce)	14.53 ^a
Saba Cook	Salsa agridulceThai sabor mango	11.53 ^b
OLE	Hot'nfruity. Salsa de ají con tomate de árbol (Tamarillohot sauce)	11.47 ^b
Oriental	Salsa agridulce sin picante Oriental	9.73 ^c
G	550 µm (20 mesh) y 0.2% de goma xantán	8.23 ^{cd}
D	215 µm (40 mesh) y 0.2% de goma xantán	6.97 ^{de}
A	165 µm (60 mesh) y 0.2% de goma xantán	6.57 ^{def}
E	215 µm (40 mesh) y 0.4% de goma xantán	5.40 ^{ef}
B	165 µm (60 mesh) y 0.4% de goma xantán	4.97 ^{fg}
H	550 µm (20 mesh) y 0.4% de goma xantán	3.53 ^{gh}
F	215 µm (40 mesh) y 0.6% de goma xantán	2.77 ^h
I	550 µm (20 mesh) y 0.6% de goma xantán	2.63 ^h
C	165 µm (60 mesh) y 0.6% de goma xantán	2.37 ^h

* Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí con 5% de probabilidad de error por la prueba de Tukey.

Anexo 10

Medición de viscosidad de cada repetición

REPETICION 1	<i>A1</i>	<i>D1</i>	<i>B1</i>	<i>I1</i>	<i>F1</i>	<i>H1</i>	<i>G1</i>	<i>C1</i>	<i>E1</i>
<i>Viscosidad (cP)</i>	62900	53150	157200	193800	174000	145800	58200	182400	123000
<i>Torque (%)</i>	52.4	72.4	31.3	32,3	29	24.3	48.5	30.4	20.5
<i># aguja</i>	63	63	64	64	64	64	63	64	64
<i>Velocidad (rpm)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Temperatura (°C)</i>	23	23	23	23	23	23	23	23	23
REPETICION 2	<i>B2</i>	<i>E2</i>	<i>A2</i>	<i>F2</i>	<i>H2</i>	<i>G2</i>	<i>C2</i>	<i>I2</i>	<i>D2</i>
<i>Viscosidad (cP)</i>	150000	147600	64300	179400	162600	54000	215400	183000	54000
<i>Torque (%)</i>	25	24.6	53.6	29.9	27.1	45	35.9	30.5	45
<i># aguja</i>	64	64	63	64	64	63	64	64	63
<i>Velocidad (rpm)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Temperatura (°C)</i>	23	21	22	23	23	23	22	22	22
REPETICION 3	<i>D3</i>	<i>H3</i>	<i>F3</i>	<i>A3</i>	<i>E3</i>	<i>I3</i>	<i>B3</i>	<i>G3</i>	<i>C3</i>
<i>Viscosidad (cP)</i>	52200	160800	182400	60200	157800	216000	161400	52200	220800
<i>Torque (%)</i>	43.5	26.8	37.5	50.2	26	36	26.9	57.3	36.8
<i># aguja</i>	63	64	64	63	64	64	64	63	64
<i>Velocidad (rpm)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Temperatura (°C)</i>	21	21	21	23	22	22	22	22	22

Anexo 11

Procedimiento matemático para cuantificación de tiempo de sedimentación de cada tratamiento.

El cálculo de cada tratamiento se lo realizó de forma detallada, tomando en cuenta la sección 5.3.2.

Los valores a reemplazar en la ecuación son (las repeticiones se encuentran en orden aleatorio):

$$V_{tr} = \text{Velocidad real de caída (m/s)} = \frac{[g * D^2 * (\rho_p - \rho_f)]}{(18 * \eta)}$$

(Geankoplis, 1998)

g: aceleración de la gravedad (m/s²)= 9.8066

D: Diámetro de partícula (m)

<i>Repetición</i>	<i>A1</i>	<i>D1</i>	<i>B1</i>	<i>I1</i>	<i>F1</i>	<i>H1</i>	<i>G1</i>	<i>C1</i>	<i>E1</i>
<i>Valor obtenido</i>	0.000165	0.00215	0.000165	0.00055	0.000215	0.00055	0.00055	0.000165	0.000215
<i>Repetición</i>	<i>B2</i>	<i>E2</i>	<i>A2</i>	<i>F2</i>	<i>H2</i>	<i>G2</i>	<i>C2</i>	<i>I2</i>	<i>D2</i>
<i>Valor obtenido</i>	0.000165	0.000215	0.000165	0.000215	0.00055	0.00055	0.000165	0.00055	0.000215
<i>Repetición</i>	<i>D3</i>	<i>H3</i>	<i>F3</i>	<i>A3</i>	<i>E3</i>	<i>I3</i>	<i>B3</i>	<i>G3</i>	<i>C3</i>
<i>Valor obtenido</i>	0.000215	0.00055	0.000215	0.000165	0.000215	0.00055	0.000165	0.00055	0.000165

ρ_p : densidad de partícula (kg/m³)= 1,333.2822

ρ_f : densidad de fluido (kg/m³)

<i>Repetición</i>	<i>A1</i>	<i>D1</i>	<i>B1</i>	<i>I1</i>	<i>F1</i>	<i>H1</i>	<i>G1</i>	<i>C1</i>	<i>E1</i>
<i>Valor obtenido</i>	1,118.55	1,118.17	1,057.99	1,012.51	973.30	986.00	1,040.69	979.76	1,018.55
<i>Repetición</i>	<i>B2</i>	<i>E2</i>	<i>A2</i>	<i>F2</i>	<i>H2</i>	<i>G2</i>	<i>C2</i>	<i>I2</i>	<i>D2</i>
<i>Valor obtenido</i>	1,059.29	1,019.38	1,116.17	968.14	960.37	1,046.46	1001.50	1,008.76	1,113.89
<i>Repetición</i>	<i>D3</i>	<i>H3</i>	<i>F3</i>	<i>A3</i>	<i>E3</i>	<i>I3</i>	<i>B3</i>	<i>G3</i>	<i>C3</i>
<i>Valor obtenido</i>	1,105.75	994.06	958.34	1,119.52	1,015.58	971.96	1027.62	1,012.99	982.34

*η : Viscosidad (kg/(m*s))*

<i>Repetición</i>	<i>A1</i>	<i>D1</i>	<i>B1</i>	<i>I1</i>	<i>F1</i>	<i>H1</i>	<i>G1</i>	<i>C1</i>	<i>E1</i>
<i>Valor obtenido</i>	62900	53150	157200	193800	174000	145800	58200	182400	123000
<i>Repetición</i>	<i>B2</i>	<i>E2</i>	<i>A2</i>	<i>F2</i>	<i>H2</i>	<i>G2</i>	<i>C2</i>	<i>I2</i>	<i>D2</i>
<i>Valor obtenido</i>	150000	147600	64300	179400	162600	54000	215400	183000	54000
<i>Repetición</i>	<i>D3</i>	<i>H3</i>	<i>F3</i>	<i>A3</i>	<i>E3</i>	<i>I3</i>	<i>B3</i>	<i>G3</i>	<i>C3</i>
<i>Valor obtenido</i>	52200	160800	182400	60200	157800	216000	161400	52200	220800

Anexo 11

Procedimiento matemático para cuantificación de tiempo de sedimentación de cada tratamiento. Continuación.

Los valores obtenidos, luego del reemplazo son:

V_{tr}=Velocidad real de caída (m/s)

<i>Repetición</i>	<i>A1</i>	<i>D1</i>	<i>B1</i>	<i>I1</i>	<i>F1</i>	<i>H1</i>	<i>G1</i>	<i>C1</i>	<i>E1</i>
<i>Valor obtenido</i>	5.06E-11	1.02E-10	2.60E-11	2.73E-10	5.21E-11	3.93E-10	8.29E-10	2.87E-11	6.44E-11
<i>Repetición</i>	<i>B2</i>	<i>E2</i>	<i>A2</i>	<i>F2</i>	<i>H2</i>	<i>G2</i>	<i>C2</i>	<i>I2</i>	<i>D2</i>
<i>Valor obtenido</i>	2.71E-11	5.36E-11	5.01E-11	5.13E-11	3.78E-10	8.75E-10	2.28E-11	2.92E-10	1.02E-10
<i>Repetición</i>	<i>D3</i>	<i>H3</i>	<i>F3</i>	<i>A3</i>	<i>E3</i>	<i>I3</i>	<i>B3</i>	<i>G3</i>	<i>C3</i>
<i>Valor obtenido</i>	1.10E-10	3.48E-10	5.18E-11	5.27E-11	5.07E-11	2.76E-10	2.81E-11	1.01E-09	2.36E-11

Para obtener el tiempo de precipitación se usó la ecuación $tr = \frac{d}{V_{tr}}$, cuando $d=0.01$ m, y se obtuvo:

tr=Tiempo real de precipitación (s)

<i>Repetición</i>	<i>A1</i>	<i>D1</i>	<i>B1</i>	<i>I1</i>	<i>F1</i>	<i>H1</i>	<i>G1</i>	<i>C1</i>	<i>E1</i>
<i>Valor obtenido</i>	1.97E+08	9.81E+07	3.85E+08	3.67E+07	1.92E+08	2.55E+07	1.21E+07	3.48E+08	1.55E+08
<i>Repetición</i>	<i>B2</i>	<i>E2</i>	<i>A2</i>	<i>F2</i>	<i>H2</i>	<i>G2</i>	<i>C2</i>	<i>I2</i>	<i>D2</i>
<i>Valor obtenido</i>	3.69E+08	1.87E+08	2.00E+08	1.95E+08	2.65E+07	1.14E+07	4.38E+08	3.42E+07	9.77E+07
<i>Repetición</i>	<i>D3</i>	<i>H3</i>	<i>F3</i>	<i>A3</i>	<i>E3</i>	<i>I3</i>	<i>B3</i>	<i>G3</i>	<i>C3</i>
<i>Valor obtenido</i>	9.11E+07	2.88E+07	1.93E+08	1.90E+08	1.97E+08	3.63E+07	3.56E+08	9.89E+06	4.24E+08

Multiplicando este valor por $\frac{1}{24 \cdot 3600}$ se obtuvo lo siguiente:

tr=Tiempo real de precipitación (días)

<i>Repetición</i>	<i>A1</i>	<i>D1</i>	<i>B1</i>	<i>I1</i>	<i>F1</i>	<i>H1</i>	<i>G1</i>	<i>C1</i>	<i>E1</i>
<i>Valor obtenido</i>	2,285.75	1,135.55	4,455.86	424.30	2,221.41	294.84	139.69	4,026.01	1,796.07
<i>Repetición</i>	<i>B2</i>	<i>E2</i>	<i>A2</i>	<i>F2</i>	<i>H2</i>	<i>G2</i>	<i>C2</i>	<i>I2</i>	<i>D2</i>
<i>Valor obtenido</i>	4,271.98	2,161.01	2,311.01	2,258.03	306.22	132.22	5,065.95	396.02	1,131.21
<i>Repetición</i>	<i>D3</i>	<i>H3</i>	<i>F3</i>	<i>A3</i>	<i>E3</i>	<i>I3</i>	<i>B3</i>	<i>G3</i>	<i>C3</i>
<i>Valor obtenido</i>	1,054.35	332.90	2,235.74	2,197.54	2,282.71	419.83	4,120.32	114.45	4,909.52

Anexo 11

Procedimiento matemático para cuantificación de tiempo de sedimentación de cada tratamiento. Continuación.

Los valores a reemplazar en la siguiente ecuación son:

$$V_{tc} = \text{Velocidad de caída con centrifugación (m/s)} = \frac{[W^2 * R * D^2 * (\rho_p - \rho_f)]}{(18 * \eta)}$$

(Geankoplis, 1998)

W² : velocidad angular de la centrífuga ² (rad/s) ² =	366,5191 ² = 134,336.2821
R : radio de la centrífuga (m)=	0.1920
D : diámetro de partícula (m)=	ver tabla en cálculo de V_{tr}
ρ_p : densidad de partícula (kg/m ³)=	1,333.2822
ρ_f : densidad de fluido (kg/m ³)=	ver tabla en cálculo de V_{tr}
η : viscosidad (kg/(m*s))=	ver tabla en cálculo de V_{tr}

Los valores obtenidos se encuentran a continuación:

V_{tc} = Velocidad de caída con centrifugación(m/s)

Repetición	A1	D1	B1	I1	F1	H1	G1	C1	E1
Valor obtenido	1.33E-07	2.68E-07	6.83E-08	7.17E-07	1.37E-07	1.03E-06	2.18E-06	7.56E-08	1.69E-07
Repetición	B2	E2	A2	F2	H2	G2	C2	I2	D2
Valor obtenido	7.13E-08	1.41E-07	1.32E-07	1.35E-07	9.94E-07	2.30E-06	6.01E-08	7.69E-07	2.69E-07
Repetición	D3	H3	F3	A3	E3	I3	B3	G3	C3
Valor obtenido	2.89E-07	9.14E-07	1.36E-07	1.39E-07	1.33E-07	7.25E-07	7.39E-08	2.66E-06	6.20E-08

Se reemplazaron los datos en la ecuación $tc = \frac{d}{V_{tc}}$, cuando d=0.01 m, y se obtuvo:

tc = Tiempo de precipitación con centrifugación (s)

Repetición	A1	D1	B1	I1	F1	H1	G1	C1	E1
Valor obtenido	75,087.27	37,303.08	146,375.80	13,938.23	72,973.76	9,685.70	4,588.96	132,255.20	59,001.27
Repetición	B2	E2	A2	F2	H2	G2	C2	I2	D2
Valor obtenido	140,335.15	70,989.52	75,916.99	74,176.61	10,059.34	4,343.43	166,417.25	13,009.37	37,160.33
Repetición	D3	H3	F3	A3	E3	I3	B3	G3	C3
Valor obtenido	34,635.52	10,935.81	73,444.29	72,189.47	74,987.32	13,791.49	135,353.22	3,759.85	161,278.42

Anexo 11

Procedimiento matemático para cuantificación de tiempo de sedimentación de cada tratamiento. Continuación.

1

Multiplicando este valor por $\frac{1}{3600}$ se obtuvo lo siguiente:

tc= Tiempo de precipitación con centrifugación (horas)

Repetición	A1	D1	B1	I1	F1	H1	G1	C1	E1
Valor obtenido	20.86	10.36	40.66	3.87	20.27	2.69	1.27	36.74	16.39
Repetición	B2	E2	A2	F2	H2	G2	C2	I2	D2
Valor obtenido	38.98	19.72	21.09	20.60	2.79	1.21	46.23	3.61	10.32
Repetición	D3	H3	F3	A3	E3	I3	B3	G3	C3
Valor obtenido	9.62	3.04	20.40	20.05	20.83	3.83	37.60	1.04	44.80

Es posible también calcular la fuerza de arrastre, mediante la ecuación:

$$Fr = 3 * \pi * D * \eta * Vt$$

Aquí tenemos los siguientes resultados:

Fr= Fuerza de arrastre (kg*m/s² = N)

Repetición	A1	D1	B1	I1	F1	H1	G1	C1	E1
Valor obtenido	4.95E-09	1.10E-08	6.35E-09	2.74E-07	1.84E-08	2.97E-07	2.50E-07	8.15E-09	1.61E-08
Repetición	B2	E2	A2	F2	H2	G2	C2	I2	D2
Valor obtenido	6.32E-09	1.60E-08	5.01E-09	1.86E-08	3.19E-07	2.45E-07	7.65E-09	2.77E-07	1.12E-08
Repetición	D3	H3	F3	A3	E3	I3	B3	G3	C3
Valor obtenido	1.16E-08	2.90E-07	1.91E-08	4.93E-09	1.62E-08	3.09E-07	7.05E-09	2.74E-07	8.09E-09

Anexo 12

Rango máximo de lectura del viscosímetro de Brookfield LVDV-E para las diferentes agujas (FSR).

<i>Aguja</i>	<i>FSR [Cp]</i>
62	29993.60
63	119974.40
64	599872.00

*FUENTE: Manual M/98-350-G0307

Anexo 13

Guión de grupo focal

Duración estimada	1 hora
Número de participantes	8
Rango de edad (años)	21-33

Introducción:

“Agradecemos su participación en grupo focal que hemos convocado para el día de hoy. Para la realización del mismo, ustedes no requieren conocimiento previo del producto que evaluaremos, ni el haber realizado una prueba semejante. Este grupo focal tiene como objetivo el conocer su opinión y establecer el concepto del producto con su ayuda, requerimos de su honestidad completa. Les recordamos que no existen respuestas correctas ni erróneas al evaluar el producto y la mayor cantidad y variedad en la información que nos brinden es importante”

Primera sección (apariencia):

“Hemos preparado una muestra en un recipiente, el mismo que serán entregado a cada uno, lo observarán, olerán o moverán, pero no podrán probarlo. Describirán al producto, opinarán si les agrada, luego mencionarán si tiene algo extraño o algo que no les agrada, y por último, las características que perciben en lo que se refiere a olor, color y textura”

Segunda sección (textura y sabor):

“Frente a ustedes están dos muestras de salsa sobre papa. Ahora, podrán saborear el producto. La salsa tiene la misma composición que la presentada en la primera parte. Se discutirá sobre las características que perciben en cuanto a sabor y textura, luego se hablará

Continúa

Anexo 13

Guión de grupo focal. Continuación.

sobre los ingredientes que creen que tenga el producto, si algo le cambiarían, con qué lo acompañarían y si lo comprarían. Les pedimos por favor, enfocarse en la salsa y no en la papa”

A continuación se detallan las preguntas que se realizaron durante el diálogo:

Parámetro	Objetivo	Tipo de pregunta	Pregunta
Agrado	Conocer si el producto es del agrado del consumidor.	Cerrada	¿Le agrada?
	Conocer qué es lo que no agrada.	Abierta	¿Hay algo que no le agrade?
Organoléptico	Saber lo que el consumidor percibe del producto con sus sentidos	Abierta	¿Qué características percibe en cuanto a olor? ¿Qué características percibe en cuanto a color? ¿Qué características percibe en cuanto a sabor? ¿Qué características percibe en cuanto a textura?
	Conocer si la materia prima utilizada puede ser percibida por el juez.	Abierta	¿Qué ingredientes cree que tenga el producto?
Vehículo	Conocer cuál es el vehículo más apto para acompañar al producto.	Abierta	¿Con que lo acompañaría?
Consumo	Saber la posibilidad de compra por parte de las personas.	Abierta	¿Lo compraría si existiera en el mercado?
Mejora	Conocer que cambios se podría realizar al producto.	Abierta	¿Qué le cambiaría al producto?

Continúa

Anexo 13

*Guión de grupo focal. Continuación.***Cierre:**

“Les agradecemos por su tiempo y colaboración. Sus respuestas son importantes para nuestra investigación, la misma trata de la elaboración de la salsa que acabaron de probar, que contiene maracuyá, mango, limón, ají, harina de chocho y goma. El objetivo es darle un valor agregado a una salsa agridulce, valor proteico, y así mismo conseguir un mayor tiempo de sedimentación a través del tiempo combinando diferentes tamaños de partícula de harina de chocho y diversos porcentajes de goma xantán”

Anexo 14

*Formato de evaluación para prueba de perfil afectivo**Estimado evaluador:**Estamos realizando una prueba que facilitará la obtención de resultados para nuestra investigación. Agradecemos su sinceridad.*

¿Gusta de las salsas agridulces?

Si ____ No ____

Evaluación sensorial**PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO**

1. Por favor pruebe las siguientes muestras y evalúe según su criterio marcando con una X su respuesta. Tome agua entre cada muestra.

Muestra No 510

Me agrada mucho _____
 Me agrada moderadamente _____
 Me agrada poco _____
 Ni me agrada ni me desagrada _____
 Me desagrada poco _____
 Me desagrada moderadamente _____
 Me desagrada mucho _____

Muestra No 806

Me agrada mucho _____
 Me agrada moderadamente _____
 Me agrada poco _____
 Ni me agrada ni me desagrada _____
 Me desagrada poco _____
 Me desagrada moderadamente _____
 Me desagrada mucho _____

Muestra No 985

Me agrada mucho _____
 Me agrada moderadamente _____
 Me agrada poco _____
 Ni me agrada ni me desagrada _____
 Me desagrada poco _____
 Me desagrada moderadamente _____
 Me desagrada mucho _____

Anexo 14

Formato de evaluación para prueba de perfil afectivo. Continuación

PRUEBA DE PREFERENCIA POR ORDENAMIENTO

2. A continuación, ordene las muestras según su preferencia, tomando como 1 el de mayor preferencia y 3 el de menor preferencia.

510 806 985
_____ _____ _____

PRUEBA DE PREFERENCIA DE COMPRA O ACEPTACIÓN

3. ¿Compraría la salsa de mayor preferencia si existiera en el mercado?

Si _____ No _____

Edad: _____ **Género:** F_____ M _____

Anexo 15

Escala hedónica para cuantificación de nivel de agrado

	<i>Puntaje</i>
Me agrada mucho	7
Me agrada moderadamente	6
Me agrada poco	5
Ni me agrada ni me desagrada	4
Me desagrada poco	3
Me desagrada moderadamente	2
Me desagrada mucho	1

Anexo 16

Tabla máster para inspección normal y severa para planes basados en variabilidad desconocida método de la desviación típica

TABLA 46.19 MIL-STD-414. Códigos de letras para los tamaños de muestras

Tamaño del lote	Niveles de inspección				
	I	II	III	IV	V
3 - 8	B	B	B	B	C
9 - 15	B	B	B	B	D
16 - 25	B	B	B	C	E
26 - 40	B	B	B	D	F
41 - 65	B	B	C	E	G
66 - 110	B	B	D	F	H
111 - 180	B	C	E	G	I
181 - 300	B	D	F	H	J
301 - 500	C	E	G	I	K
501 - 800	D	F	H	J	L
801 - 1.300	E	G	I	K	L
1.301 - 3.200	F	H	J	L	M
3.201 - 8.000	G	I	L	M	N
8.001 - 22.000	H	J	M	N	O
22.001 - 110.000	I	K	N	O	P
110.001 - 550.000	I	K	O	P	Q
550.001 y más	I	K	P	Q	Q

* Los códigos de letras para los tamaños de muestra dados en la tabla son aplicables cuando se utilizan los niveles de inspección indicados.

TABLA 46.20 MIL-STD-414. Tabla máster para inspección normal y severa para planes basados en variabilidad desconocida, método de la desviación típica

(Límite de especificación unilateral, formato 1)

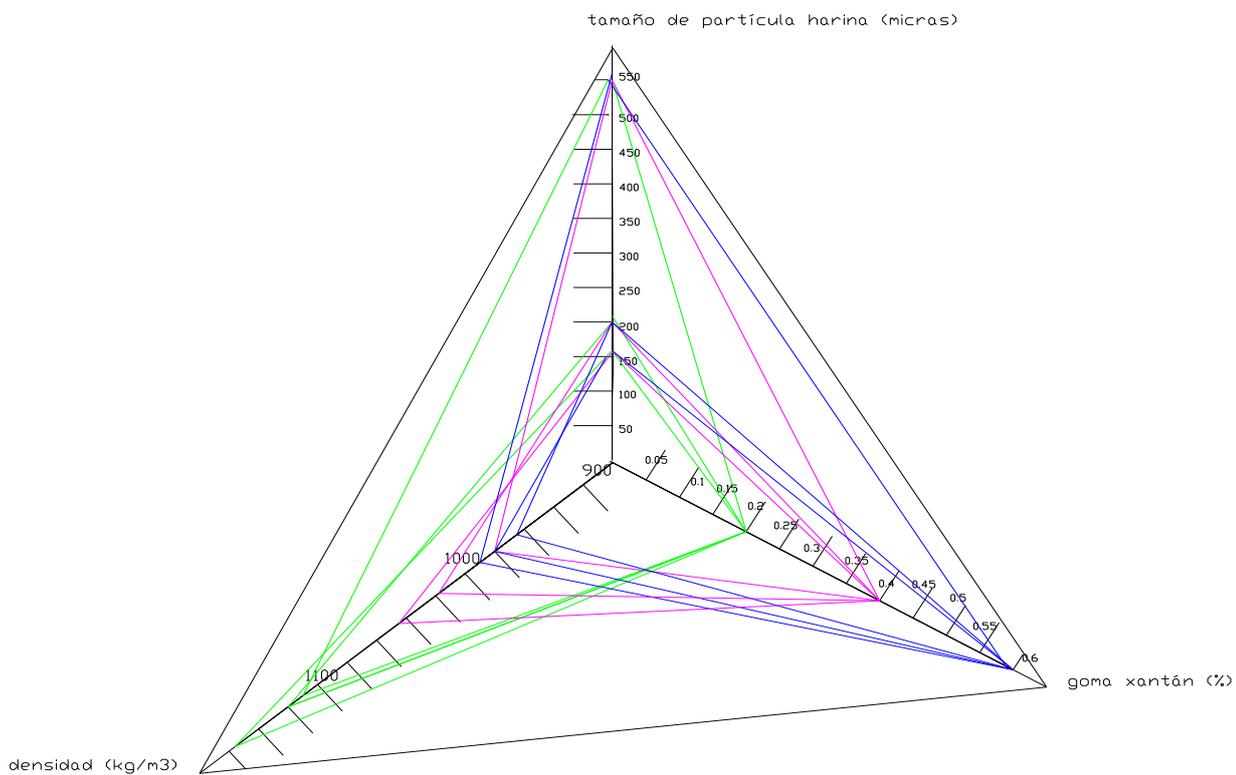
Letra de código para el tamaño de muestra	Tamaño de muestra	Niveles de calidad aceptable (inspección normal)													
		0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	15,00
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,12	0,958	0,765	0,566	0,341	
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,45	1,34	1,17	1,01	0,814	0,617	0,395
D	5	↓	↓	↓	↓	2,00	1,88	1,75	1,62	1,50	1,33	1,15	0,874	0,675	0,455
E	7	↓	↓	↓	2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,755	0,536
F	10	↓	↓	2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,828	0,611	
G	15	2,64	2,53	2,42	2,32	2,20	2,06	1,91	1,79	1,65	1,47	1,30	1,09	0,886	0,664
H	20	2,69	2,58	2,47	2,36	2,24	2,11	1,96	1,82	1,69	1,51	1,33	1,12	0,917	0,695
I	25	2,72	2,61	2,50	2,40	2,26	2,14	1,98	1,85	1,72	1,53	1,35	1,14	0,936	0,712
J	30	2,73	2,61	2,51	2,41	2,28	2,15	2,00	1,86	1,73	1,55	1,36	1,15	0,946	0,723
K	35	2,77	2,65	2,54	2,45	2,31	2,18	2,03	1,89	1,76	1,57	1,39	1,18	0,969	0,745
L	40	2,77	2,66	2,55	2,44	2,31	2,18	2,03	1,89	1,76	1,58	1,39	1,18	0,971	0,746
M	50	2,83	2,71	2,60	2,50	2,35	2,22	2,08	1,93	1,80	1,61	1,42	1,21	1,00	0,774
N	75	2,90	2,77	2,66	2,55	2,41	2,27	0,12	1,98	1,84	1,65	1,46	1,24	1,03	0,804
O	100	2,92	2,80	2,69	2,58	2,43	2,29	2,14	2,00	1,86	1,67	1,48	1,26	1,05	0,819
P	150	2,96	2,84	2,73	2,61	2,47	2,33	2,18	2,03	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07	0,841
Q	200	2,97	2,85	2,73	2,62	2,47	2,33	2,18	0,24	1,69	1,70	1,51	1,29	1,07	0,845
		0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	15,00	

Nota: Todos los valores de AQL son en tanto por ciento defectuosos.
 ↓ Utilizar el primer plan de muestreo debajo de la flecha, es decir, tanto el tamaño de la muestra como el valor de k. Cuando el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, cada artículo debe ser inspeccionado.

Fuente: Versión de 1957 de MIL-STD-414.

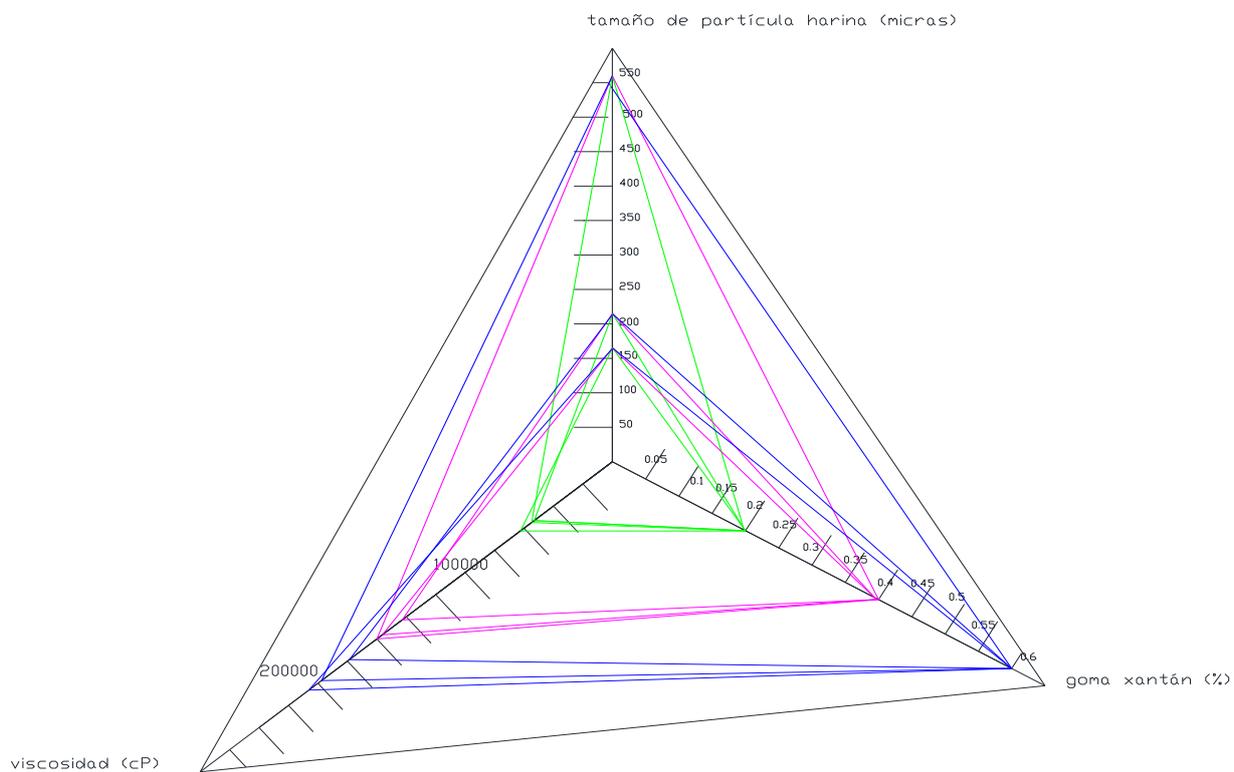
Anexo 17

Efecto de tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y cantidad de goma xantán (%) sobre la densidad de la salsa (kg/m^3)



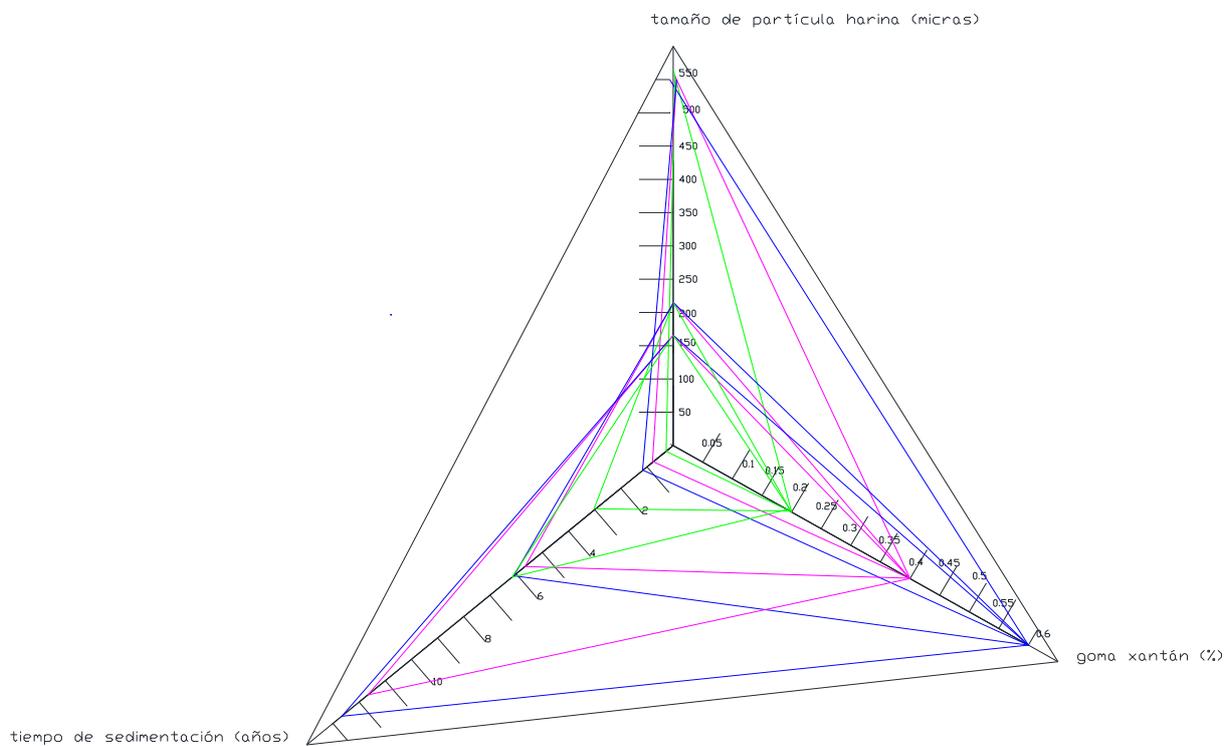
Anexo 18

Efecto de tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y cantidad de goma xantán (%) sobre la viscosidad de la salsa (cP)



Anexo 19

Efecto de tamaño de partícula de harina de chocho (μm) y cantidad de goma xantán (%) sobre el tiempo de sedimentación de la salsa (días)



Anexo 20

Respuestas individuales de prueba de nivel de agrado

<i>MUESTRA</i> <i>JUEZ</i>	510	806	985	<i>MUESTRA</i> <i>JUEZ</i>	510	806	985	<i>MUESTRA</i> <i>JUEZ</i>	510	806	985
1	5	5	6	38	7	7	6	75	4	7	6
2	6	4	7	39	6	6	6	76	5	5	6
3	4	2	3	40	6	7	5	77	6	5	6
4	7	6	7	41	5	7	6	78	5	6	6
5	5	5	6	42	4	6	5	79	5	6	6
6	4	6	3	43	6	6	5	80	4	3	5
7	4	5	7	44	4	5	6	81	6	5	6
8	6	6	5	45	5	7	6	82	5	4	4
9	7	7	7	46	5	6	7	83	6	7	6
10	5	6	3	47	4	4	5	84	5	7	7
11	7	6	3	48	5	4	3	85	3	6	3
12	5	5	6	49	6	5	7	86	6	7	5
13	6	5	6	50	6	5	6	87	6	6	6
14	6	5	3	51	4	3	5	88	7	7	7
15	6	6	6	52	4	6	5	89	7	6	7
16	5	5	3	53	6	7	7	90	4	5	5
17	7	6	5	54	5	6	6	91	5	7	7
18	6	6	5	55	6	7	5	92	6	3	5
19	7	7	6	56	5	5	6	93	4	5	5
20	6	5	6	57	5	7	6	94	6	5	4
21	4	3	5	58	5	5	6	95	5	6	6
22	6	4	7	59	6	7	6	96	5	6	6
23	5	5	4	60	5	7	5	97	6	7	5
24	6	6	5	61	6	6	7	98	7	7	7
25	6	5	6	62	6	4	4	99	5	5	6
26	7	6	4	63	5	7	6	100	7	6	7
27	7	6	5	64	3	7	5	101	6	3	5
28	6	7	6	65	6	7	6	102	7	6	6
29	6	6	6	66	5	7	6	103	5	7	6
30	5	5	7	67	3	4	1	104	4	5	1
31	5	7	6	68	4	7	6	105	6	7	4
32	3	6	4	69	3	6	6	106	5	7	6
33	5	6	6	70	5	5	6	107	5	6	5
34	6	5	7	71	4	6	5	108	6	7	6
35	1	3	4	72	6	7	6	109	5	3	6
36	5	5	6	73	5	7	6	110	6	5	5
37	5	6	7	74	6	5	6				

Anexo 21

Tabla de ponderación para elección de tratamientos para evaluación sensorial

TRAT.	VARIABLES					
	DENSIDAD (1) ^a		VISCOSIDAD (2) ^a		SEDIMENTACION (3) ^a	
	MED. ARIT.	PONDERADO	MED. ARIT.	PONDERADO	MED. ARIT.	PONDERADO
A	1,117	1,117	62466,67	124933,3	2264,76	6794,29
B	1,047	1,047	156200,00	312400,0	4282,72	12848,15
C	0,982	0,982	206200,00	412400,0	4667,16	14001,47
D	1,109	1,110	53116,67	106233,3	1107,04	3321,10
E	1,016	1,016	142800,00	285600,0	2079,93	6239,78
F	0,970	0,970	178600,00	357200,0	2238,39	6715,17
G	1,035	1,035	54800,00	109600,0	128,79	386,37
H	0,975	0,975	156400,00	312800,0	311,32	933,96
I	0,994	0,995	197600,00	395200,0	413,38	1240,15

* NOTA:

a) un valor de ponderación mayor indica mayor importancia en la variable medida.

b) los valores marcados muestran las mejores combinaciones de goma xantán y tamaño de partícula de harina de chocho con respecto a cada variable.

GLOSARIO

- * **Ácido acético:** agente activo del vinagre, en donde se encuentra en una concentración de 4 a 5 %; además de que contribuye al gusto y al aroma de los alimentos (Badui, 2006).
- * **Ácido cítrico:** puede actuar como secuestrante al controlar las trazas de metales que de lo contrario podrían catalizar reacciones de oxidación (Vaclavik, 2002).
- * **Ácidos grasos polinsaturados:** Son ácidos grasos que tienen uno o más dobles enlaces situados dentro de los primeros siete átomos de carbono de la cadena alifática contando a partir del grupo metilo (-CH₃) final de la molécula. Aunque la especie humana tiene la capacidad de sintetizar ácidos grasos con dobles enlaces, no puede insertar dobles enlaces en los primeros átomos de carbono de la cadena (Webb, 2006).
- * **Ácido L-ascórbico:** tanto esta sustancia, como el ácido L-deshidroascórbico (producto de la oxidación del L-ascórbico) presentan actividad biológica de vitamina C. Es un derivado de los de los hidratos de carbono (su síntesis química parte de la D-glucosa). Es inestable a pH neutro y alcalino, en presencia de oxígeno, luz, calor y se da el 100% de pérdidas en el cocimiento. Las necesidades de vitamina C en adultos es de 60 mg por día. Es necesaria para la síntesis de colágeno, formación de huesos, dentina de dientes, cartílagos y de las paredes de los capilares sanguíneos (Badui, 2006).
- * **Aglutinante:** polisacárido que cumple funciones de espesante y de estabilizante (Badui, 2006).
- * **Alcaloides quinolizidínicos:** son sustancias tóxicas encontradas en los géneros *Lupinus*, *Baptista*, *Genista*, *Cytisus*, *Chamaecytisus*, *Laburnum* y *Calia*, que en pequeñas cantidades tienen efectos farmacológicos (Wink, 2003). En *Lupinus mutabilis* se han identificado 19 alcaloides de 25 encontrados (Gross, & Tuesta, 1977; Gross, Von Baer, Koch, Marquard, Trugo, & Wink, 1988).

- * **Almidón modificado:** modificación química específica de los almidones nativos para crear físicamente propiedades que contribuyen a la estabilidad, apariencia, comodidad y funcionamiento en la preparación de los alimentos (Vaclavik, 2002).
- * **Anacardo:** fruto del árbol tropical de flores pequeñas con el mismo nombre (Real Academia Española, 2009).
- * **Antioxidante:** Evita, retrasa, o reduce la oxidación de los enlaces insaturados cediendo un átomo de Hidrógeno al doble enlace en un ácido graso (Vaclavik, 2002)
- * **B-carotenos:** pigmentos vegetales carotenoides capaces de transformarse en retinol (vitamina A) dentro del organismo para que sea aprovechado por el ser humano. La eficacia de absorción de estos pigmentos es menor que el retinol (Webb, 2006).
- * **Bol:** recinto en cuyo interior tiene lugar la separación y que equivale a las cubas de decantación (Mafart, &Béliard, 1994).
- * **Carotenoides:** pigmentos del grupo de frutas y hortalizas rojas-anaranjadas; algunos son precursores de la vitamina A y también tienen valor antioxidante (Vaclavik, 2002).
- * **Centrífuga:** Máquina que separa los distintos componentes de una mezcla por la acción de la fuerza centrífuga (Real Academia Española, 2009). Esta consta esencialmente de: un bol, una entrada, equipada con un distribuidor que asegure la rotación de la mezcla y una salida para el líquido refinado cuando la mezcla es una suspensión (Mafart, &Béliard, 1994).
- * **Componentes fenólicos:** tienen al menos un anillo aromático con al menos un grupo hidroxilo (OH) unido a él. Se dividen en las siguientes categorías los ácidos fenólicos, hidroxicinamatos, estilbenos y flavonoides (Webb, 2006).

- * ***Crecimiento microbiano:*** refiere principalmente a la reproducción de bacterias cuando coexisten los siguientes factores: proteína o nutrientes, actividad de agua sobre 0,85, pH superior a 4,5, oxígeno si es aerobia y temperatura entre 4 y 60°C (Vaclavik, 2002).
- * ***Densidad:*** propiedad física que se obtiene dividiendo la masa de un material u objeto por su volumen (es decir, la masa por unidad de volumen) (Petrucci, Harwood, &Herring, 2006).
- * ***Dispersión o coloide:*** es un sistema de multifases no homogéneas en equilibrio. Consta de fases dispersas, llamadas micelas, contenidas en una fase continua. No llegan a formar una solución verdadera, por lo que sus propiedades son diferentes. Se considera que las partículas coloidales están en un rango de tamaño de 10^{-9} m (1nm) hasta 10^{-6} m (1 μ m o μ). Las soluciones verdaderas tienen partículas con un tamaño menor a 1nm (Badui, 2006).
- * ***Emulsificante:*** emulgentes o emulsivos, estabilizan las mezclas de líquidos inmiscibles (Badui, 2006).
- * ***Emulsión:*** es una dispersión coloidal de un material dentro de otro, en el cual es normalmente inmiscible, sin capacidad de formar una fase homogénea. La fase dispersa se obtiene al romper uno de los líquidos por medios mecánicos en pequeñas gotas entre 0,1 y 10 μ m, que se distribuyen en la fase continua o dispersante. Esta emulsión es termodinámicamente inestable y al dejarla reposar, por algún tiempo, las gotas se agregan pasando primero por el estado conocido como floculación para luego producir coalescencia y, por último, la separación de dos fases inmiscibles y diferenciables (Badui, 2006).
- * ***Estabilidad física:***En este estudio, es la variable que relaciona la densidad, la viscosidad y el tiempo de sedimentación del producto con el objeto de analizar la separación de fases a través del tiempo

- * **Fermentación de la glucosa:** es un proceso biológico en el que bacterias, mohos, levaduras, enzimas convierten anaeróbicamente la glucosa en dióxido de carbono y alcohol (Vaclavik, 2002).
- * **Fuerza centrífuga:** fuerza ficticia que aparece cuando se describe el movimiento de un cuerpo en un sistema de referencia en rotación (Hibbeler, 2010).
- * **Gelificante:** sustancia capaz de formar un gel al enfriarse y una pasta de almidón gelatinizada (Vaclavik, 2002).
- * **Grano desamargado:** producto comestible limpio húmedo, que ha sido sometido a un proceso de desamargamiento (térmico-hídrico), de color predominantemente blanco-crema, sabor y olor característico, libre de olores extraños y del sabor amargo (NTE INEN 2390:2004).
- * **Gravedad:** Atracción de dos objetos debido a sus masas (Hibbeler, 2010).
- * **Inocuidad:** La inocuidad de un alimento garantiza que no causará malestar al consumidor, cuando sea preparado o ingerido de acuerdo a requisitos higiénico-sanitarios (Grupo Delcen, 2009).
- * **Números de Reynolds:** relación existente entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas (o de rozamiento). Este número es adimensional y puede utilizarse para definir las características del flujo dentro de la tubería (Singh, 1998).
- * **pH:** designación abreviada para indicar concentración de $[H_3O^+]$ en una disolución. Se define como $pH = -\log [H_3O^+]$ (Petrucci et al., 2006).
- * **Radicales libres:** fragmentos moleculares muy reactivos que contienen electrones desapareados (Petrucci et al., 2006).
- * **Régimen browniano:** se aplica en valores de Reynolds menores a 10^{-4} , es decir que el flujo es muy lento, y sucede generalmente cuando las partículas son muy finas para

decantar o cuando la decantación es turbada por la agitación molecular (Mafart, & Béliard, 1994).

* **Régimen turbulento:** se da en flujos erráticos obtenidos a mayores velocidades del líquido, cuando el número de Reynolds es mayor a 500 para la aplicación de la ley de Stokes. A niveles mayores a 2100 se produce una mezcla transversal del líquido y a valores superiores a 10000 la turbulencia está totalmente desarrollada (Singh, 1998).

* **Suspensión:** Partículas grandes no disueltas en el medio que las rodea. Las partículas son demasiado grandes para formar una solución o un sol con el calentamiento (Vaclavik, 2002).

* **Velocidad angular media:** Es el cociente entre el desplazamiento angular realizado por la partícula y el tiempo empleado. El desplazamiento angular, expresado en radianes, es la variación neta que experimenta la posición angular de la partícula, respecto a un sistema de referencia. Cuanto mayor sea la velocidad angular de una partícula, tanto mayor será el ángulo que describe, por unidad de tiempo (Zambrano, 2004).

* **Viscosidad:** propiedad relacionada con la resistencia de un líquido a fluir. Su magnitud depende de las fuerzas intermoleculares atractivas y, en algunos casos, de las formas y tamaños de las moléculas (Petrucci et al., 2006).

* **Vitaminas:** nutrientes que facilitan el metabolismo de otros nutrientes y mantienen diversos procesos fisiológicos vitales para todas las células activas, tanto vegetales como animales (Badui, 2006).

REFERENCIAS

- Allauca, V. (2005). *Desarrollo de la Tecnología de Elaboración de Chocho (Lupinus mutabilis Sweet) Germinado Fresco, para aumentar el valor nutritivo del grano.* (Tesis inédita de doctorado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo [ESPOCH], Riobamba.
- Arribas, A. (2009). *Estadística I*. Recuperado de <http://hallweb.uc3m.es/esp/Persona/personas/aaribas/esp/docs/NumeroAleatorios.pdf>
- Badui, Salvador. (2006). *Química de Alimentos* (4ta ed.). México: Pearson.
- Barbosa, G., & Humberto, V. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Behall, K. M., Scholfield, D.J., & Hallfrisch, J. The effect of Partice Size of Whole-Grain Flour on Plasma Glucose, Insulin, Glucagon and Thyroid-Stimulating Hormone in Humans. *Journal of the American College of Nutrition*, 18 (6), 591-597.
- Blanco de Alvarado, T., Alvarado, C., & Ortiz, U. (2006). *Aditivos alimentarios*. Lima: Fundación Ajinomoto.
- Blatt, Frank. (1986). *Principles of physics*. (2nda ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Blazejewski, Ryszard. (2012). Apparent viscosity and settling velocity of suspensions of rigid monosized spheres in Stokes flow. *International Journal of Multiphase Flow*, 39, 179-185. doi: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2011.10.006
- Boye, J.I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Famworth, E., & Rajamohamed, S.H. (2009). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation technological. *Food Research International*, 43 (2), 537-546 doi: 10.1016/j.foodres.2009.07.021
- Cerezal, P., Carrasco, A., Pinto, K., Romero, N., & Arcos, R. (2007). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 a 5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *INCI*, 32 (12), 857-864. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442007001200013&script=sci_arttext
- Choi, Y., & Okos, M. (1986) Effects of Temperature and Composition on the Thermal Properties of Foods. *Journal of Food Process and Applications*, 1 (1), 93 – 101.
- Corporación Colombia Internacional. (2001). *Perfil de Producto no 19: Maracuyá*. Recuperado de http://www.cci.org.co/cci/cci_x/Sim/Perfil%20de%20Productos/perfil%20producto%2019%20final.pdf
- Corporación de promoción de exportadores e inversiones [Corpei]. (2011). *Maracuyá*. Ecuador. Recuperado de http://www.corpei.org/FRAMECENTER.ASP?OPCION=3_PERFILMARA

- CPS Instruments Europe(2001).Introduction to Differential Sedimentation. The Netherlands: Autor
- Dairy Products Technology Center.(2000). *Particle Sizes of Milk Powders*. California: Universidad Politécnica de California. Recuperado de <http://www.calpoly.edu/~dptc/newsletterPDF/V2N4.PDF>
- De la Cruz Medina, J., & García, H. S. (2002). Chapter 20 Mango: Post-harvest Operations.*Instituto Tecnológico de Veracruz [ITVER]*.Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendum_Mango.pdf
- Earle, R. (1998). *Ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. La Habana: Editorial Universitaria.
- García, F., Santos, V.E., Casas, J.A., & Gomez, J.A. (2000). Xanthan gum: production, recovery and properties. *Biotechnology Advances*, 18, 549 – 579. doi:10.1016/S0734-9750(00)00050-1
- Geankoplis, C. (1998). *Principios de la transferencia de momento lineal y aplicaciones*. Procesos de transporte y operaciones unitarias (3ra ed) (pp 52-56, 900-991). México: Compañía Editorial Continental S.A.
- Gross, R., & Tuesta, L (1977). El cultivo y la utilización de los lupinos. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]*, Perú.
- Gross, R., Baer, E., Koch, F., Marquard, R., Trugo, L., & Wink, M. (1988). La composición química de una nueva variedad de lupinus andino (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) con bajo contenido de alcaloides. *J. Food Comp. Anal*, 1, 353-361.
- Grupo Delcen. (2009).¿*Qué es inocuidad?*. Recuperado de http://www.inocuidadalimentaria.com/news/seguridad_alimentaria/nota807.htm
- Hibbeler, R.C. (2010). *Engineering Mechanics: Statics*. México: Pearson.
- Hurtado, Montana. (2001)Measuring Consistency of Juices and pastes. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, H1.4.1 - H1.4.3. Recuperado de <http://www.nshvtv.org/ebook/molbio/Current%20Protocols/CPFAC/fah0104.pdf>
- IRAM 20010. (1997). *Análisis sensorial. Ensayo de clasificación por ordenamiento*.
- Jacobsen, S., & Mujica, A .(2006). *El tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y sus parientes silvestres*. La Paz: Botánica Económica de los Andes Centrales.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [JECFA].(1986). *Xanthan gum*. Recuperado de <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/Additive-487.pdf>

- Jeffrey, Cousminer (1996). Savory fruit-based pances. *Food Technology* 50 (1): 70-73.
- Lewis, M. J. (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. Zaragoza: Acribia.
- Limones, K., & García, M. C. (2011). *Elaboración de sopa instantánea a partir de harina de chocho (Lupinus mutabilis Sweet*. (Tesis inédita de ingeniería) Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral [ESPOL].
- Luján, Néstor (1991). Salsas. *Escudo de Cocina Salvat*. Barcelona: Salvat.
- Machado, S., De Queiroz, J.H., Lopes Ribeiro, M.E., Milagres Campos, F., & Pinheiro, M.G. (2007). Antioxidant in mango (*Mangifera indica* L.) pulp. *Plant Foods for Human Nutrition* 62: 13–17.
- Mafart, P., & Béliard, E. (1994). *Ingeniería industrial alimentaria: Volumen 2 técnicas de separación*. Zaragoza: Acribia.
- Marquéz, C. (2011). Salsa agridulce. *Revista Sabor Gourmet*. Recuperado de <http://saborgourmet.com/salsa-agridulce/>
- Mourad, A. L., et al. *Maracujá Pós-colheita*. Brasilia: Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimiento.
- Moure, A., Domínguez, H., & Parajó J.C. (2006). Functionally of oilseed protein products: A review. *Food Research International*.
- Muñoz, M., Ledesma, J. A. et al. (2002). *Tablas de valor nutritivo de alimentos*. México D.F: McGraw Hill.
- Official Methods of Analysis.(1990). *Association of Official Analytical Chemists [AOAC]*. Washington, D.C.
- Palma, E., & Barrera, M. J. (2002). *Maracuyá amarillo*. Fundación Centro Nacional de la Medicina Popular Tradicional [FCNMPT]: Nicaragua. Recuperado de <http://www.herbotecnia.com.ar/aut-passiflora.html>
- Pasquel, A. (2001). Gomas: una aproximación a la industria de alimentos. *Revista Amazónica de Investigación*, 1 (1), 1-8.
- Pedrero, D., & Pangborn, R. M. (1997). *Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos*. México: Editorial Alambra Mexicana.
- Perry, H. R., et al. (1997). *Perry's Chemical Engineers' HandBook*. Kansas: University of Kansas.
- Petrucci, R., Harwood, W., & Herring, G. (2003). *Química General*. (8va ed). Madrid: Pearson Educación S.A.

- Phillips, L., Whitehead, D., & Kinsella, J. (1994). *Structure- function properties of food proteins*. San Diego, Academic Press.
- Pontón, B., & Rada., R. (2009). *Rentabilidad para la Industrialización de una Planta Exportadora de Mango en Estado Natural*. Guayaquil: Escuela Politécnica del Litoral [ESPOL].
- Pordesimo, L., Onwulata, C.I. & Carvalho, C.W.P. (2007). *Food power delivery through a feeder system: effect of physico-chemical properties*. American Society of Agricultural and Biological Engineers [ASABE]: Minneapolis. Recuperado de <http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/14261/1/IND44050848.pdf>
- Quiminet. (2003). *Goma Xanthan*. México: Autor. Recuperado <http://www.quiminet.com/articulos/goma-xanthan-118.htm>.
- Real Academia Española. (2009). Diccionario de la lengua española. Recuperado de <http://buscon.rae.es/draeI/>
- Reyes, M., Gómez. I., Espinosa, C., Bravo, F., & Ganoza, L. (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Instituto Nacional de Salud [INS], Lima. Recuperado de <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>
- Rodriguez, A. I. (2009). *Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. (Tesis inédita de bioquímico farmacéutico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo [ESPOCH], Riobamba.
- Roux, Michael. (2004). *Salsas dulces y saladas, clásicas y modernas*. Barcelona: Elfos.
- Ruffel, Denis. (1995). *Tratado artesano de pastelería salada y cocina fría*. Barcelona: Garriga.
- Salinas, G., Gutierrez, I., & Babick, F. (2007). Análisis de la función de corrección de la velocidad de sedimentación de micropartículas. *Revista chilena de ingeniería*, 15 (3), 283-290.
- Singh, Paul. (1998). *Introducción a la ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Tacon, A.M. (2010). *Xanthan Gum side effects*. Recuperado de <http://www.livestrong.com/article/345013-xanthum-gum-side-effects/>
- Vaclavik, Vickie. (2002). *Fundamentos de ciencia de los alimentos*. Zaragoza, Acribia.
- Villacrés, E., Peralta, E., & Álvarez, M. (2003). *Cochos en su punto: Recetario: Programa nacional de leguminosas y granos andinos*. Quito: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos [IPGRI].

- Villacrés, E., Caicedo, C., & Peralta, P. (1998). *Disfrute cocinando con chocho: Programación Nacional de Leguminosas Estación Experimental Santa Catalina*. Quito: Fundacyt- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). *Usos alternativos del chocho*. Quito: Fundacyt-Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].
- Ward, S.G., & Whitmore, R. L. (1950). Studies of the viscosity and sedimentation of suspensions Part 1.- The viscosity of suspension of spherical particles. *British Journal of Applied Physics*, 11, 286-290.
- Webb, Geoffrey. (2006). *Complementos nutricionales y alimentos funcionales*: Zaragoza: Acribia.
- Wink, M. (2003). Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64 , 3-19.
- Xuewu, Z., Xin, L., Dexiang, G., Wei, Z., Tong, X., & Yonghong, M. (1994). Rheological Models for Xanthan Gum. *Journal of Food Engineering*, 27 (2), 203-209.
- Zambrano, Jorge. (2004). *Experto: Física vectorial 1*. Quito: Faber Publishing Group

