

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE CMC, GOMA GUAR Y GOMA XANTANA SOBRE LA SINERESIS, CARACTERISTICAS REOLOGICAS Y CONSISTENCIA SENSORIAL DE SALSA DE ALCACHOFA (*Cynara scolymus* L.) VARIEDAD IMPERIAL STAR.

TESIS

Para obtener el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Br. FRANCISCO JESUS MORA BARANDIARAN

TRUJILLO – PERU

2013

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón
PRESIDENTE

Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos
SECRETARIO

M. Sc. Ana Cecilia Ferradas Horna
VOCAL

M. Sc. Gabriela Barraza Jáuregui
ASESORA

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por estar conmigo en todo momento.

A las personas más importantes de mi vida, mis padres Víctor y Esther por todos sus sabios consejos y apoyo incondicional.

A Débora quien me apoyó en todo momento y me motivó a culminar este trabajo de investigación.

A mis hermanos y demás familiares y amigos por apoyarme en cada instante de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la M. Sc. Gabriela Barraza Jáuregui, como asesora y amiga, por su paciencia, orientación y sabios consejos para el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

A los Miembros del Jurado: Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón, Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos y M. Sc. Ana Cecilia Ferradas Horna por sus acertadas observaciones en la evaluación de este trabajo de investigación.

Al Ing. Pedro Villanueva por proporcionarme valiosas pautas en el desarrollo de la investigación.

A mi familia por su apoyo constante y ser inspiración permanente para el desarrollo de esta tesis.

INDICE GENERAL

CARATULA.....	i
APROBACION POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1. La alcachofa	4
2.1.1. Clasificación botánica y ecológica	4
2.1.2. Variedades y características	4
2.1.3. Composición química y nutricional	5
2.1.4. Procesamiento industrial	6
2.1.5. Producción y exportación	7
2.2. Hidrocoloides	10
2.2.1. Hidrocoloides en la industria alimentaria	11
2.2.2. Elección del tipo de hidrocoloide	13
2.2.3. Celulosa y celulosas modificadas	13
2.2.3.1. Carboximetilcelulosa (CMC)	14
2.2.4. Gomas	16
2.2.4.1. Goma guar	21
2.2.4.2. Goma xantana	23
2.3. Salsas	26

2.4. Salsa de alcachofa	26
2.5. Sinéresis	27
2.6. Características reológicas	27
2.7. Características sensoriales	32
2.7.1. Pruebas orientadas al consumidor	32
2.7.1.1. Pruebas hedónicas	33
2.8. Metodología de superficie de respuesta	34
2.8.1. Experimentos con mezclas (diseño de mezclas)	37
2.8.1.1. Diseño símplex con centroide	39
III. MATERIALES Y METODOS	43
3.1. Lugar de Ejecución	43
3.2. Materia prima, insumos, equipos e instrumentos, materiales y reactivos	43
3.2.1. Materia prima	43
3.2.2. Insumos.....	44
3.2.3. Equipos e instrumentos	44
3.2.4. Materiales de vidrio, plástico y otros	45
3.2.5. Reactivos	45
3.3. Metodología experimental	45
3.3.1. Esquema experimental.....	45
3.3.2. Procedimiento experimental	49
3.3.2.1. Procedimiento para la elaboración de salsa de alcachofa	49
3.4. Métodos de Análisis	54
3.4.1. Caracterización inicial de la alcachofa.....	54
3.4.1.1. Análisis fisicoquímico.....	55
3.4.2. Análisis de las salsas de alcachofa	55
3.4.2.1. Sinéresis	55
3.4.2.2. Análisis reológico	56
3.4.2.3. Análisis fisicoquímico	56

3.4.2.4. Consistencia sensorial	57
3.5. Métodos estadísticos	58
3.5.1. Metodología de superficie de respuesta para la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial.....	58
3.5.1.1. Análisis de Varianza (ANVA)	58
3.5.1.2. Análisis de Regresión	59
3.5.2. Análisis estadístico para la evaluación de la consistencia sensorial	60
3.6. Optimización de las variables respuesta	61
3.6.1. Metodología de superposición de gráficas de contorno ..	61
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
4.1. Evaluación de la materia prima	63
4.1.1. Caracterización inicial de la alcachofa	63
4.1.2. Evaluación fisicoquímica de la alcachofa	63
4.2. Evaluación de las salsas de alcachofa	64
4.2.1. Evaluación de la sinéresis.....	64
4.2.2. Evaluación de la características reológicas de las salsas de alcachofa	72
4.2.2.1. Evaluación del esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ”	72
4.2.2.2. Evaluación del índice reológico “n”	79
4.2.2.3. Evaluación del índice de consistencia “k”	82
4.2.3. Evaluación de la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.....	85
4.2.3.1. Caracterización fisicoquímica de la salsa de alcachofa con mayor puntaje en la consistencia sensorial	92
4.2.4. Determinación de la zona de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima	93
V. CONCLUSIONES	96

VI. RECOMENDACIONES	98
VII. BIBLIOGRAFIA.....	99
VIII. ANEXOS.....	108

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química de la alcachofa	5
Cuadro 2. Estacionalidad de los principales países productores de alcachofa por hemisferio	7
Cuadro 3. Mercado global de hidrocoloides	11
Cuadro 4. Funciones y aplicaciones de hidrocoloides en alimentos.....	12
Cuadro 5. Clasificación de gomas por su origen	17
Cuadro 6. Composición química de gomas de origen vegetal.....	18
Cuadro 7. Características principales de diversas gomas	20
Cuadro 8. Diseño simplex reticular (3,2) con centroide ampliado.....	48
Cuadro 9. Formulación de la salsa de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.) variedad Imperial Star	53
Cuadro 10. Análisis de varianza de los modelos aplicados a las variables respuesta.....	59
Cuadro 11. Coeficientes de regresión del modelo matemático	60
Cuadro 12. Caracterización fisicoquímica de la alcachofa	63
Cuadro 13. Valores observados para la sinéresis de las salsas de alcachofa	64
Cuadro 14. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta sinéresis de las salsas de alcachofa	67
Cuadro 15. Coeficientes de regresión del modelo cuadrático aplicado para la sinéresis de las salsas de alcachofa.....	68
Cuadro 16. Valores observados y estimados para la sinéresis de las salsas de alcachofa	69
Cuadro 17. Valores observados para el esfuerzo de corte inicial " τ_0 " de las salsas de alcachofa.....	73
Cuadro 18. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta esfuerzo de corte inicial " τ_0 " de las salsas de alcachofa	75

Cuadro 19. Coeficientes de regresión del modelo cúbico especial aplicado al esfuerzo de corte inicial " τ_0 " de las salsas de alcachofa.....	76
Cuadro 20. Valores observados y estimados para el esfuerzo de corte inicial " τ_0 " de las salsas de alcachofa.....	77
Cuadro 21. Valores observados para el índice reológico "n" de las salsas de alcachofa	80
Cuadro 22. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta índice reológico "n" de las salsas de alcachofa	82
Cuadro 23. Valores observados para el índice de consistencia "k" de las salsas de alcachofa.....	83
Cuadro 24. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta índice de consistencia "k" de las salsas de alcachofa	85
Cuadro 25. Prueba de Friedman para la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa	86
Cuadro 26. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.	88
Cuadro 27. Coeficientes de regresión del modelo cúbico especial aplicado a la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.....	89
Cuadro 28. Valores observados y estimados para la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.....	90
Cuadro 29. Caracterización fisicoquímica de la salsa de alcachofa con mayor puntaje en la consistencia sensorial (T_4).....	92
Cuadro 30. Valores asignados a las variables respuesta sinéresis, esfuerzo de corte inicial " τ_0 " y consistencia sensorial para la determinación de la zona de formulación factible.....	94

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de las exportaciones peruanas de alcachofas preparadas	9
Figura 2. Principales destinos de las exportaciones peruanas de alcachofas preparadas	9
Figura 3. Estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC)	15
Figura 4. Estructura química de la goma guar	21
Figura 5. Estructura química de la goma xantana	23
Figura 6. Esfuerzo de corte frente a velocidad de corte para fluidos newtonianos y no newtonianos independientes del tiempo	29
Figura 7. Espacio de los factores restringidos para mezclas con a) $p=2$ componentes y b) $p=3$ componentes	38
Figura 8. Sistema coordinado trilineal	38
Figura 9. Diseños símplex reticulares para $p = 3$ y $p = 4$ componentes	40
Figura 10. Diseño símplex con centroide, con a) $p = 3$ componentes y b) $p = 4$ componentes	41
Figura 11. Diseño símplex reticular (3,2) con centroide ampliado	46
Figura 12. Esquema experimental del efecto de las concentraciones de CMC, goma guar y goma xantana en la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de la salsa de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.) variedad Imperial Star	49
Figura 13. Diagrama de flujo para la elaboración de salsa de alcachofa variedad Imperial Star	50
Figura 14. Representación gráfica de superficie de respuesta (b) y de contornos (a) para la sinéresis de las salsas de alcachofa	70
Figura 15. Representación gráfica de superficie de respuesta (b) y de contornos (a) para el esfuerzo de corte inicial " τ_0 " de las salsas de alcachofa	78

Figura 16. Evaluación de la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa	87
Figura 17. Representación gráfica de superficie de respuesta (b) y de contornos (a) para la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.....	91
Figura 18. Superposición de gráficas de contorno de las variables respuesta, zonas de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima.....	95

INDICE DE ANEXOS

Anexo I. Características de la salsa de alcachofa	109
Anexo II. Resultados experimentales	110
Anexo III. Formato para la evaluación de la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa	135
Anexo IV. Ficha técnica de carboximetil celulosa (CMC)	136
Anexo V. Ficha técnica de goma guar	138
Anexo VI. Ficha técnica de goma xantana : grado alimenticio	139
Anexo VII. Determinación de costos de insumos de salsas de alcachofa con diferentes hidrocoloides	140
Anexo VIII. Métodos para la determinación de pH, acidez, sólidos solubles, sólidos totales, cenizas y cloruros	142
Anexo IX. Galería de fotografías.....	145

RESUMEN

La presente investigación estudió el efecto de la concentración de tres hidrocoloides: CMC, goma guar y goma xantana, y sus mezclas en la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) variedad Imperial Star.

La sinéresis se determinó mediante la pérdida de agua por centrifugación; las características reológicas utilizando un reómetro marca Brookfield modelo RVDV – III y la consistencia sensorial mediante una escala hedónica de nueve puntos.

Se aplicó un diseño de mezclas simplex reticular con centroide ampliado bajo la metodología de superficie de respuesta para establecer el efecto estadístico de la concentración de hidrocoloides sobre la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial. La prueba de Friedman y Wilcoxon se aplicó para determinar el tratamiento con mayor rango promedio y la diferencia estadística entre pares de tratamientos.

En todos los tratamientos, la viscosidad aparente disminuyó con la velocidad de cizalla demostrando un comportamiento “no newtoniano” de tipo “plástico general” con un valor “n” menor a 1 y un esfuerzo de corte inicial que estuvo en el rango de 82,8792 y 182,5201 Pa. El índice reológico “n” estuvo en el rango de 0,5932 y 0,7594 ($n < 1$) y el índice de consistencia “k” en el rango de 7,8505 y 36,1660 Pa.sⁿ. La consistencia sensorial estuvo en el rango de 5 – 7 representado por “ni me gusta ni me disgusta” hasta “me gusta ligeramente”.

Finalmente, se optimizó la mezcla de hidrocoloides sobre la zona de formulación factible. Con la mezcla óptima, correspondiente a: 0,07% CMC; 0,25% goma guar y 0,68% goma xantana se espera obtener 0,08% de sinéresis, 133,1420 Pa de esfuerzo de corte inicial y un valor de 6 en la consistencia sensorial, correspondiente a la calificación “me gusta”.

ABSTRACT

The effect of the concentration of three hydrocolloids: CMC, guar gum and xanthan gum on the syneresis, rheological features and sensory consistency of the artichoke sauce (*Cynara scolymus* L.) Imperial Star variety was studied.

The syneresis was determined by the water loss by centrifugation, the rheological features was determined using a Brookfield RVDV – III model rheometer and finally, the sensory consistency was determined by measuring the degree of satisfaction with hedonic scale of nine points.

A simplex reticulated mixtures design with extended centroid was applied through the response surface methodology to establish the statistical effect of the variation of the hydrocolloids concentration on the syneresis, rheological features and sensory consistency. Friedman and Wilcoxon tests were applied to determine the higher average range and the difference between treatment pairs.

In all treatments, the apparent viscosity decreased with shear rate demonstrating a “non newtonian” behavior of “general plastic” type with a “n” value less than 1 and an initial shear stress, wich ranged was 82,8792 and 182,5201 Pa. The flow behavior index “n” was in the range of 0,5932 and 0,7594 ($n < 1$) and the consistency index “k” in the range of 7,8505 and 36,1660 Pa.sⁿ. The sensory consistency was in the range of 5 – 7 represented by “neither like nor dislike to like slightly”.

Finally, the hydrocolloid mixture was optimized over the area of feasible formulation. With the optimal mixture, corresponding to 0,07% CMC, 0,25% guar gum and 0,68% xanthan gum is expected to obtain 0,08% of syneresis, 133,1420 Pa of initial shear stress and 6 of sensory consistency represented by “like slightly”.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en los países en vías de desarrollo como el Perú, existe una gran competencia de los productos alimenticios importados, tanto frescos como procesados, teniendo como consecuencia el pago de miles de dólares por tales importaciones, es por ello que nuestro país se ve en la necesidad de aumentar la producción de sus recursos alimenticios. Es decir, promover el desarrollo de materias primas vegetales, generando el desarrollo de la cadena agroalimentaria nacional (MINAG, 2005).

Por la demanda de los productos peruanos las empresas agroindustriales se están centrando en ofertar una diversidad de productos. Las diversas presentaciones son más notorias en frutas y hortalizas, como es el caso de la alcachofa, que ha venido posicionándose a lo largo de los últimos años en el mercado nacional e internacional. Ya que en nuestro país no existe hábito de consumo de la alcachofa, la mayoría de la producción nacional es destinada al mercado internacional, siendo el 80% en la modalidad de producto procesado (MINAG, 2006).

El uso industrial de la alcachofa permite la obtención de productos y subproductos derivados directamente de cualquiera de sus partes empleadas, es así, que de los receptáculos se obtiene fondos de alcachofa en salmuera, marinados en aceite, pasta o pulpa congelada y harina; de las brácteas tiernas (base) se obtiene pasta o pulpa congelada y harina; de las brácteas externas se obtiene alimento para ganado; en el caso del corazón (brácteas internas y receptáculo carnoso) es procesado para la elaboración de conservas en salmuera o marinadas, salsas y cremas (MINAG, 2001).

Por otro lado, los cambios en el estilo de vida moderno y las nuevas tecnologías de procesamiento han llevado a un rápido aumento en el consumo de comidas preparadas, alimentos novedosos y desarrollo de alimentos bajos en grasa. Por tanto, se han desarrollado numerosos hidrocoloides específicamente como sustitutos de grasa o mejoradores de características texturales; esto en consecuencia, ha dado lugar a un aumento en su demanda (Williams y Phillips, 2000).

Por lo que, el conocimiento de las propiedades reológicas de alimentos fluidos y semisólidos es importante, sobre todo en el diseño de flujo, almacenamiento y estabilidad de alimentos durante el proceso (Vercet y otros, 2002; Mazaheri y Ghandi, 2007). Factores como degradación de enzimas, interacción pectina – proteína, contenido de pulpa, proceso de homogenización y concentración pueden afectar la consistencia de los productos procesados (Crandall y Nelson, 1975; Tanglertpaibul y Rao, 1987; Stoforos y Reid, 1992; Vercet y otros, 2002; Mazaheri y Ghandi, 2007). Las fallas o desviaciones en la consistencia de los alimentos pueden ser remediadas por la adición de diferentes hidrocoloides (Sahin y Ozdemir, 2004). Muchas investigaciones han encontrado que los hidrocoloides pueden ser usados para mejorar la textura de los alimentos y su capacidad de retención de agua, incrementando su calidad total durante el almacenamiento (Rosell y otros, 2001).

Estos materiales se emplean, entre otras múltiples aplicaciones, como aditivos alimentarios, principalmente como espesantes y agentes estabilizadores de emulsiones y suspensiones. En contraste con los sistemas de polímeros sintéticos, dan lugar a viscosidades altas a concentraciones relativamente bajas ($\leq 1\%$) y debido a su origen natural son altamente polidispersos. Se estima que actualmente el mercado mundial de hidrocoloides alimentarios oscila alrededor de 5000 millones de euros de valor económico. Así, la caracterización de las gomas de

origen natural en un amplio rango de condiciones de operación es claramente de interés industrial. La dependencia de las propiedades de flujo con la concentración y/o la composición de estos hidrocoloides, es específica y de estudio complejo, lo que hace que su descripción a través de correlaciones matemáticas sea un tema de gran interés (Silva, 2010).

Es por esto que se presenta esta investigación en la que se elabora una salsa de alcachofa bajo parámetros adecuados y adicionándole en su elaboración hidrocoloides, como: carboximetilcelulosa (CMC), goma guar y goma xantana. Lo cual llevó a plantear el siguiente problema: ¿Cuál será el efecto de la concentración de CMC, goma guar y goma xantana en la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) variedad Imperial Star?

Los objetivos planteados para este estudio experimental fueron:

Evaluar el efecto de la concentración de CMC, goma guar y goma xantana en la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) variedad Imperial Star.

Determinar la concentración de CMC, goma guar y goma xantana que permitan obtener la salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) variedad Imperial Star con menor sinéresis y la mayor consistencia sensorial.

II. REVISION BIBLIOGRÀFICA

2.1. La Alcachofa

2.1.1. Clasificación botánica y ecología

La alcachofa es una hortaliza compuesta por brácteas o sépalos, con o sin espinas reposada sobre un receptáculo o fondo carnoso que a su vez descansa en el tallo o pedúnculo (INDECOPI, 2005).

La alcachofa pertenece a la especie *Cynara scolymus* L., de la familia Compositae (compuestas) (INIA, 2004).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae (Compositae)

Género : *Cynara*

Especie : *C. scolymus*

2.1.2. Variedades y características

Existen muchas variedades de alcachofa, de acuerdo a su clasificación. Una forma de clasificación de las alcachofas es por su forma. Son básicamente cuatro formas de cabezuelas, siendo: esféricas o redondas, como la Green Globe, Camús y Castel; subesféricas o ligeramente achatadas, como la Imperial Star, A – 106, AR – 9903, Lorca y Talpiot; elipsoides, como la Blanca de Tudela; y cónicas, como la Romanesco, Violetto di Toscana y nuestra Criolla, que se caracterizan por fondos más grandes

(Cárdenas, 2006). La alcachofa es un producto de gran demanda debido a sus propiedades tanto alimenticias como medicinales, baja en colesterol, previene tumores y males cardiacos, entre otros. El dinamismo productivo de las empresas ha hecho que este producto sea reconocido a nivel internacional como uno de los productos que demanda gran calidad (Tarrillo, 2009).

2.1.3. Composición química y nutricional

En el Cuadro 1 se presenta la composición química y nutricional de una porción comestible de 100 gramos de alcachofa.

Cuadro 1. Composición química de la alcachofa.

Componente	Unidad de medida	Cantidad en 100 gr. de porción comestible
Energía total	Kcal	19,0
Agua	%	92,9
Ceniza	G	1,2
Carbohidratos	g	2,9
Proteínas	g	2,8
Grasa	g	0,2
Fibra	g	1,4
Calcio	mg	42,0
Fósforo	mg	51,0
Hierro	mg	1,1
Tiamina (B1)	mg	0,07
Riboflavina (B2)	mg	0,04
Niacina	mg	0,85
Retinol (A)	mg	50,00

Fuente: Collazos y otros (1996)

2.1.4. Procesamiento industrial

El uso industrial de la alcachofa permite la obtención de productos, como: fondos de alcachofa o corazones de alcachofa, encurtidos en aceite, pasta o pulpa congelada, salsas y harina (MINAG, 2006).

Las alcachofas pueden procesarse en diversas formas, siendo la más común la elaboración de conservas: al natural (en salmuera) y aliñadas o marinadas (en aceite de girasol o de oliva, vinagre y especias aromáticas), que es un proceso más costoso. Al margen del tipo de proceso se prepara conservas de corazones a partir de alcachofines enteros o partidos en dos o más partes y también de fondos de alcachofas de tamaño mayor. Otras formas de proceso son el puré, a base de fondos triturados y hojas con trozos de fondos, pero en ambos casos la demanda y los precios son mucho menores. Los pedúnculos pelados se procesan en conserva para ciertos mercados al natural y marinados y con ellos se elabora igualmente pastas y harinas, pero en cualquiera de los casos se trata de subproductos (Robles, 2001).

Según INDECOPI (2005) las conservas de alcachofa pueden clasificarse según los tipos comerciales en:

- Corazones. Son las conservas preparadas a partir de la parte central de las cabezuelas de alcachofa sin espinas, es decir, solo el receptáculo y los sépalos internos.
- Fondos. Son las conservas preparadas a partir de los receptáculos de las cabezuelas de alcachofas con espinas (criollas).
- Puré. Es la conserva preparada a partir de cabezuelas previamente trituradas y tamizadas o no.

- Pulpa o carne. Es la conserva preparada a partir de trozos irregulares de fondos o del recorte de ellos.

2.1.5. Producción y exportación

Los países con mayores hectáreas dedicadas a la producción del cultivo de alcachofa son Italia, España y Francia que representan el 60 a 70% del total de hectáreas cultivadas a nivel mundial (MINAG, 2006).

En el Perú se produce alcachofa durante todo el año, aunque los mayores niveles de producción se logran entre los meses de septiembre y diciembre (MINAG, 2006), lo que no sucede en los principales países productores de alcachofa. En el Cuadro 2 se muestra la estacionalidad de los principales países productores de alcachofa por hemisferio.

Cuadro 2. Estacionalidad de los principales países productores de alcachofa por hemisferio.

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hemisf. Norte	EE.UU												
	Italia												
	España												
	Francia												
Hemisf. Sur	Perú												
	Argentina												
	Chile												
	Colombia												
	México												

Fuente: PROMPERU (2009)

En el Perú, alrededor del 70% de la producción de alcachofa se concentra en la costa siendo Ica, Lima, Ancash y La Libertad las de mayor concentración, mientras que en la Sierra este cultivo se produce en Junín, Huancavelica y Cajamarca (Cárdenas, 2006). España es el principal exportador de alcachofa en conserva en el mundo (70% del total exportado). En segundo lugar Italia; otros exportadores importantes a nivel mundial son Perú, Alemania y Francia (MINAG, 2006).

Las alcachofas ocuparon el octavo lugar en el ranking de las agroexportaciones peruanas, representando 3% del total de ese subsector (ANDINA, 2008). Las exportaciones de alcachofa en conserva registran una tendencia creciente desde el año 2000, ante la expansión del cultivo por la industrialización de las nuevas variedades de semilla que se dedican totalmente a la fabricación de corazones enteros o por cuartos apertizados, marinados o en aceite o marinados (Pymex, 2009). La presentación más exportada es la preparada o conservada sin congelar que representó el 99,96%, en tanto que las alcachofas frescas o refrigeradas se exportaron tan solo 12 698 dólares, representando el 0,04% restante. Sociedad Agrícola Virú exportó U\$ 34.6 millones (30% del total), le sigue Danper Trujillo con U\$ 31.1 millones (27%), Danper Arequipa con U\$ 14.7 millones (13%) y Alsur con U\$ 12.4 millones (11%). Son 19 las empresas exportadoras en el 2011.

En el año 2007, los principales países a los que se exportó alcachofa peruana preparada fueron Estados Unidos, España, Francia, Holanda, Alemania y Canadá. El primer destino fue Estados Unidos con 13 millones 555 mil dólares equivalente al 54%, seguido de España con el 20% del total (4 millones 886 mil dólares), Francia (16%), Alemania (3%), Países Bajos (3%) y Canadá (2%), entre otros (ANDINA, 2008).

En la Figura 1, se ilustra la evolución de las exportaciones peruanas de alcachofas preparadas, en valor FOB (miles de dólares) y en peso neto (TM); en los años 2002 - 2008.

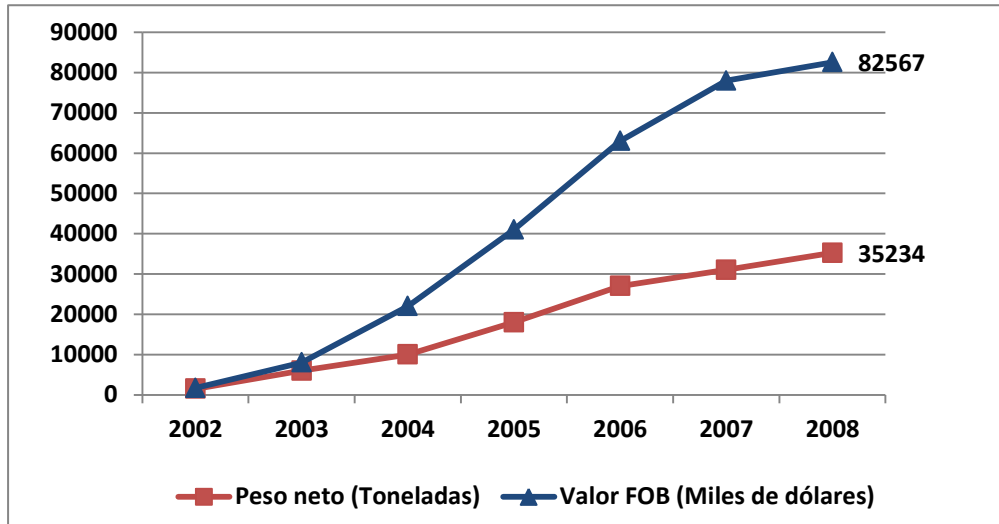


Figura 1. Evolución de las exportaciones peruanas de alcachofas preparadas.

Fuente: PROMPERU (2009)

En la Figura 2, se representa los principales países de destino de las exportaciones peruanas de alcachofas preparadas en el año 2011.

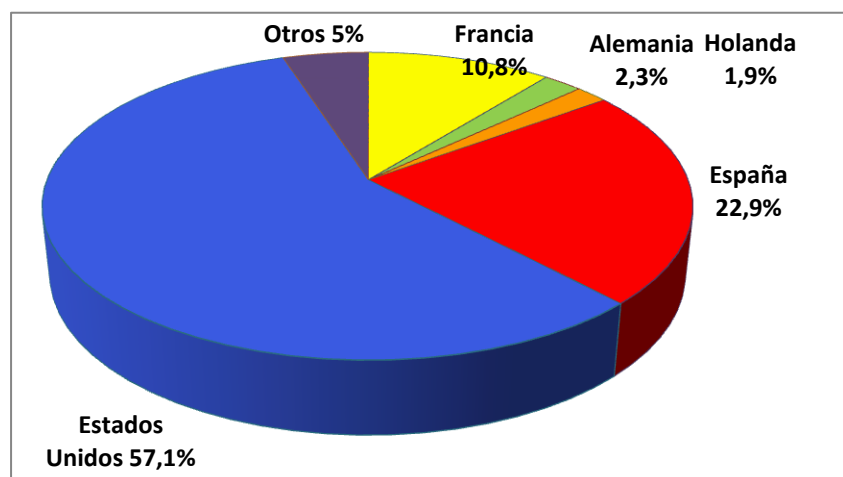


Figura 2. Principales destinos de las exportaciones peruanas de alcachofas preparadas.

Fuente: SUNAT (2011)

2.2. Hidrocoloides

Los hidrocoloides son polisacáridos de alto peso molecular que al interactuar con otras moléculas, son capaces de modificar las propiedades reológicas, actuar como estabilizantes, espesantes o gelificantes, entre otras propiedades (Badui, 2006).

Las propiedades generales de los hidrocoloides útiles incluyen el grado de solubilización en agua, la capacidad de incrementar la viscosidad y, en ocasiones la de formar geles. Algunas funciones incluyen mejora y estabilización de la textura, inhibición de la cristalización (azúcar y hielo), estabilización de las emulsiones y espumas, mejora del recubrimiento con azúcar (disminuye su pegajosidad) de algunos productos de pastelería y la encapsulación de los sabores (Fennema, 2000).

Una propiedad distintiva de estos compuestos, estrechamente relacionados a los carbohidratos en estructura, es su habilidad para ligar toda el agua restante en soluciones acuosas, donde los niveles de concentración del hidrocoloide pueden ser tan bajos como un 1% y un 3%, lo que es equivalente al 97 – 99% de porción de agua (Mendoza y otros, 1998). Se utilizan generalmente a concentraciones del 2% o inferiores ya que muchos presentan una capacidad limitada de dispersión y la funcionalidad deseada a esas concentraciones. En muchas ocasiones la eficacia de los hidrocoloides está directamente relacionada con su capacidad de aumentar la viscosidad (Fennema, 2000).

La velocidad de hidratación de los hidrocoloides y su funcionalidad, dependen de factores como la temperatura, pH, naturaleza química de cada hidrocoloide, concentración, etapa y forma de incorporación al alimento, presencia de iones inorgánicos, entre otros (Badui, 2006).

En el Cuadro 3 se presentan los hidrocoloides más comercializados en el mundo y los millones de dólares producto de su comercialización.

CUADRO 3. Mercado global de hidrocoloides.

Hidrocoloide	Millones de Dólares
Almidones	1360
Gelatina	823
Pectina	496
Carragenina	416
Goma Xantana	225
Agar	209
Goma Arábica	180
Alginatos	150
CMC	146
LBG	140
Goma Guar	80
CMC	65
MP/HPMC	60
Otros	60
Total	4 400

Fuente: IMR International (2006)

2.2.1. Hidrocoloides en la industria alimentaria

La propiedad básica de todos los hidrocoloides es la función espesante e impartición de viscosidad, propiedad clave de su comportamiento y funcionalidad, pueden actuar como: emulsificantes, espesantes, estabilizantes; dependiendo de la viscosidad de cada uno. El aumento de la viscosidad se debe a la presencia de grupos hidroxilos con enlaces de hidrógeno propios de las moléculas de agua. Una segunda propiedad es la gelación, pero no todos los hidrocoloides la presentan (Badui, 2006).

La mayoría de estos productos clasificados a veces como gomas, proceden de fuentes naturales, aunque otros se modifican químicamente para conseguir las características deseadas. Muchos estabilizantes y espesantes son polisacáridos, como: la goma arábica, goma guar, carboximetilcelulosa (CMC), carragenato, agar, almidón y pectina (Fennema, 2000). Además de las funciones mencionadas, se encuentran muchas otras que dependen del tipo de hidrocoloide, y la concentración en la que éste se adicione, dichas funciones son: enturbiantes, agentes de suspensión, adhesivos, formadores de películas, extensores, vehículos de sabores, floculantes, entre otros (Imeson, 1992).

Son importantes por su capacidad de controlar la reología de los sistemas acuosos ya que estabilizan las emulsiones y suspensiones de partículas, controlan la cristalización e inhiben la sinéresis (Pechón, 2005). Las funciones y aplicaciones de los hidrocoloides en los alimentos se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Funciones y aplicaciones de hidrocoloides en alimentos.

Función	Aplicación en Alimentos
Inhibidor de la cristalización	Helados
Emulsificante	Aderezos, bebidas
Encapsulante	Sabores, vitaminas microencapsuladas
Formador de películas	Productos cárnicos
Agente floculante	Vino, cerveza
Estabilizador de espuma	Cerveza, cremas
Agente gelificante	Postres
Estabilizante	Mayonesa, cerveza
Agente espesante	Salsa, mermeladas

Fuente: Badui (2006)

2.2.2. Elección del tipo de hidrocoloide

La elección del tipo de hidrocoloide para un producto determinado debe determinarse teniendo en cuenta factores críticos, como son: el efecto de la temperatura, fuerza de cizalla sobre la solubilidad y dispersabilidad del hidrocoloide, las características reológicas del producto formado, y del pH sobre la viscosidad y tiempo de formación del producto (Mendoza y otros, 1998).

2.2.3. Celulosa y celulosas modificadas

La celulosa es el compuesto orgánico más abundante en la tierra y por tanto el hidrato más abundante. Es el constituyente de las paredes de las células vegetales. La celulosa utilizada en alimentación se obtiene rompiendo las fibras de la celulosa natural, despolimerizando por hidrólisis en medio ácido pulpa de madera.

Los derivados de la celulosa (del E – 461 al E – 466) se obtienen químicamente por un proceso en dos etapas: en la primera, la celulosa obtenida de la madera o de restos de algodón se trata con sosa cáustica; en la segunda, esta celulosa alcalinizada se hace reaccionar con distintos compuestos orgánicos según el derivado que se quiera obtener (Calvo, 1991).

El compuesto más constituyente de la celulosa es la D – glucosa, ya que se considera que la celulosa es una forma compuesta por unidades de este monómero (Fennema, 2000).

La celulosa no es soluble en agua, pero sí dispersable. Los derivados son más o menos solubles, según el tipo de que se trate. Con la excepción de la carboximetilcelulosa (CMC), y a la inversa de

los demás estabilizantes vegetales, son mucho menos solubles en caliente que en frío.

La viscosidad depende del grado de sustitución. Actúan fundamentalmente como agentes dispersantes, para conferir volumen al alimento y para retener la humedad.

Se utilizan en confitería, repostería y fabricación de galletas (5g/kg de celulosa y 10 g/kg de sus derivados, excepto el E – 465, como máximo). La ingesta diaria admisible es de hasta 25 mg/kg de peso de los derivados de la celulosa en total. La de la celulosa como tal no está limitada (Calvo, 1991).

2.2.3.1. Carboximetilcelulosa (CMC)

La carboximetilcelulosa (CMC) resulta del siguiente proceso: primero, del tratamiento de la pulpa de la madera purificada con una solución al 18% de hidróxido sódico produce celulosa alcalina. Segundo, cuando ésta se hace reaccionar con la sal sódica del ácido cloroacético, se forma la sal sódica del éter carboximetílico.

La mayor parte de los productos de carboximetilcelulosa sódica comerciales tienen un grado de sustitución (GS) dentro del intervalo (0,4 – 0,8). El tipo más vendido para uso alimentario tiene un GS de 0,7 (Fennema, 2000). En la Figura 3 se presenta la estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC).

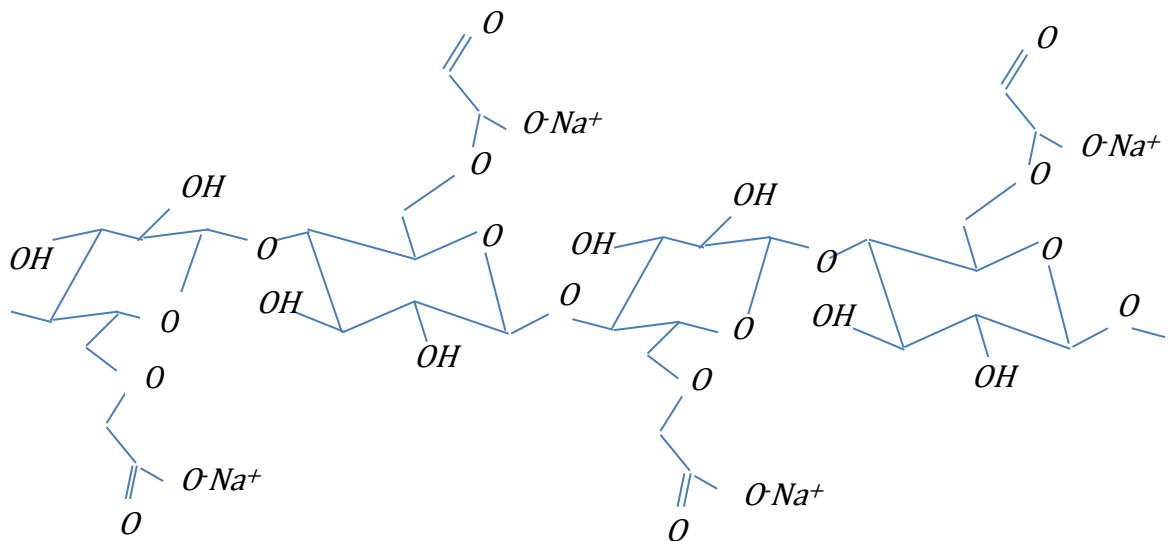


Figura 3. Estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC)

Fuente: ATZI Y AINIA (1999)

Es un polímero aniónico soluble en agua, proveniente de la modificación química de la celulosa, sustituyendo algunos de los hidrógenos de los grupos hidroxilos, por grupos carboximetílicos.

La carboximetilcelulosa es compatible con sales y con las proteínas de la leche. Las viscosidades que puede aportar en una solución depende del grado de sustitución (número de grupos hidroxilos reactivos), grado de polimerización (largo de la cadena) y la uniformidad de sustitución a lo largo de la cadena (Zehren y Nusbaum, 2000). Se usa principalmente como producto de relleno ya que evita la sinéresis, como fibra dietética, agente antigumoso y emulsificante (ATZI Y AINIA, 1999).

Es utilizada en la industria alimentaria en grandes cantidades y en gran variedad de aplicaciones, como en algunos tipos de salchichas que se comercializan sin piel (5g/kg como máximo), helados (4g/kg como máximo) y en sopas deshidratadas (Calvo, 1991). Otro ejemplo es la clara de huevo que se estabiliza con CMC para la desecación y congelación, y los productos lácteos que les proporciona una mejor estabilidad frente a la precipitación de la caseína (Fennema, 2000).

2.2.4. Gomas

Según Bobbio y Bobbio (1992), las gomas son moléculas de alto peso molecular con características hidrofílicas o hidrofóbicas que, usualmente, tienen propiedades coloidales, con capacidad de producir geles al combinarse con el solvente apropiado. De este modo, el término goma se aplica a una gran variedad de sustancias con características gomosas. Sin embargo, es más común la utilización del término goma para referirse a polisacáridos o sus derivados, obtenidos de plantas o por procesamiento microbiológico, que al dispersarse en agua fría o caliente, producen soluciones o mezclas viscosas (Whistler y Daniel, 1985; Whistler, 1973).

Consecuentemente, las gomas pueden ser entendidas como polisacáridos de cadena larga, que pueden ser poco, mucho, o nada ramificados, pero que deben interactuar con el agua (Walker, 1984). También se conocen como biopolímeros o hidrocoloides y se encuentran asociadas con cationes metálicos como Ca, K o Mg, y se clasifican como: naturales, modificadas o sintéticas, entre otros; como se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Clasificación de gomas por su origen.

ORIGEN	GOMAS
Marino	Agar, carragenanos y alginatos
Vegetal	Pectinas, gomas celulósicas; amorfas y cristalinas
Exudados y semillas de plantas terrestres	Tragacanto, arábica, karaya, ghati, tara, algarrobo y guar
Modificaciones químicas de productos vegetales	Xantana, gellan y dextranos.

Fuente: Pasquel (2001)

Gomas vegetales de uso generalizado son las galactomanas de las semillas de guar y algarrobo, los exudados como la goma arábica y el tragacanto, y las de las algas como las carragenanas y los alginatos, entre otros (Whistler y Daniel, 1985).

Realizan al menos tres funciones en los alimentos: emulsificantes, estabilizantes y espesantes. Además, algunas son agentes gelificantes, formadoras de cuerpo, agentes de suspensión y aumentan la capacidad para la dispersión de gases en sólidos o líquidos (Considine y Considine, 1983).

En el Cuadro 6 se muestra la composición química de las gomas.

Cuadro 6. Composición química de gomas de origen vegetal.

COMPONENTE	%
Humedad	13,76
Proteínas	2,50
Cenizas	0,53
Fibra Bruta	0,86
Extracto Etéreo	0,48
Carbohidratos	81,87
Azúcares	83,2

Fuente: De la Cruz (2004)

La función de las gomas en los alimentos, es la de atrapar el agua. Esta capacidad de ligarse con el agua depende de varios factores, como:

- Peso molecular alto.
- Longitud y configuración química de la cadena. Presencia de grupos funcionales: aniónicos y/o catiónicos.
- Presencia de cargas eléctricas en las partículas o macromoléculas.
- Capacidad de formar enlaces con el agua a través de puentes de hidrógeno.

Mediante estos mecanismos, las gomas reducen la movilidad del agua, es decir, reducen la fluidez, aumentando la viscosidad del medio, llegando incluso al extremo de convertirse en un gel, estas condiciones confieren estabilidad a los alimentos (Johnson y Peterson, 1974).

Las gomas tienen funciones estabilizantes, al ser adicionadas a un alimento aumenta su tiempo de almacenamiento. Estos estabilizantes retardan o evitan cualquiera de los siguientes procesos (Walker, 1984):

- Cristalización, usualmente del agua o del azúcar.
- Sedimentación gravitacional de partículas en suspensión.
- Encuentro entre partículas, gotitas o burbujas en un medio fluido.
- Floculación, coagulación o coalescencia de fracciones dispersas.
- Desagregación de agregados.
- Pérdida de pequeñas moléculas o iones debido a cambios en el potencial químico del ión o molécula disuelta, o debido a la formación de una película impermeable.
- Sinéresis en geles. Aunque la sinéresis usualmente sucede como resultado de la presencia de gomas, en algunos casos donde una goma es adicionada para formar un gel (esto es una función no estabilizante), una u otra goma pueden ser adicionadas para prevenir la sinéresis, convirtiéndose, por tanto, en un estabilizante.

Por estas propiedades, según lo manifestado por Multon (1998), las gomas se utilizan en la industria alimentaria, como:

- Estabilizantes, en la preparación de salsas, aderezos y ensaladas.
- Espesantes, en la preparación de cremas para repostería y helados.
- Emulsificantes, en la preparación de mayonesa y pastas dentrificas.
- Gelificantes, en la preparación de mermeladas, confites y productos lácteos y cárnicos.
- Clarificantes, en la industria cervecera y en la elaboración de jugos.

En el Cuadro 7 se describen las características principales de diversas gomas, así como también su fuente de origen y sus usos.

Cuadro 7. Características principales de diversas gomas.

NOMBRE	FUENTE	USOS	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
Goma Guar	Semillas de <i>Cyamopsis tetragonolubus</i> .	Espesante y estabilizante para helados, salsas y lácteos.	Se dispersa en agua fría o caliente, no melifica. Posee alta viscosidad en bajas concentraciones.
Goma de Algarrobo	Obtenido de la <i>Ceratonia siliqua</i> de la familia Leguminosae.	Estabilizante de emulsiones, espesante de helados y lácteos.	Se dispersa en agua fría o caliente, formando un sol. Sinergismo con carragenanas. No melifica.
Goma Arábica	Exudado de la <i>Acacia senegal</i> y otras especies de la familia Leguminosae.	Estabilizante de emulsiones y encapsulante.	Bastante soluble en agua. Debido a su bajo peso molecular (250000 Da).
Agar	Algas marinas del género Gelidium.	Gelificante para dulces, masas y carnes.	Insoluble en agua fría, soluble en agua en ebullición. Forma geles firmes a temp. amb.
Carragenina	Algas rojas de la familia Rhodophyceae: <i>Chondrus crispus</i> y <i>Gigantina mammosa</i> .	Gelificante para lácteos, espesante y estabilizante en salsas y sopas.	Soluble en agua cerca de 80 °C, gelificación K ⁺ formando geles termo reversibles.
Alginato	Algas marrón como <i>Laminaria digitata</i> y <i>Macrocystis pyrifera</i> .	Gelificante para lácteos, espesante y estabilizante.	Insoluble en agua fría. Soluble en soluciones alcalinas. Forma geles con Ca ⁺² y Al ³⁺ .
Goma Karaya	Exudado de planta <i>Sterculia ureas</i> .	Espesante de lácteos, estabilizante de emulsiones.	Poco soluble en agua. Absorbe grandes cantidades de agua.
Goma Xantana	Fermentación de sustrato conteniendo D-glucosa con <i>Xanthomonas campestris</i> .	Estabilizante y espesante. Muy usada en salsas para ensaladas.	Soluble en agua fría o caliente. Solución viscosa poco afectada por el pH y por la temperatura. No melifica.

Fuente: Pasquel (2001)

2.2.4.1. Goma guar

La goma guar se encuentra en las semillas de la planta *Cyamopsis tetragonolobus* (originaria de India y cultivada en los Estados Unidos) (ALTESA, 2010). Se utiliza como aditivo alimentario y produce soluciones muy viscosas, capaz de hidratarse en agua fría y no es afectada por presencia de sales (Calvo, 1991).

La goma guar es un carbohidrato polimerizado comestible que contiene galactosa y manosa en sus bloques estructurales. El rango de los componentes varía dependiendo el origen de las semillas, pero la goma se considera que contiene una unidad de galactosa por cada dos de manosa (ALTESA, 2010). En la Figura 4 se presenta la estructura química de la goma guar.

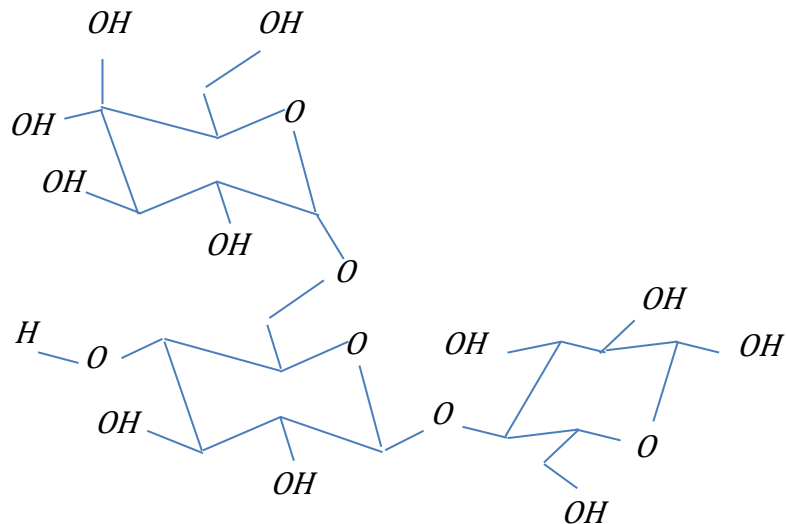


Figura 4. Estructura química de la goma guar.

Fuente: ALTESA (2010)

Es el espesante acuoso más eficiente que se conoce. Sus soluciones son no newtonianas, clasificadas como pseudoplásticas. El agua es el único solvente común para esta goma, aunque puede tolerar concentraciones de solventes miscibles al agua. Se disuelve completamente en agua fría, produciendo alta viscosidad; sin embargo, no gelifica, y su principal uso es como formador de cuerpo, estabilizante y ligador de agua (Dziezak, 1991).

Los sistemas acuosos con goma guar tienen altas viscosidades a muy bajas concentraciones. El nivel recomendado es generalmente mucho menor que 1%, puesto que a concentraciones mayores la viscosidad se vuelve excesiva para la mayor parte de las aplicaciones. Si se dobla la concentración se obtiene un incremento de 10 veces en la viscosidad.

Las soluciones de goma guar son estables en un amplio rango de pH. La viscosidad es casi constante de 1 a 10.5. Se cree que esta estabilidad se debe a la naturaleza sin carga y no iónica de la molécula. Aunque el pH no afecta a la viscosidad final, la velocidad de hidratación varía ampliamente con el pH; siendo la mayor velocidad entre 8 y 9. La hidratación es más lenta a pH mayor de 10 y menor de 4.

Se emplea como estabilizante en helados, en productos que deben someterse a tratamientos de esterilización a alta temperatura y en otros derivados lácteos; como estabilizante en suspensiones y espumas. En conservas vegetales, hasta 20 g/kg y en repostería 10 g/kg. En salsas y aderezos, se utiliza debido a que estos productos hacen uso de la alta

viscosidad y baja concentración, que son las propiedades básicas de la goma guar. No se conoce efecto perjudicial de la ingestión de esta sustancia para la salud (Calvo, 1991).

2.2.4.2. Goma xantana

Es producida por la fermentación de carbohidratos con la bacteria *Xantomonas campestris*. Está constituida con ramificaciones de trisacáridos (Sanderson, 1981; Glicksman, 1983). En su molécula cada dos unidades de β - D - manopiranosilo de la cadena principal se une en la posición O - 3 la unidad de trisacárido β - D - manopiranosil - (1 \rightarrow 4) - β - D - glucuropiranosil - (1 \rightarrow 2) - 6 - O - acetil - β - D - manopiranosilo (Fennema, 2000). En la Figura 5 se presenta la estructura química de la goma xantana.

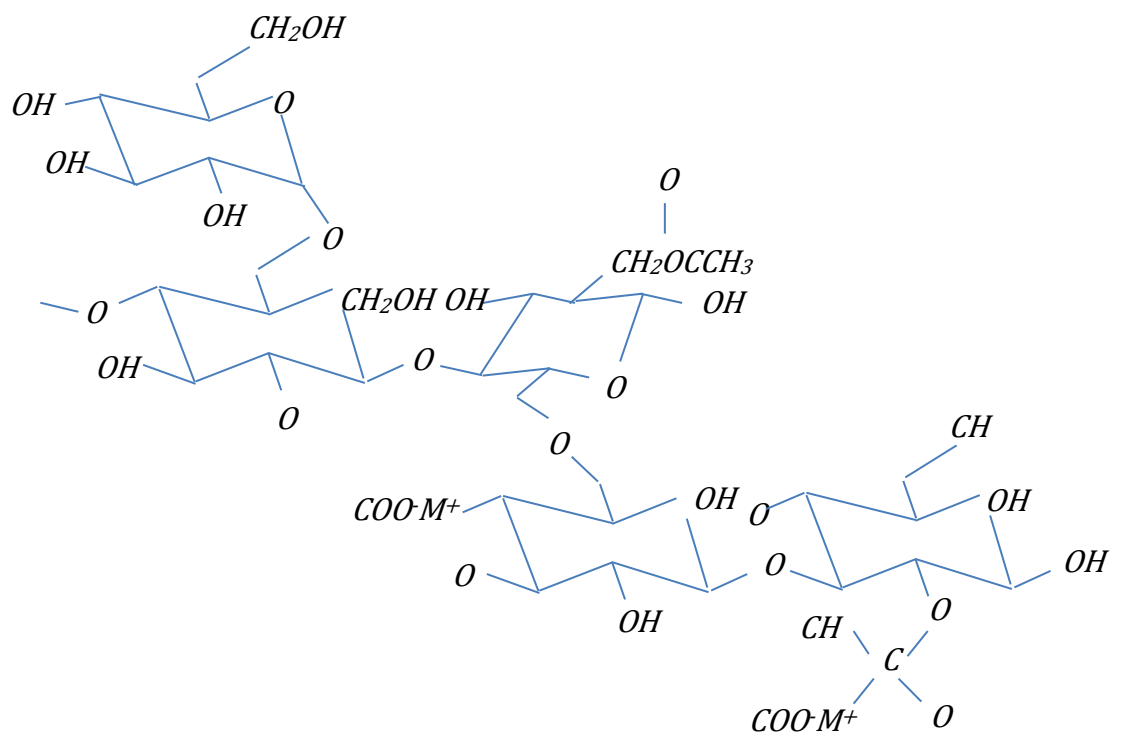


Figura 5. Estructura química de la goma xantana.

Fuente: GELYMAR (2006)

Tiene propiedades reológicas excepcionales, es muy efectiva como estabilizante de sistemas basados en agua, tiene numerosas aplicaciones en la industria de alimentos entre las cuales se encuentran: salsas emulsionadas, productos lácteos, productos bajos en calorías (Taherian y otros, 2007).

No es capaz por sí mismo de formar geles; y aún cuando no sea una agente gelificante, en combinación con la goma de algarrobo puede formar geles elásticos y termoreversibles (Sanderson, 1981; Glicksman, 1983). Es completamente soluble en agua fría o caliente y produce elevadas viscosidades en bajas concentraciones (Sanderson, 1981; Glicksman, 1983). Es soluble tanto en agua caliente como en fría. Las soluciones de goma presentan viscosidades en el rango de 1500 a 2500 Cps al 1% y se comportan como fluidos pseudoplásticos; su viscosidad depende poco del pH; por lo tanto, se puede utilizar para alimentos muy ácidos, como salsas para ensalada (Vanegas, 2009). Es estable en un amplio rango de acidez y resiste muy bien los procesos de congelación y descongelación. Su independencia del pH, incluso hasta pH inferior a 2, hace que se pueda utilizar para alimentos muy ácidos, como salsas para ensalada (Calvo, 1991). Por poseer una excelente estabilidad al calor y pH, la viscosidad de sus soluciones no cambia entre 0 y 100°C y 1 a 13 de pH, es utilizada en muchos productos como espesante, estabilizante y agente de suspensión (Sanderson, 1981; Glicksman, 1983).

Es muy utilizada en la industria alimentaria debido a las siguientes características: solubilidad en agua fría o caliente;

alta viscosidad a bajas concentraciones; ausencia de cambios discernibles en la viscosidad de sus soluciones en el intervalo de 0 – 100 °C, lo que la hace única entre los hidrocoloides; solubilidad y estabilidad en sistemas ácidos; excelente compatibilidad con la sal; interacción con otros hidrocoloides; capacidad de estabilizar suspensiones y emulsiones; y buena estabilidad de las soluciones frente a la congelación / descongelación. Es ideal para estabilizar dispersiones, suspensiones y emulsiones acuosas.

Se utiliza en salsas para ensalada y jarabes de chocolate; que deben fluir fácilmente inmediatamente después de sacarlos del frigorífico, u otras salsas que no deben espesarse al enfriar ni hacerse más líquidas al calentar; en salsas de ensalada, además de espesante, es un estabilizador de la suspensión de materiales en partículas y de la emulsión de aceite en agua; y, en salsas sin grasa (bajas en calorías). Su presencia conjunta con otros hidrocoloides proporciona las características de fluidez deseadas, asociadas a la pseudoplasticidad propia de la goma y a la sensación de cremosidad de las soluciones no pseudoplásticas (Fennema, 2000). También, se utiliza mezclado con otros polisacáridos, especialmente con la goma de algarrobo, es capaz de formar geles, utilizándose en pudines y otros productos. En repostería se autoriza hasta 8g/kg en producto, en fiambres 10 g/kg, en general, en yogures 3 g/kg y en la nata batida hasta un 1%, solo o combinado con otros estabilizantes (Calvo, 1991).

Prácticamente, no se metaboliza en el tubo digestivo, eliminándose en las heces. No se conoce ningún efecto

adverso y tiene un comportamiento asimilable al de la fibra presente en forma natural en los alimentos (Calvo, 1991).

2.3. Salsas

Se denominan “salsas” a aquellos productos aderezados, de concentraciones diversas y que generalmente contienen ingredientes característicos como pimienta, sal, cebolla, ajo, vinagre, etc. en cantidades tales que alteran en cierto grado el sabor, aroma y gusto del ingrediente o materia prima principal (Codex Alimentarius, 1995).

Para la elaboración de una salsa de verduras primero se tiene que contar con la pasta o puré de dichas verduras. Cox (1987) menciona que realizar un puré de verduras es un método muy útil para conservar muchas verduras para luego utilizarlas en sopas, salsas y alimentos infantiles. Las verduras se preparan y se cuecen de forma habitual, se enfrían, se pasan por una licuadora y se tamizan si es necesario. Se añade los aderezos de acuerdo a gustos. Se envasan, con cuidado de no introducir aire a la mezcla. La vida útil máxima a -18 °C es de 6 – 8 meses.

2.4. Salsa de Alcachofa

De las definiciones mencionadas anteriormente, se puede decir, de forma general, que la “salsa de alcachofa” viene a ser el producto elaborado a base de la pulpa (parte comestible) de la alcachofa hecha pasta o puré y aderezado con sal, vinagre y otros ingredientes que le imparten características específicas.

INDECOPI (2005), a través de la Norma Técnica Peruana NTP 209.453:2005, define a la salsa de alcachofa como el producto constituido fundamentalmente por alcachofa (puré o pasta), mezclado con

otros ingredientes permitidos y sometidos a un tratamiento térmico industrial.

2.5. Sinéresis

La sinéresis o capacidad de liberación de agua es un fenómeno que varía dependiendo del tipo de alimento.

Un factor que influye en el aumento de sinéresis es el desarrollo de la alta acidez, al igual que la agitación, sobre todo a temperaturas relativamente altas y se ve afectada por la presencia de aditivos alimentarios como pueden ser hidrocoloides y por la adición de minerales (Tamine y Robinson, 1991).

La aparición de sinéresis o separación de una fase acuosa en las salsas es un factor negativo en su calidad. En este tipo de sistemas es común observar la separación de agua debido a la tendencia de las moléculas a reasociarse formando agregados insolubles (White y otros, 1989).

2.6. Características reológicas

La completa caracterización reológica de un fluido termina con la determinación de un índice de consistencia (k), un índice reológico (n) y una posible relación de dependencia con el tiempo, es decir, si es Newtoniano o no Newtoniano y a que subclasificación pertenecen: Dilatante, Plástico Bingham o Herschel Bulkley, y si su comportamiento reológico depende del tiempo, indicando si es tixotrópico o reopéctico (Salas y Vargas, 2001).

Cuando $n = 1$, el fluido es newtoniano (la viscosidad es constante independientemente del esfuerzo de corte al cual se somete el fluido),

cuando $0 < n < 1$ el fluido es pseudoplástico (la viscosidad disminuye a medida que aumenta el esfuerzo de corte sobre el fluido), cuando $n > 1$ el fluido es dilatante (la viscosidad aumenta a medida que aumenta el esfuerzo de corte al cual es sometido el fluido) (Steffe, 1996). Los fluidos Newtonianos son aquellos fluidos que siguen la Ley de Newton de la viscosidad. La viscosidad es constante con respecto a la velocidad de corte. El agua es un fluido de este tipo, otros son la leche, la miel de abeja y algunos zumos de frutas (Singh y Heldman, 1998). Estos fluidos cumplen la ecuación (Singh y Heldman, 1998):

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \cdot (d_v / d_y) \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

τ : Esfuerzo de corte (Pa)

F : Fuerza de corte (N)

A : Área (m²)

μ : Viscosidad (Pa.s)

(d_v / d_y) : Gradiente de velocidad de corte (s⁻¹)

Para el tipo de fluido conocido como Newtoniano, existe una relación lineal entre la fuerza de cizalla y la velocidad de corte o gradiente de cizalla. La viscosidad o coeficiente de viscosidad, se define como la relación entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte (Lewis, 1993).

$$\mu = \frac{\tau}{(d_v / d_y)} \dots\dots\dots (2)$$

Muchos fluidos son No Newtonianos. Ejemplos de estos fluidos son las soluciones concentradas de macromoléculas (almidones, proteínas y

gomas) y materiales coloidales como emulsiones, pastas y suspensiones. La viscosidad y acción de corte depende de una serie de factores como:

- La naturaleza de las fases: continua y dispersa.
- La interacción partícula – partícula y partícula – solvente.
- La concentración de partículas, su forma, tamaño y composición química (Lewis, 1993).

Los fluidos No Newtonianos son más difíciles de utilizar y caracterizar de forma experimental, puesto que la viscosidad depende de las condiciones experimentales seleccionadas. La viscosidad registrada bajo estas condiciones se denomina viscosidad aparente (μ_a).

La Figura 6 muestra el esfuerzo de corte frente a la viscosidad de corte de los fluidos newtonianos y no newtonianos independientes del tiempo.

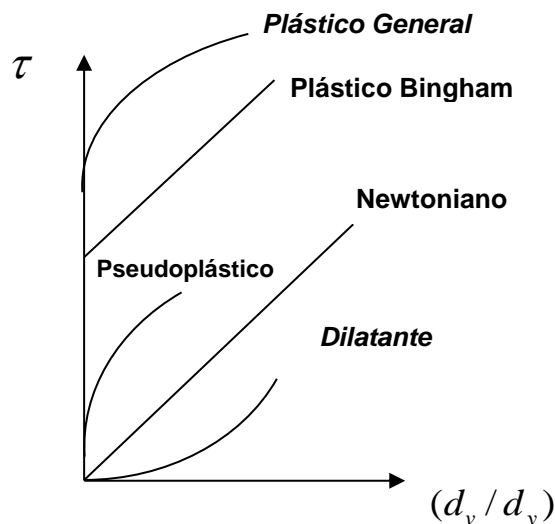


Figura 6. Esfuerzo de corte frente a velocidad de corte para fluidos newtonianos y no newtonianos independientes del tiempo.

Fuente: Levenspiel (1993)

Para los fluidos independientes del tiempo se han desarrollado ecuaciones de flujo, de fácil aplicación, por ser los más importantes (Levenspiel, 1993). Para fluidos pseudoplásticos y dilatantes que siguen un comportamiento potencial denominados fluidos de la ley de potencia, la relación entre el esfuerzo cortante y gradiente de velocidad no es lineal, así:

$$\tau = k.(d_v / d_y)^n \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

(d_v / d_y) : Gradiente de velocidad de corte (s^{-1})

k : Índice de consistencia ($Pa.s^n$)

n : índice reológico (adimensional)

Si el valor de $n > 1$, entonces se tratará de un fluido dilatante; por el contrario si $n < 1$, será un fluido pseudoplástico. Una representación log-log nos dará los valores de “k” y “n”.

Existen muchas otras maneras de caracterizar fluidos sin esfuerzo de corte, sin embargo, la ley de la potencia es una representación sencilla que se ajusta razonablemente bien a todos estos fluidos (Levenspiel, 1993).

Para un plástico Bingham la relación esfuerzo de corte frente al gradiente de velocidad de corte es lineal, pero no pasa por el origen, es decir, que requiere de un esfuerzo de corte inicial, así:

$$\tau = \tau_0 + \mu.(d_v / d_y) \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

μ : Viscosidad (Pa.s)

τ_0 : Esfuerzo de corte inicial (Pa)

(d_v / d_y) : Gradiente de velocidad de (s^{-1})

Para plásticos en general, que se requiere de un esfuerzo de corte inicial y luego de producido el movimiento, su comportamiento es pseudoplástico, se tiene:

$$\tau = \tau_0 + \kappa.(d_v / d_y)^n \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

k : Índice de consistencia (Pa.sⁿ)

τ_0 : Esfuerzo de corte inicial (Pa)

n : índice reológico.

(d_v / d_y) : Gradiente de velocidad de corte (s^{-1})

Para determinar los tres parámetros de este tipo de fluido τ_0 , n y k ; se determina primero el esfuerzo de corte inicial (τ_0). Algunas veces es difícil estimar τ_0 con seguridad, por eso es de gran ayuda establecer la grafica $\sqrt{\tau}$ frente a $\sqrt{(d_v / d_y)}$, ya que con frecuencia da una línea recta más cerca de la abcisa 0. Este gráfico es expresado de la forma:

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \kappa.\sqrt{(d_v / d_y)} \dots\dots\dots (6)$$

Se denomina ecuación de Casson. Tiene sólo una cierta asociación con la teoría, es útil para encontrar un valor de τ_0 más exacto en algunos fluidos. Una vez encontrado el esfuerzo de corte inicial (τ_0), se procede a

encontrar el índice reológico (n) y el índice de consistencia (k) mediante la representación $\log \tau - \log (d_v / d_y)$.

2.7. Características Sensoriales

La aceptabilidad sensorial es una valiosa técnica para resolver los problemas relativos a la aceptación de los alimentos. Es útil para mejorar el producto, en mantener la calidad, en la elaboración de nuevos productos y en la investigación de mercados. Es importante considerar las propiedades organolépticas de los alimentos y su evaluación desde el punto de vista de los sentidos humanos (Desrosier, 1999). Así pues, por su aplicación en el control de calidad y de procesos, en el diseño y desarrollo de nuevos productos y en la estrategia de lanzamiento de los mismos al comercio, la hace, sin duda alguna, copartícipe del desarrollo y avance mundial de la alimentación (Ureña y otros, 2000).

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo al caso con diferentes pruebas, según la finalidad para la que se efectúe (Anzaldúa-Morales, 1994). Hay dos categorías principales de pruebas sensoriales para consumidores: pruebas de diferencia y pruebas de aceptación/preferencia. Para esto, se deben usar las pruebas apropiadas, bajo condiciones adecuadas, para que los resultados se interpreten correctamente. Todas las evaluaciones se deben llevar a cabo bajo condiciones controladas, preferiblemente en cabinas individuales, con luz, sin ruido y temperaturas controladas para minimizar las distracciones y otros factores psicológicos adversos (Vaclavik, 2002).

2.7.1. Pruebas orientadas al consumidor

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas. Estas

pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque a los panelistas se les puede pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad (Watts y otros, 1992).

2.7.1.1. Pruebas hedónicas

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde “me gusta muchísimo”, pasando por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta muchísimo”. Los panelistas indican el grado en que les agrada o desagrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Watts y otros, 1992).

Para este tipo de pruebas el consumidor habitual o potencial es el juez más idóneo. Basta entonces con encuestar a un grupo de individuos de una misma zona, con costumbres de consumo generales comunes. Por lo general son personas tomadas al azar, ya sean en una calle, en una tienda, escuela, universidad, etc. (Vaclavik, 2002). El juez expresa su reacción ante el producto, indicando su nivel de agrado o desagrado, y son pruebas difíciles de interpretar ya que se tratan de apreciaciones completamente personales, con la variabilidad que ello supone (Rosenthal, 1999).

El jurado puede estar conformado por no menos de 80 (IFT, 1964), de 30 según Ellis (1961) y de 40 según Ureña y otros

(2000). Sin embargo, estos últimos indican que un número de 30 es el mínimo necesario para que la evaluación de sus apreciaciones tenga validez estadística. Rosenthal (1999), describe que para estas pruebas afectivas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces catadores no entrenados y de preferencia ser consumidores potenciales o habituales del producto y compradores de este tipo de producto.

2.8. Metodología de superficie de respuesta

La metodología de superficie de respuesta (MSR) es una colección de técnicas matemáticas y estadísticas útiles en el modelado y el análisis de problemas en los que una respuesta de interés recibe la influencia de diversas variables y donde el objetivo es optimizar esta respuesta (Montgomery, 2002).

La MSR tiene varias ventajas comparada con los experimentos clásicos y métodos de optimización, ya que nos permite obtener una gran cantidad de información a partir de un número pequeño de experimentos. Con el uso de los métodos clásicos, se consume mayor cantidad de tiempo y son necesarios mayor número de experimentos para explicar el comportamiento del sistema (Bas y Boyaci, 2007).

Además, se puede observar el efecto de la interacción de los parámetros que podrían ser más críticos, así como: el sinergismo, antagonismo y adición. La ecuación del modelo fácilmente aclara estos efectos por combinación binaria de las variables independientes; además, el modelo empírico que relaciona la respuesta de variables independientes, es usado para obtener la información del proceso (Bas y Boyaci, 2007).

Por ejemplo, suponga que un ingeniero quiere encontrar los niveles de temperatura (χ_1) y presión (χ_2) que maximicen el rendimiento (y) de un proceso. El rendimiento del proceso es una función de los niveles de temperatura y la presión, por ejemplo:

$$y = f(\chi_1, \chi_2) + \varepsilon \dots\dots\dots (7)$$

Donde ε representa el ruido o error observado en la respuesta “ y ”. Si la respuesta esperada se denota por $E(y) = f(\chi_1, \chi_2) = \eta$, entonces a la superficie representada por $\eta = f(\chi_1, \chi_2)$ se le llama superficie de respuesta.

Para ayudar a visualizar la forma de una superficie de respuesta, con frecuencia se grafican los contornos de la superficie de respuesta. En la gráfica de contornos se trazan las líneas de respuesta constante en el plano χ_1, χ_2 . Cada contorno corresponde a una altura particular de la superficie de respuesta (Montgomery, 2002).

En la mayoría de los problemas de MSR, la forma de la relación entre la respuesta y las variables independientes es desconocida. Por lo tanto, el primer paso de la MSR es encontrar una aproximación adecuada de la verdadera relación funcional entre “ y ” y el conjunto de variables independientes. Por lo general, se emplea un polinomio de orden inferior en alguna región de las variables independientes. Si la respuesta está bien modelada por una función lineal de las variables independientes, entonces la función de aproximación es el modelo de primer orden:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \dots + \beta_k \chi_k + \varepsilon \dots\dots\dots (8)$$

Si hay curvatura en el sistema, entonces debe usarse un polinomio de orden superior, tal como el modelo de segundo orden:

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \dots\dots\dots(9)$$

En casi todos los problemas MSR se usa uno de estos modelos o ambos. Es probable que un modelo polinomial sea una aproximación razonable de la verdadera relación funcional en el espacio completo de las variables independientes, pero para una región relativamente pequeña suelen funcionar bastante bien.

El métodos de mínimos cuadrados, se usa para estimar los parámetros de los polinomios de aproximación. Después, se realiza el análisis de la superficie de respuesta utilizando la superficie ajustada. Si la superficie ajustada es una aproximación adecuada de la verdadera función de la respuesta, entonces el análisis de la superficie ajustada será un equivalente aproximado del análisis del sistema real.

Los parámetros del modelo pueden estimarse más eficientemente cuando se emplean los diseños experimentales apropiados para recolectar los datos; a éstos se le denominan diseños de superficie de respuesta. Cuando se selecciona un diseño de superficie de respuesta, algunas de las características deseables en el diseño son las siguientes:

- Proporciona una distribución razonable de los puntos de los datos (y en consecuencia información) en toda la región de interés.
- Permite que se investigue la adecuación del modelo, incluyendo la falta de ajuste.
- Permite que los experimentos se realicen en bloques.
- Permite que los diseños de orden superior se construyan secuencialmente.

- Proporciona una estimación interna del error.
- Proporciona estimaciones precisas de los coeficientes del modelo.
- Proporciona un buen perfil de la varianza de predicción en toda la región experimental.
- Proporciona una robustez razonable contra los puntos atípicos o los valores faltantes.
- No requiere un gran número de corridas.
- No requiere demasiados niveles de las variables independientes.
- Asegura la simplicidad del cálculo de los parámetros del modelo.

Estas características entran en conflicto en ocasiones, por lo que con frecuencia debe aplicarse la discrecionalidad al seleccionar un diseño.

2.8.1. Experimentos con mezclas (diseño de mezclas)

Es un diseño experimental que se utiliza cuando los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla, y por consiguiente, sus niveles no son independientes. Por ejemplo, si $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_p$ denota las proporciones de p componentes de una mezcla, entonces:

$$0 \leq \chi_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_p = 1 \quad (\text{es decir, } 100\%) \dots\dots\dots(10)$$

Estas restricciones se ilustran gráficamente en la Figura 7 para $p = 2$ y $p = 3$ componentes. Para dos componentes, el espacio de los factores del diseño incluye los valores que están sobre el segmento de la recta $\chi_1 + \chi_2 = 1$, cada componente acotado por 0 y 1. Con tres componentes, el espacio de la mezcla es un triángulo con vértices correspondientes a las formulaciones que son mezclas puras (100% de un solo componente).

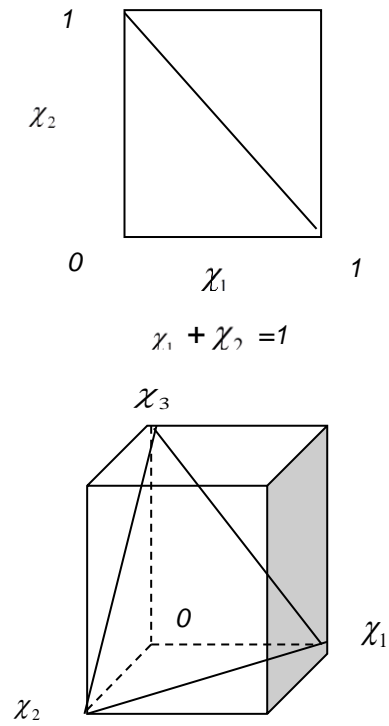


Figura 7. Espacio de los factores restringidos para mezclas con a) $p=2$ componentes y b) $p=3$ componentes.

Fuente: Montgomery (2002)

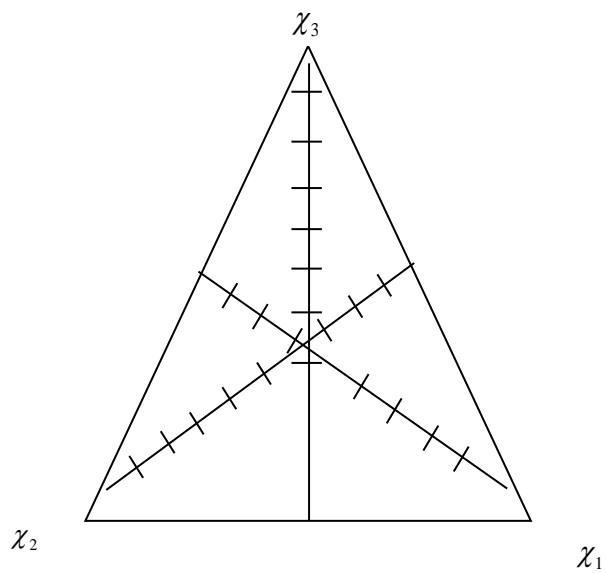


Figura 8. Sistema coordenado trilineal.
Fuente: Montgomery (2002)

Cuando hay tres componentes en la mezcla, la región experimental restringida puede representarse convenientemente en papel milimétrico lineal, como se muestra en la Figura 8. Cada uno de los tres lados de la gráfica representa una mezcla que no contiene nada de alguno de los tres componentes (el componente indicado en el vértice opuesto). Las nueve líneas de graduación en cada dirección marcan incrementos de 10% en el componente respectivo.

2.8.1.1. Diseño símplex con centroide

Dentro de éstos diseños de mezclas se encuentran los diseños símplex, que se usan para estudiar los efectos de los componentes de una mezcla sobre la variable de respuesta. Un diseño símplex reticular (p, m) para p componentes consta de los puntos definidos por los siguientes arreglos de las coordenadas: las proporciones asumidas por cada componente toman los $m + 1$ valores que están separados por una distancia igual de 0 a 1,

$$i = 1, 2, \dots, p; \chi_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1 \dots \dots \dots (11)$$

y se usan todas las combinaciones posibles (mezclas) de las proporciones de la ecuación 10. Así, sea $p = 3$ y $m = 2$; entonces:

$$i = 1, 2, 3; \chi_i = 0, \frac{1}{2}, 1 \dots \dots \dots (12)$$

y el diseño símplex reticular consta de las seis corridas siguientes:

$(\chi_1, \chi_2, \chi_3) = (1, 0, 0); (0, 1, 0); (0, 0, 1); (1/2, 1/2, 0); (1/2, 0, 1/2)$ y $(0, 1/2, 1/2)$. En la Figura 9 se ilustra este diseño, entre otros.

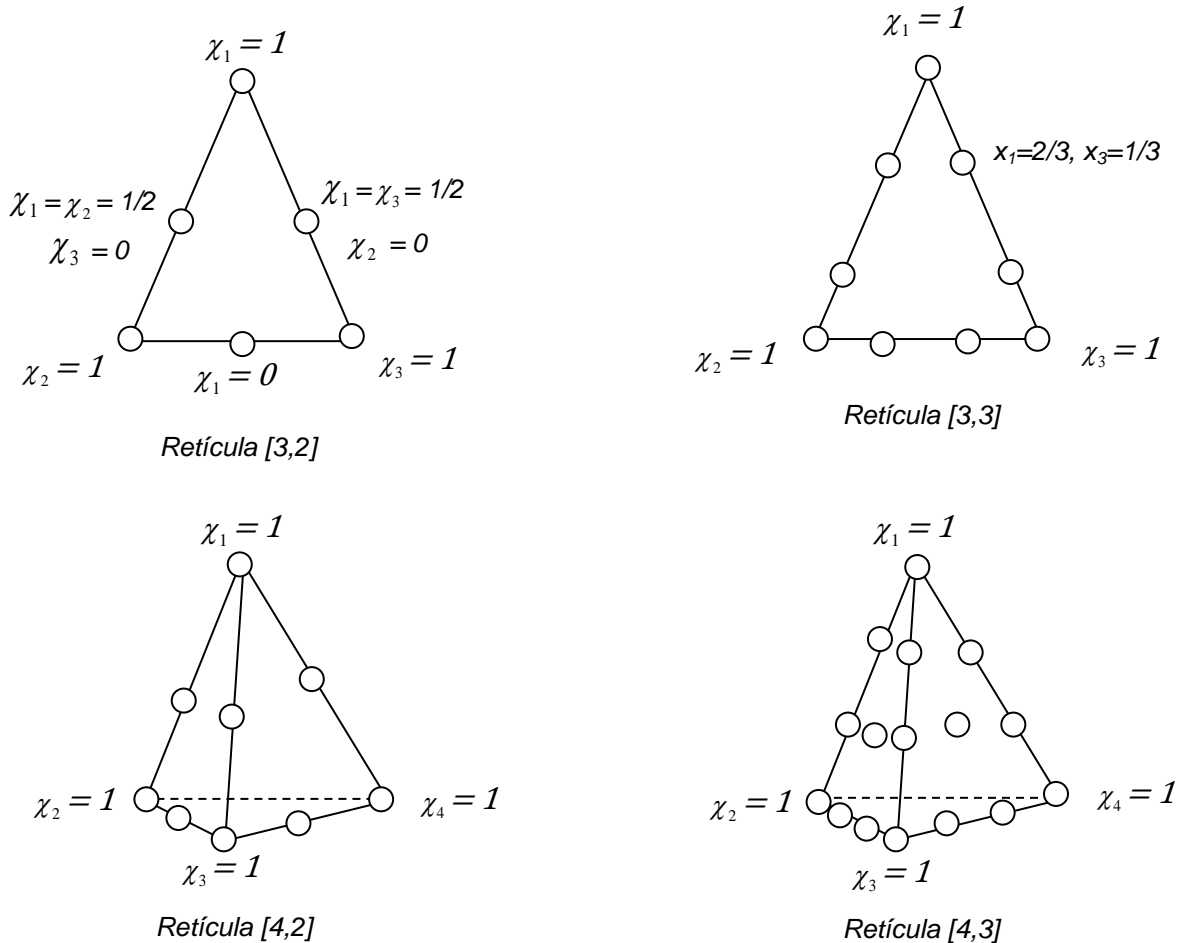


Figura 9. Diseños símplex reticulares para $p = 3$ y $p = 4$ componentes.

Los tres vértices $(1, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$ y $(0, 0, 1)$ son las mezclas puras, mientras que los puntos $(1/2, 1/2, 0)$, $(1/2, 0, 1/2)$ y $(0, 1/2, 1/2)$ son mezclas binarias o mezclas de dos componentes localizadas en los puntos medios de los tres lados del triángulo. En la Figura 9 se muestran también los diseños símplex reticulares $(3,3)$ $(4,2)$ y $(4,3)$.

En general, el número de puntos en un diseño simplex reticular (p,m) es:

$$N = \frac{(p + m - 1)!}{m!(p - 1)!} \dots\dots\dots (13)$$

Una alternativa del diseño simplex reticular es el diseño simplex de centroide. En un diseño simplex de centroide con p componentes hay $2^p - 1$ puntos, que corresponden a las p permutaciones de $(1, 0, 0, \dots, 0)$, las $(p/2)$ permutaciones $(1/2, 1/2, 0, \dots, 0)$, las $(p/3)$ permutaciones de $(1/3, 1/3, 1/3, 0, \dots, 0)$, ... y el centroide global $(1/p, 1/p, \dots, 1/p)$. En la Figura 10 se muestran algunos diseños simplex con centroide.

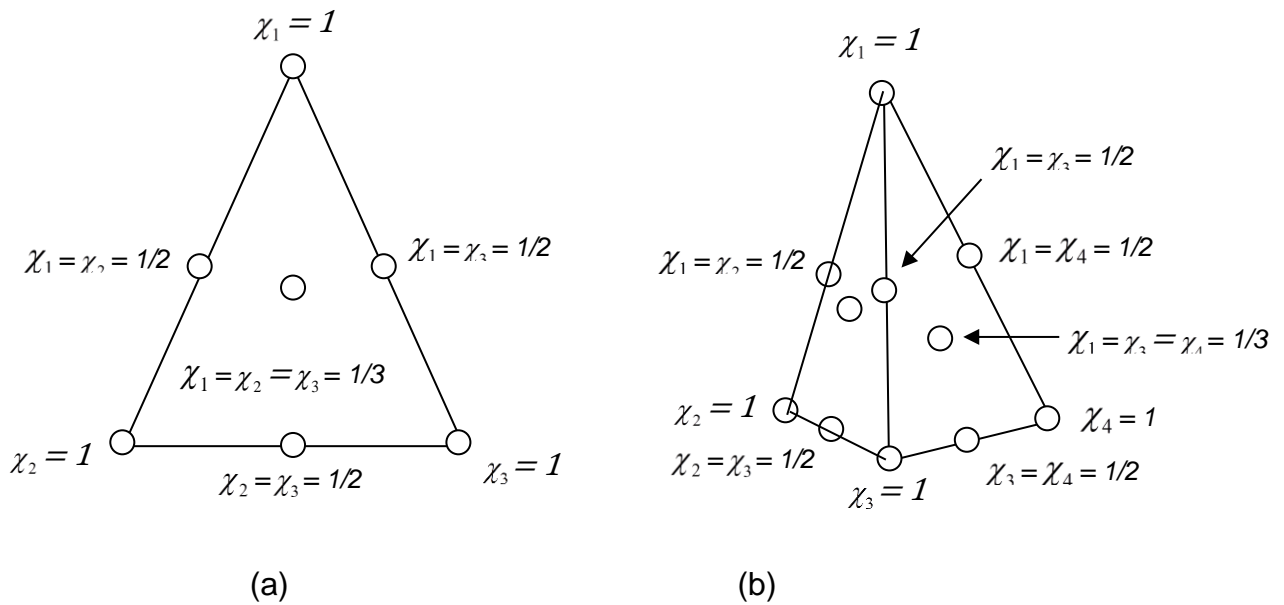


Figura 10. Diseños simplex con centroide, con a) p = 3 componentes y b) p = 4 componentes.

Fuente: Montgomery (2002)

Una crítica a los diseños símplex descritos antes es que la mayoría de las corridas ocurren en la frontera de la región y, por consiguiente, incluyen solo $p-1$ de los p componentes. Suele ser deseable aumentar el diseño símplex reticular o de centroide con puntos adicionales en el interior de la región donde las mezclas estarán formadas por la totalidad de los p componentes. Los modelos para mezclas difieren de los polinomios usuales empleados en los diseños de superficie de respuesta debido a la restricción ($\sum \chi_i = 1$). Las ecuaciones de los modelos para mezclas que se usan ampliamente son:

Lineal: $E(y) = \sum \beta_i \chi_i \dots\dots\dots(14)$

Cuadrático: $E(y) = \sum \beta_i \chi_i + \sum \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j \dots\dots\dots(15)$

Cúbico completo: $E(y) = \sum \beta_i \chi_i + \sum \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j$
 $+ \sum \sum \delta_{ij} \chi_i \chi_j (\chi_i - \chi_j) + \sum \sum \sum \beta_{ijk} \chi_i \chi_j \chi_k \dots\dots\dots(16)$

Cúbico especial: $E(y) = \sum \beta_i \chi_i + \sum \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j$
 $+ \sum \sum \sum \beta_{ijk} \chi_i \chi_j \chi_k \dots\dots\dots(17)$

Los términos de estos modelos tienen interpretaciones relativamente simples. En todas las ecuaciones, el parámetro β_i representa la respuesta esperada para la mezcla pura $\chi_i = 1$ y $\chi_j = 0$ cuando $j \neq i$. A la porción $\sum \beta_i \chi_i$ se le llama porción de mezcla lineal. Cuando hay una curvatura derivada de una mezcla no lineal entre pares de componentes, los parámetros β_{ij} representan una mezcla sinérgica o bien antagónica. Los términos de órdenes superiores suelen ser necesarios en los modelos para mezclas porque 1) los fenómenos estudiados pueden ser complejos y 2) la región experimental con frecuencia es la región de operabilidad completa y, en consecuencia, es grande y requiere un modelo elaborado.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales fueron realizadas en el Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Materia prima, insumos, equipos e instrumentos, materiales y reactivos

3.2.1. Materia prima

Alcachofa sin espinas (*Cynara scolymus L.*) variedad Imperial Star procedente de la provincia de Virú, departamento de La Libertad, Perú. Se comprobó que las alcachofas presentaran las siguientes características, recomendadas por Prompex (1999):

- Enteras y sanos
- De aspecto fresco, sin presentar signos de marchitez
- Libre de olores y sabores extraños
- Libre de parásitos o plagas
- Exento de alteraciones que puedan perjudicar su consumo y/o conservación
- Brácteas compactas y color verde brillante
- Sin sobremadurez, el síntoma más evidente de sobremadurez es la excesiva apertura de las brácteas, esto se asocia a características negativas de calidad, como exceso de fibra (por deshidratación), las que pueden ser de color verde, rojizo o violáceo; y desarrollo excesivo de pilosidad interior.

3.2.2. Insumos

- Vinagre de uva marca “Venturo”
- Aceite de oliva marca “Uniolive”
- Aceite de girasol marca “Ideal”
- Aceituna verde marca “El olivar”
- Sal común marca “Emsal”
- Azúcar blanca marca “Cartavio”
- Agua potable
- Zumo de limón
- Especias (pimienta blanca, comino, orégano en polvo, palillo en polvo, ajo deshidratado y ajinomoto)
- Sorbato de potasio (Montana)
- Carboximetilcelulosa (GELYCEL F1–4000) (Montana) – Anexo VI
- Goma guar (NEEPOTM 250F) (Montana) – Anexo VII
- Goma xantana (SHANDONG FUFENG FERMENTATION CO.) (Montana) – Anexo VIII

3.2.3. Equipos e instrumentos

- Viscosímetro Brookfield modelo RVDV – III
- Balanza analítica marca Mettler Toledo. Capacidad: 2,0 kg
- Refractómetro portátil. Rango: 0 – 90 ° Brix, $\pm 0,2$ ° Brix
- pHmetro marca Mettler Toledo. Rango: 0 – 14, $\pm 0,01$
- Cocina eléctrica marca Selecta. Con regulador de temperatura.
- Termómetro marca Boeco. Rango de -10 – 210 °C
- Cronómetro marca Casio
- Licuadora marca Oster
- Tamiz
- Vernier

3.2.4. Materiales de vidrio, plástico y otros

- Envases de vidrio de 460 mL. de capacidad con tapa
- Cuchillos perfiladores marca Tramontina
- Cuchillos de corte de 6 pulgadas
- Tablas de corte
- Bandejas
- Jarras (500 y 1000 mL de capacidad)
- Probetas (capacidad de 20, 100 y 1000 mL)
- Pipetas (capacidad de 1 y 10 mL)
- Vasos de precipitación (capacidad de 250 mL)
- Tubos de ensayo

3.2.5. Reactivos

- Hidróxido de Sodio 0.1 N
- Fenolftaleína

3.3. Metodología experimental

3.3.1. Esquema experimental

El esquema experimental empleado para la elaboración de salsa de alcachofa correspondió al desarrollo de un “diseño de mezclas” denominado “Diseño simplex reticular (3,2) con centroide ampliado” (Figura 11) dentro de la metodología “Superficie de respuesta”.

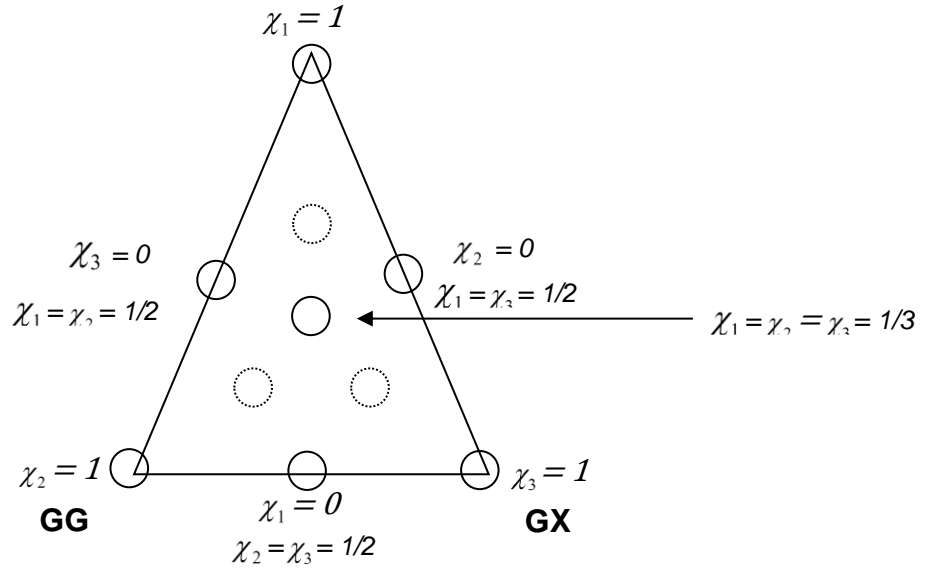


Figura 11. Diseño símplex reticular (3,2) con centroide ampliado.

Fuente: Montgomery (2002).

El número de tratamientos en el diseño símplex reticular (p, m) se calculó de la siguiente manera:

$$N = \frac{(p + m - 1)!}{m!(p - 1)!} \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

N = Número de tratamientos a realizar

p = Número de factores

m = Número de niveles de los factores

Para este diseño s3mplex reticular (3,2), el n3mmero de tratamientos se calcul3m de la siguiente manera:

$$N = \frac{(3+2-1)!}{2!(3-1)!}$$

$$N = \frac{4!}{2!2!}$$

$$N = \frac{4 \times 3 \times 2 \times 1}{(2 \times 1) \times (2 \times 1)}$$

$$N = \frac{24}{4}$$

$$N = 6$$

Un dise3mno s3mplex reticular (3,2) consta de los puntos definidos por los siguientes arreglos de las coordenadas: las proporciones asumidas por cada componente toman los niveles $m + 1$ valores que est3m separados por una distancia igual de 0 a 1

En el Cuadro 8 se presentan los datos que brinda el software Statistica versi3m 10,0 al ingresar los datos: p (factores) = 3, correspondientes a los hidrocoloides (CMC, goma guar y goma xantana) y m (niveles) = 2, correspondientes a las concentraciones: 0 y 1. Estos datos parten de mezclas puras (1,0,0); (0,1,0); (0,0,1) hasta mezclas binarias (1/2,1/2,0); (0,1/2,1/2); (1/2,0,1/2); correspondientes a un total de 6 tratamientos. Con el fin de abarcar mayor regi3m experimental se incluye el centroide correspondiente a la mezcla ternaria (1/3, 1/3, 1/3) y otras correspondientes al centroide

ampliado (0,67; 0,17; 0,17); (0,17; 0,67; 0,17); y, (0,17; 0,17; 0,67);
obteniéndose un total de 10 tratamientos.

Cuadro 8. Diseño simplex reticular (3,2) con centroide ampliado.

Trata- miento	CMC (%)	GG (%)	GX (%)	Sinéresis (%)	Esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” (Pa)	Índice reológico “n”	Índice de consistencia “k” (Pa.s ⁿ)	Consistencia sensorial
T ₁	1	0	0					
T ₂	0	1	0					
T ₃	0	0	1					
T ₄	0,5	0,5	0					
T ₅	0,5	0	0,5					
T ₆	0	0,5	0,5					
T ₇	0,33	0,33	0,33					
T ₈	0,67	0,17	0,17					
T ₉	0,17	0,67	0,17					
T ₁₀	0,17	0,17	0,67					

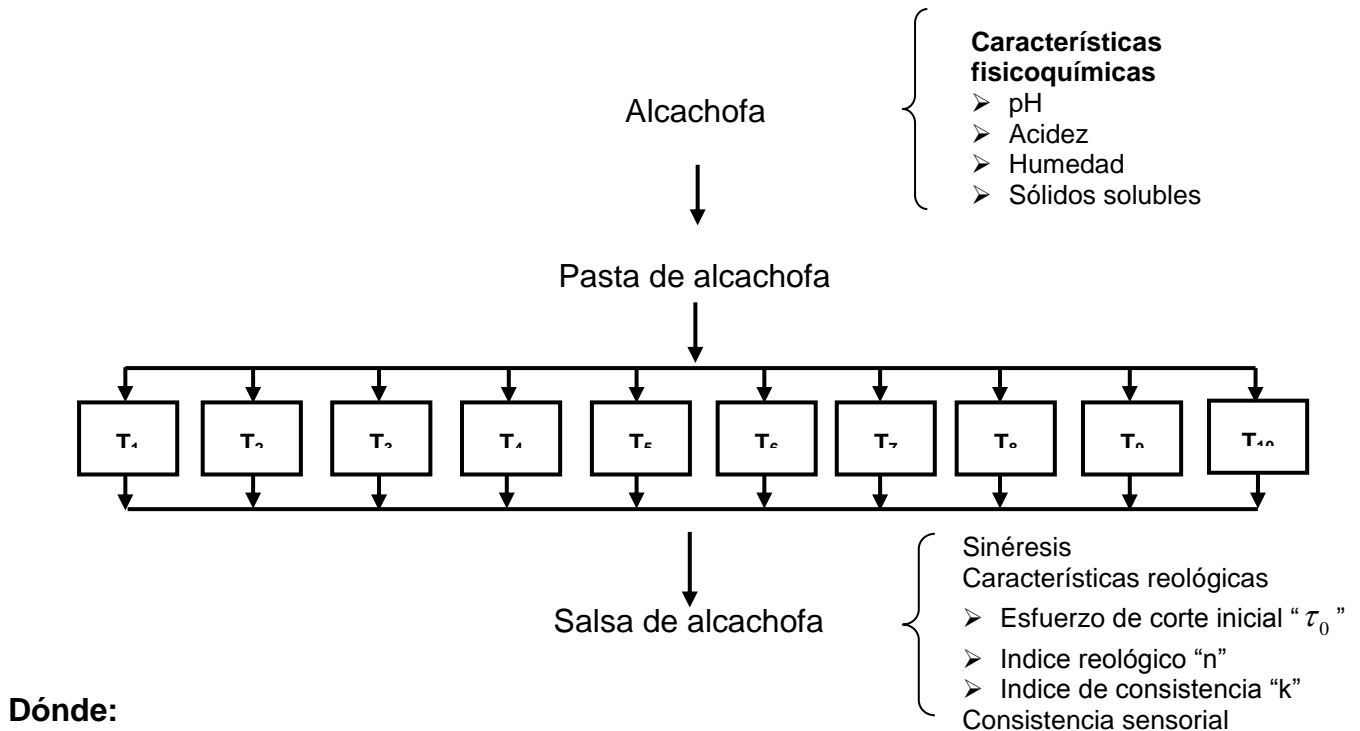
Dónde:

CMC: concentración de CMC

GG: concentración de goma guar

GX: concentración de goma xantana

En la Figura 12 se muestra el esquema experimental, el cual ilustra que el experimento tiene como variables independientes a las diferentes concentraciones de CMC, goma guar y goma xantana; y como variables dependientes a la sinéresis, las características reológicas (τ_0 , n y k) y la consistencia sensorial de la salsa de alcachofa variedad Imperial Star.



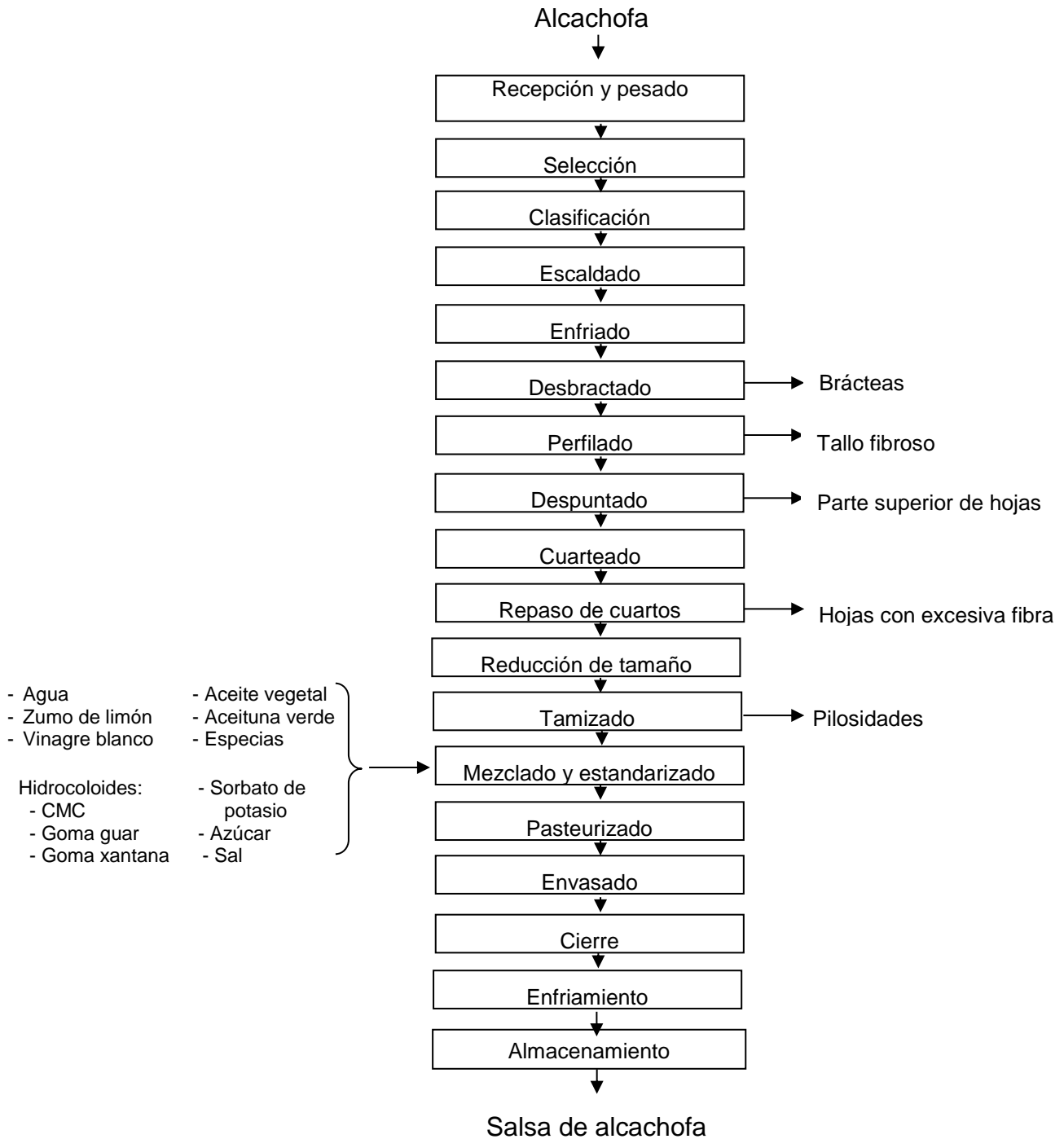


Figura 13. Diagrama de flujo para la elaboración de salsa de alcachofa variedad Imperial Star.

- Recepción y pesado de la materia prima. Se recibió la materia prima entera en estado fresco y se pesó para llevar un control del peso para realizar posteriormente un rendimiento del proceso.
- Selección. Se separaron las alcachofas en mal estado, ya sea por exceso de madurez o por presentar daños físicos.
- Clasificación. La alcachofa en buen estado y compacta (sin presencia de estrangulamiento ni hojas abiertas) fue clasificada de acuerdo a su diámetro (60 - 65 milímetros de espesor).
- Escaldado. Se realizó por inmersión de la alcachofa en agua acidulada con 4 ppm de ácido cítrico, a temperatura y tiempo de 97 °C y 7 minutos, respectivamente (Tarrillo, 2009).
- Enfriado. La alcachofa escaldada se enfrió a temperatura de 50 °C aproximadamente con la finalidad de evitar la sobrecocción y facilitar las operaciones siguientes.
- Desbractado. Se eliminó de forma manual todas aquellas hojas externas, de color muy verde y demasiado fibrosas.
- Perfilado. Se realizó manualmente con la ayuda de un cuchillo perfilador recortando la parte fibrosa y muy amarga de los tallos.
- Despuntado. El corte de punta también se realizó manualmente con la ayuda de un cuchillo recortando la punta de las hojas a 3 – 4 cm. de la parte inferior de la hoja hacia la parte superior.
- Cuarteado. Ya obtenidos los corazones de alcachofa, con la ayuda de un cuchillo se cortaron en forma de cruz, es decir, en cuatro partes iguales. De esta manera obtuvimos “cuartos de alcachofa”, y así unidades más pequeñas y más fáciles de procesar.
- Repaso de cuartos. Se eliminó, con la ayuda de un cuchillo y teniendo cuidado de no eliminar materia comestible, la fibra interna en forma de “garras” o “uñas”, vistas de color rosado y/o violeta.

- Reducción de tamaño. Los “cuartos de alcachofa” se licuaron, de forma tal que se redujo el tamaño de los cuartos y quedó una pasta homogénea que pudo combinarse mejor con los demás ingredientes del producto final.
- Tamizado. La pasta se pasó por un tamiz (cuya abertura de malla fue de 1 mm) a fin de separar de ella las pilosidades adherentes a los fondos de la alcachofa.
- Mezclado y estandarizado. La pasta de alcachofa ya tamizada se colocó en una marmita y se adicionaron los demás ingredientes de la salsa de acuerdo a la formulación establecida para el producto en base a pruebas iniciales (Cuadro 9), para una cantidad específica de 6 kg de producto terminado. Primero, se adicionó la aceituna verde (licuada hasta formar una pasta), el aceite, el agua, el zumo de limón y el vinagre (empezando con el 50% de la cantidad total y luego adicionando gradualmente hasta llegar a pH entre 4,0 – 4,25); luego esta mezcla se calentó moviéndola pausadamente. Hasta este punto se tuvo la mezcla base, luego, se dividió para los diez tratamientos experimentales. Cada tratamiento se sometió a los mismos parámetros temperatura – tiempo de cocción. Cuando cada mezcla alcanzó una temperatura aproximada a 70 °C se le adicionó el azúcar y la sal mezclada con el hidrocoloide o mezcla de hidrocoloides (CMC y/o goma guar y/o goma xantana) correspondiente a cada tratamiento y se siguió calentando bajo agitación hasta obtener una disolución completa, sin formación de grumos. Inmediatamente después, se le agregó, de acuerdo a formulación (Cuadro 9), las especias (ajo deshidratado, ajinomoto, comino, palillo, orégano y pimienta blanca en polvo) mezcladas previamente entre sí a fin de obtener una buena dispersión a cada mezcla.

**Cuadro 9. Formulación de la salsa de alcachofa
(*Cynara scolymus* L.) variedad Imperial Star.**

INGREDIENTE	CANTIDAD (%)	CANTIDAD (g)
Alcachofa (Hojas)	30,00	1800
Alcachofa (Fondos)	35,00	2100
Aceituna verde	6,00	360
Vinagre blanco	1,50	90
Zumo de limón	2,00	120
Aceite de oliva	3,00	180
Aceite de girasol	3,00	180
Agua	15,00	900
Sal	1,00	60
Azúcar	1,00	60
Especias	1,40	84
Conservante	0,10	6
Hidrocoloide	1,00	60
TOTAL	100,00	6000

- Pasteurización. Se pasteurizó calentándose a 85 °C por 15 minutos.
- Envasado. Se realizó de forma manual, vertiendo la salsa de alcachofa caliente (no menor a 85 °C) a los envases de vidrio (capacidad de 500 g. cada uno), con el objeto de obtener un vacío adecuado en el envase (6 – 10 mmHg).

- Cierre. Se efectuó inmediatamente después del envasado, de forma manual y con mucho cuidado, a fin de asegurar que el contenido del envase no tenga contacto con el ambiente externo y se produzca una contaminación que deteriore el producto. Cerrado el envase, éste se invirtió inmediatamente a fin de esterilizar la tapa.
- Enfriamiento. Los envases se colocaron en una tina con agua a temperatura de 10 a 15 °C, a fin de que enfríen rápidamente para impedir su alteración por termófilos y así inactivar los microorganismos por shock térmico. Luego los envases fueron secados.
- Almacenamiento. El producto se almacenó en un ambiente limpio y fresco a temperatura ambiente, aproximadamente de 20 ± 2 °C. El análisis de la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial se realizó luego de 24 horas de almacenamiento.

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Caracterización inicial de la alcachofa

Las alcachofas fueron seleccionadas buscando entre ellas la mayor homogeneidad de calidad posible (Prompex, 1999), para lo cual se evaluó visualmente el aspecto físico de las cabezuelas; y seleccionadas y clasificadas de acuerdo al calibre (diámetro) y otras características específicas según la NTP 209.451.2005 para cabezuelas de alcachofa como materia prima destinada a conserva.

3.4.1.1. Análisis fisicoquímico

Las alcachofas se sometieron a un análisis fisicoquímico antes de procesarlas para la obtención de salsa. Los análisis, revisados en el año 2012 (Anexo VIII) fueron los siguientes:

- Humedad. Método de la A.O.A.C. (1995).
- Sólidos solubles. Método de la A.O.A.C. (1995).
- Acidez. Método de la A.O.A.C. (1995).
- pH. Método de la A.O.A.C. (1995).

3.4.2. Análisis de las salsas de alcachofa

3.4.2.1. Sinéresis

La sinéresis se calculó mediante el volumen de líquido que exuda de la salsa de alcachofa (sobrenadante), esto se evaluó directamente por centrifugación. Se pesó 10 g de salsa de alcachofa de cada tratamiento en tubos de centrífuga a temperatura ambiente y se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos; según lo indicado por Downey (2003). El porcentaje de sinéresis se calculó mediante la ecuación:

$$S = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \dots\dots\dots (18)$$

M₁: Peso de la muestra

M₂: Pérdida de peso después de la centrifugación

S: Porcentaje de Sinéresis

3.4.2.2. Análisis reológico

Para realizar la evaluación de la viscosidad de la salsa de alcachofa con diversos hidrocoloides y concentraciones de ellos se utilizó un reómetro modelo Brookfield RVDV – III, del Laboratorio de Ciencia de los Alimentos, de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo – Perú. Cada formulación fue evaluada a una temperatura de 25 °C. La lectura de la viscosidad aparente (mPa.s) de cada formulación se realizó en forma directa y a diferentes velocidades de rotación (1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 rpm), con la finalidad de obtener suficientes datos que faciliten los cálculos posteriores. Con este análisis también se determinó los índices reológicos: índice de consistencia (k) e índice reológico (n). Adicionalmente, se determinó el esfuerzo cortante inicial o índice de fluencia (τ_0).

3.4.2.3. Análisis fisicoquímico

Se realizó una caracterización fisicoquímica de la salsa de alcachofa con la mayor consistencia sensorial; en base a los parámetros fisicoquímicos de la Norma Técnica Peruana: NTP 209.238:1986, revisada en el año 2012 (Anexo VIII):

- Sólidos solubles. Por el método de la A.O.A.C. (1995).
- Materia seca. Por el método de la A.O.A.C. (1995).
- Cenizas. Por el método de la A.O.A.C. (1995).
- Acidez. Por el método recomendado de la A.O.A.C. (1995).

- pH. Por el método de la A.O.A.C. (1995).
- Cloruros. Por el método de la A.O.A.C. (1995).

3.4.2.4. Consistencia sensorial

Para evaluar la consistencia sensorial de las muestras se utilizó una prueba de medición del grado de aceptación en función a la consistencia con escala hedónica estructurada de nueve puntos (me gusta – me disgusta), como lo menciona Anzaldúa – Morales (1994) y Ureña y otros (2000), empleando como panelistas no entrenados a consumidores de 18 a 45 años, conformado por 40 personas, de ambos sexos.

A todos los panelistas se les entregó las muestras una por una y de forma aleatoria, además, se les entregó el formato de evaluación de la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa (Anexo III), remarcando el término consistencia y brindándoles una paleta para la evaluación.

Cada panelista asignó la calificación correspondiente a cada muestra de acuerdo al grado de aceptación en función a la consistencia. Durante la evaluación se otorgó el valor de más alto puntaje a “Me gusta muchísimo” (9 puntos) y el de menor puntaje a “Me disgusta muchísimo” (1 punto), con un valor intermedio de “Ni me gusta ni me disgusta” (5 puntos).

3.5. Métodos Estadísticos

3.5.1. Metodología de superficie de respuesta para la la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial

A partir de los datos brindados por el software Statistica 10,0 para un diseño de mezclas simplex reticular (3,2) con centroide ampliado dentro de la metodología de superficie de respuesta; se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

3.5.1.1. Análisis de Varianza (ANVA)

El análisis de varianza se derivó de la participación de la variabilidad total en los componentes del modelo, intentando explicar las razones de la variabilidad. Se realizó un análisis de varianza (ANVA) para cada modelo entre las posibilidades que brinda el software (modelo lineal, cuadrático, cúbico y cúbico especial) (Cuadro 10), seleccionándose el modelo que resultó ser significativo ($p < 0,05$) y que tuvo un coeficiente de determinación R^2 alto (mayor a 85%), de acuerdo a lo recomendado por Montgomery (2002).

Si al evaluar el valor p , resulta que los tres modelos son significativos entonces se analiza aquel modelo que presente el mayor valor de R^2 .

Cuadro 10. Análisis de varianza de los modelos aplicados a las variables respuesta.

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grado de Libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Error de SC	Error de GL	Error de CM	F	Valor p	R²
Lineal									
Cuadrático									
Cúbico									
Cúbico especial									

En caso de que algún modelo no cumpla con las características anteriormente señaladas, se concluye que las concentraciones de los hidrocoloides (bajo las condiciones establecidas en el experimento) no afectan significativamente a una determinada variable respuesta y se da por concluido el análisis. Por otro lado, si cumple con las características mencionadas, se le realiza un análisis de regresión.

3.5.1.2. Análisis de regresión

Para las variables respuesta en las cuales se ajustó un determinado modelo matemático, se determinaron los coeficientes de regresión que estuvieron representados en él en función de la significancia ($p < 0,05$) de cada uno (Cuadro 11) y con los cuales se obtuvo la ecuación ajustada para dicha variable respuesta.

Cuadro 11. Coeficientes de regresión del modelo matemático.

Variable	Coeficiente de Regresión	Parámetro de Error	T	Valor p	Límite de Confianza 95%	Límite de Confianza +95%
CMC						
GG						
GX						
(CMC)(GG)						
(CMC)(GX)						
(GG)(GX)						
(CMC)(GG)(GX)						

Donde:

CMC: concentración de CMC

GG: concentración de goma guar

GX: concentración de goma xantana

3.5.2. Análisis estadístico para la evaluación de la consistencia sensorial

Para evaluar estadísticamente los resultados de la consistencia sensorial se utilizaron las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon empleando el paquete estadístico SPSS versión 19,0. La prueba de Friedman se realizó para determinar el rango promedio de las muestras analizadas y la prueba de Wilcoxon para determinar diferencia significativa entre las muestras basadas en los rangos de Friedman. Se trabajó con un nivel de confianza de 95%.

Adicionalmente, se utilizó la metodología de superficie de respuesta para el modelamiento matemático de la variable respuesta consistencia sensorial.

3.6. Optimización de las variables respuesta

La optimización simultánea de respuestas múltiples requirió construir un modelo de superficie de respuesta apropiado para cada variable respuesta y después intentar encontrar un conjunto de condiciones de operación que optimizara todas las respuestas o que al menos las mantenga dentro de rangos deseados previamente establecidos.

Se construyeron los modelos de superficie de respuesta a partir de modelos matemáticos (lineales, cuadráticos, cúbicos o cúbico especiales), sin embargo, no todas las variables respuesta se ajustaron a modelos matemáticos. Únicamente, se ajustaron las variables respuesta: sinéresis, esfuerzo de corte inicial y consistencia sensorial; mas no, el índice reológico ni el índice de consistencia. A partir de las superficies de respuesta de las variables respuesta que se ajustaron a un determinado modelo matemático, se realizó la metodología de superposición de sus gráficas de contorno descrita por Montgomery (2002).

3.6.1. Metodología de superposición de gráficas de contorno

Se realizó la superposición de las gráficas de contorno de sinéresis, esfuerzo de corte inicial y consistencia sensorial (que fueron las variables respuesta que se ajustaron a un determinado modelo matemático) mediante el software Design Expert 7.0.0; teniendo en consideración que cuando hay más de tres variables respuesta resulta muy complicada la superposición de gráficas de contorno, ya que ésta es bidimensional.

Se establecieron rangos (restricciones) para cada variable respuesta considerando si lo que se desea es un valor mínimo, máximo u objetivo (óptimo).

A continuación, el software brindó la gráfica de superposición de contornos de las variables respuesta remarcando las zonas o regiones de optimización o formulación factible a partir de los parámetros o restricciones mencionados anteriormente.

Finalmente, se realizó un examen visual de la gráfica de contornos para determinar los valores más deseados de las variables respuesta dentro de las regiones de optimización.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Evaluación de la materia prima

4.1.1. Caracterización inicial de la alcachofa

Las características de las cabezuelas de alcachofa fueron:

- Peso promedio: 210 g.
- Calidad primera.
- Calibre de la cabezuela: 60 – 65 mm de diámetro.
- Calibre del corazón: 50 – 55 mm de diámetro

Esto concuerda con lo que menciona Hernández (1993), que las alcachofas, como materia prima para conservas deben haber alcanzado un desarrollo normal, estén tiernas, frescas, con las brácteas cerradas y exentas de fibrosidad (calidad primera).

4.1.2. Evaluación fisicoquímica de la alcachofa

En el Cuadro 12 se describe las características fisicoquímicas de la alcachofa.

Cuadro 12. Caracterización fisicoquímica de la alcachofa.

CARACTERISTICA	VALOR
pH	5,60
Sólidos solubles totales (°Brix)	6,00
Acidez, expresado como ácido málico	0,45
Humedad (%)	84,1

Los valores expresados en el Cuadro 12 concuerdan con lo que menciona Hernandez (1993), quien expresa que las alcachofas, como materia prima para ser procesadas como conservas, deben contar con un nivel adecuado de acidez, humedad y °Brix.

4.2. Evaluación de las salsas de alcachofa

4.2.1. Evaluación de la sinéresis

Los datos experimentales necesarios para el cálculo de la sinéresis, expresados como la pérdida de agua por centrifugación, se muestran en el Anexo II, en el cual se aprecia que la incorporación de hidrocoloides redujo significativamente la pérdida de agua por centrifugación en la salsa, esto debido, tal como mencionó Downey (2003), que los hidrocoloides interactúan con el agua aumentando la estabilidad en los alimentos en los que se imparten. En el Cuadro 13 se muestran los valores observados para la sinéresis.

Cuadro 13. Valores observados para la sinéresis de las salsas de alcachofa.

Tratamiento	CMC (%)	GG (%)	GX (%)	Sinéresis (%)
T ₁	1	0	0	1,008
T ₂	0	1	0	0,273
T ₃	0	0	1	0,080
T ₄	0,5	0,5	0	0,198
T ₅	0,5	0	0,5	0,134
T ₆	0	0,5	0,5	0,108
T ₇	0,33	0,33	0,33	0,133
T ₈	0,67	0,17	0,17	0,498
T ₉	0,17	0,67	0,17	0,150
T ₁₀	0,17	0,17	0,67	0,098

En el Cuadro 13, se aprecia que, individualmente, la goma xantana en niveles de 1% probó ser más efectiva (0,08% de pérdida de agua por centrifugación) previniendo la sinéresis y aumentando la estabilidad de la salsa de alcachofa; seguida por la goma guar (0,27%); y finalmente, la CMC (1,008%); correspondientes a los tratamientos T₃, T₂ y T₁, respectivamente.

Downey (2003) mencionó que, en general, las gomas xantana y guar han probado ser las más efectivas; sin embargo, el comportamiento de cada hidocoloide varía con la naturaleza del alimento al que se incorpora.

Además, la adición de hidocoloides y el aumento en sus concentraciones causa un incremento en la capacidad de retención de moléculas de agua y una disminución en la fluidez del alimento en el que se imparten (Gómez – Díaz y Navaza, 2003).

Por otro lado, los tratamientos T₄, T₅ y T₆ correspondientes a las mezclas binarias brindaron valores más bajos de sinéresis que las concentraciones individuales de CMC y goma guar, mas no de la goma xantana.

Nikzade y otros (2011) estudiaron el efecto de leche de soya y estabilizantes (goma xantana, goma guar y emulsificantes mono y diglicéridos) en la estabilidad de mayonesa baja en grasa aplicando el método de diseño de mezclas simplex con centroide para determinar la mezcla que brinde la mayor estabilidad y mejores propiedades texturales y reológicas; concluyendo una mezcla óptima (en base a 1%) de 6,7% mono y diglicéridos; 36,7% goma guar y

56,7% goma xantana. La goma xantana mostró ser la más efectiva como estabilizante ya que un incremento en su concentración seguida por la goma guar causó los más altos valores de estabilidad, viscosidad y firmeza.

Igualmente, Arocas y otros (2009) investigaron el efecto de la goma xantana y goma de algarrobo en concentraciones de 0,15% en la estabilidad de salsa blanca durante el ciclo congelación – descongelación. Determinaron la sinéresis como indicador de la estabilidad en la salsa. Ambos hidrocoloides redujeron los cambios estructurales después de la congelación, pero la goma xantana fue más efectiva que la goma de algarrobo.

Los valores para la sinéresis fueron ajustados a varios modelos (lineal, cuadrático y cúbico especial) mediante regresión múltiple. Luego, fueron sometidos de manera secuencial a un análisis de varianza hasta encontrar el modelo adecuado (Cornell, 1990; Follegatti, 2002).

En el Cuadro 14 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta sinéresis de las salsas de alcachofa.

Cuadro 14. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta sinéresis de las salsas de alcachofa

Modelo	Suma de Cuadrados (SC)	Grado de libertad (GL)	Cuadros medios (CM)	Error de SC	Error de GL	Error de CM	F	P	R ²
Lineal	0,5093	2	0,2546	0,2362	7	0,0337	7,55	0,0179	0,6832
Cuadrático	0,2165	3	0,0722	0,0197	4	0,0049	14,69	0,0126	0,9736
Cúbico Especial	0,0107	1	0,0101	0,0090	3	0,0030	3,55	0,1558	0,9879
Ajuste Total	0,7455	9	0,0828						

El modelo seleccionado fue el modelo cuadrático, ya que fue el que más se ajustó estadísticamente al comportamiento de la sinéresis, con un valor p igual a 0,0126 ($p < 0,05$) y un coeficiente de determinación (R^2) de 0,9736 (Montgomery, 2002 y Gutierrez, 2008), valor superior a lo indicado por Hour y otros (1980) quienes mencionan que un coeficiente de determinación mayor a 0,85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla siempre que la suma de los componentes sea 1.

En el Cuadro 15 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la sinéresis.

Cuadro 15. Coeficientes de regresión del modelo cuadrático aplicado para la sinéresis de las salsas de alcachofa.

Variables	Coeficiente	Error Estándar	t(3)	p	-95.% Límite de confianza	+95.% Límite de confianza
CMC (%)	1,02044	0,067614	15,09211	0,000112	0,83271	1,208163
GG (%)	0,25953	0,067614	3,83838	0,018485	0,07180	0,447254
GX (%)	0,07565	0,067614	1,11893	0,325826	-0,11207	0,263381
CMC*GG	-1,53871	0,311623	-4,93772	0,007830	-2,40391	-0,673503
CMC*GX	-1,39045	0,311623	-4,46197	0,011143	-2,25566	-0,525248
GG*GX	-0,07787	0,311623	-0,24989	0,814981	-0,94308	0,787334

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo cuadrático para la variable respuesta sinéresis fue la siguiente:

$$\text{Sinéresis} = 1,02044 \cdot \text{CMC} + 0,25953 \cdot \text{GG} + 0,07565 \cdot \text{GX} - 1,53871 \cdot \text{CMC} \cdot \text{GG} - 1,39045 \cdot \text{CMC} \cdot \text{GX} - 0,07787 \cdot \text{GG} \cdot \text{GX}$$

Se observa que, individualmente, el componente CMC produce el mayor valor de sinéresis, seguido por la goma guar y finalmente, la goma xantana. Además, con la combinación binaria de goma guar y goma xantana se obtienen valores de sinéresis más bajos que con otras combinaciones binarias.

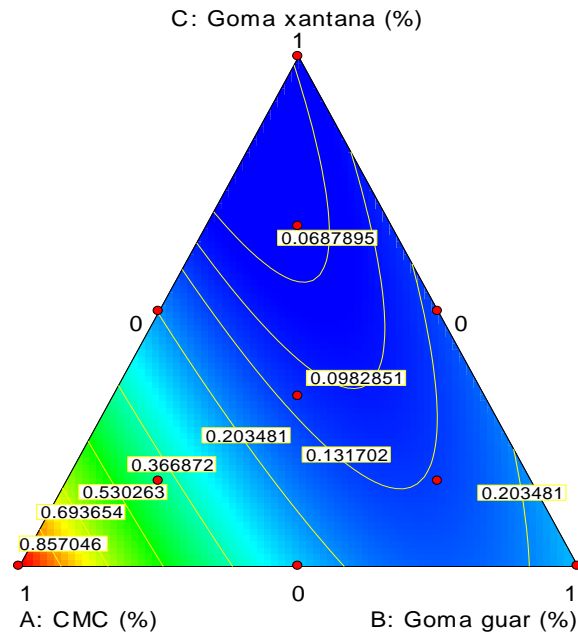
En el Cuadro 16 se muestran los valores observados y estimados para la variable respuesta sinéresis de las salsas de alcachofa.

Cuadro 16. Valores observados y estimados para la sinéresis de las salsas de alcachofa.

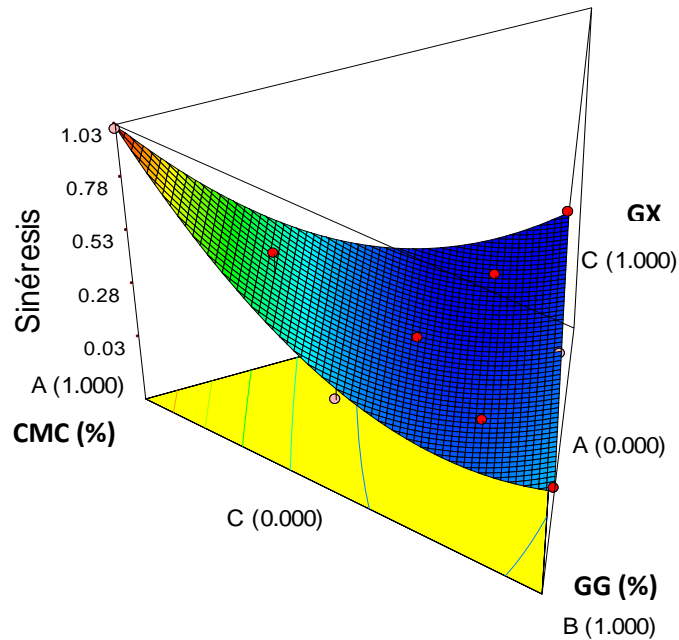
Tratamiento	CMC (%)	GG (%)	GX (%)	Sinéresis observada (%)	Sinéresis estimada (%)	Residual	Desviacion (%)
T ₁	1	0	0	1,008	1,020	-0,0123	1,2238
T ₂	0	1	0	0,273	0,260	0,0133	4,8652
T ₃	0	0	1	0,080	0,076	0,0042	5,3129
T ₄	0,5	0,5	0	0,198	0,255	-0,0570	28,7470
T ₅	0,5	0	0,5	0,134	0,200	-0,0660	49,1313
T ₆	0	0,5	0,5	0,108	0,148	-0,0404	37,5333
T ₇	0,33	0,33	0,33	0,133	0,118	0,0155	11,6592
T ₈	0,67	0,17	0,17	0,498	0,409	0,0898	18,0154
T ₉	0,17	0,67	0,17	0,150	0,137	0,0129	8,6059
T ₁₀	0,17	0,17	0,67	0,098	0,058	0,0400	40,8836

Los valores observados para la sinéresis son aquellos que fueron calculados experimentalmente; mientras, que los valores estimados fueron calculados aplicando la ecuación matemática correspondiente al modelo cuadrático.

El modelo seleccionado fue usado para generar los contornos de las restricciones para la sinéresis de las salsas de alcachofa (Figura 14a), en la cual se aprecia los valores de sinéresis representados por áreas correspondientes a los tratamientos aplicados; además, la representación gráfica de superficie de respuesta, en la cual se aprecia el comportamiento de la sinéresis de las salsas de alcachofa frente a las concentraciones de hidrocoloides correspondiente a los tratamientos aplicados (Figura 14b).



(a)



(b)

Figura 14. Representación gráfica de superficie de respuesta (b) y de contornos (a) para la sinéresis de las salsas de alcachofa.

En la Figura 14(a), representada por la gráfica de contornos, las bandas de color representan rangos concretos de valores; se nota claramente que los valores de sinéresis más bajos se presentan cuando la concentración de goma xantana se acerca a 1%, como el tratamiento T₃, indicando en este caso mayor poder de interacción individual de este hidrocoloide con el agua. Se aprecia además, valores bajos de sinéresis en las áreas correspondientes a los tratamientos T₆ y T₁₀.

Los mayores valores de sinéresis se presentan cuando se utiliza CMC en concentración individual de 1% (T₁) y en mezcla ternaria, correspondiente a 0,67% de CMC; 0,17% de goma guar y 0,17% de goma xantana (T₈). Sin embargo, cuando ésta se combina con goma xantana los valores de sinéresis disminuyen considerablemente (T₆).

Resultados similares fueron reportados por Sahin y Ozdemir (2004), quienes adicionaron hidrocoloides (goma tragacanto, guar, algarrobo, xantana y CMC) en diferentes concentraciones (0; 0,5 y 1,0%) a tres formulaciones de salsa ketchup (con 7,5; 10 y 12,5 % de sólidos solubles) y estudiaron el efecto sobre la sinéresis. Todos los hidrocoloides disminuyeron la separación de fases (sinéresis); sin embargo, la mezcla binaria de goma xantana y goma guar fueron los más efectivos al producir los menores valores de sinéresis.

Así mismo, a una gran variedad de alimentos como la mayonesa o el ketchup se les exige determinadas características de textura, como untabilidad y flujo bajo pequeños esfuerzos, pero que mantengan su forma cuando están en reposo, por lo que productores nacionales en general optan por adicionar el tradicional almidón de maíz nativo

debido principalmente a su bajo costo, teniendo como desventaja que una vez gelatinizado presenta el fenómeno de retrogradación y subsiguiente sinéresis con el transcurso del tiempo. Otros hidrocoloides como la goma guar y xantana pueden sustituirlo sobre todo a nivel industrial ya que en menores concentraciones pueden brindar mayor consistencia a costos comparables y minimizar la sinéresis (Zangrando y otros, 2004)

Por tanto, el tratamiento T_2 (1% goma guar) y sobre todo el tratamiento T_1 (1% CMC) tienen menor impacto que el tratamiento T_3 (1% goma xantana) sobre la sinéresis.

Finalmente, el aumento de la estabilidad de la fase grasa en salsas emulsionadas, como la salsa de alcachofa, se atribuye, como lo expresa Nawar (1990) que ciertos hidrocoloides como la goma xantana o guar incrementan la viscosidad de la fase continua por formación de redes tridimensionales en las que las partículas de grasa quedan atrapadas, impidiendo la floculación, la coalescencia y la separación de fases.

4.2.2. Evaluación de las características reológicas de las salsas de alcachofa

4.2.2.1. Evaluación del esfuerzo de corte inicial " τ_0 "

Los datos experimentales del esfuerzo de corte inicial " τ_0 " o tensión de fluencia inicial se muestran en el Anexo II y están comprendidos entre 82,8792 y 182,5201 Pa. Estos valores correspondieron al mínimo esfuerzo de corte aplicado a las salsas de alcachofa en reposo para que fluyan.

Esto concuerda con lo mencionado por Ramírez (2006) que en fluidos cuyas fuerzas repulsivas tienden a formar estructuras de tipo coloide y en algunos casos gel, si las partículas inmersas en él son muy pequeñas poseen entonces gran superficie específica, rodeados de una capa de adsorción formada por moléculas de fase continua, por la cual las partículas inmovilizan gran cantidad de esa fase continua hasta que se aplica sobre ellas un esfuerzo de corte determinado (τ_0).

Como se aprecia en los reogramas del Anexo II, no existió proporcionalidad entre el esfuerzo de corte y la velocidad de cizalla a partir de su esfuerzo de corte inicial o esfuerzo umbral (τ_0), tratándose de un fluido plástico en general.

En el Cuadro 17 se muestran los valores observados para el esfuerzo de corte inicial.

Cuadro 17. Valores observados para el esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” de las salsas de alcachofa.

Tratamiento	CMC (%)	GG (%)	GX (%)	Esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” (Pa)
T ₁	1	0	0	82,8792
T ₂	0	1	0	129,9829
T ₃	0	0	1	88,8646
T ₄	0,5	0,5	0	182,5201
T ₅	0,5	0	0,5	137,9920
T ₆	0	0,5	0,5	170,3025
T ₇	0,33	0,33	0,33	134,2586
T ₈	0,67	0,17	0,17	126,0685
T ₉	0,17	0,67	0,17	136,5626
T ₁₀	0,17	0,17	0,67	112,4448

En el Cuadro 17 se aprecia los valores de esfuerzo de corte inicial correspondientes a cada tratamiento. En cuanto a los tratamientos con concentraciones puras de hidrocoloides se obtuvo que el menor valor de esfuerzo de corte inicial o esfuerzo umbral (82,8792 Pa) correspondió al tratamiento T₁, correspondiente a 1% de CMC; seguido del tratamiento T₃ (88,8646 Pa), correspondiente a 1% de goma xantana; y, finalmente, el tratamiento T₂ (182,5201 Pa), correspondiente a 1% de goma guar.

Por otro lado, con los tratamientos con concentraciones binarias (T₄, T₅ y T₆) se obtuvieron mayores valores de τ_0 que con los tratamientos con concentraciones puras y ternarias, lo cual pudo deberse a que en éstos tratamientos hubo mayor interacción entre las partículas suspendidas en el interior, requiriéndose mayor esfuerzo de corte inicial para que las salsas de alcachofa con éstas concentraciones binarias de hidrocoloides pasen de un comportamiento sólido (en reposo) a un comportamiento de flujo (fluido).

La razón específica del cambio de comportamiento sólido a semisólido o líquido, tal como lo menciona Ramírez (2006), se debe a que se forman puentes de hidrógeno o fuerzas de Van der Waals, produciendo una atracción mutua entre las partículas; sin embargo, también pueden aparecer fuerzas de repulsión debidas a potenciales de la misma polaridad.

En el Cuadro 18 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta esfuerzo de corte inicial o esfuerzo umbral “ τ_0 ” de las salsas de alcachofa.

Cuadro 18. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” de las salsas de alcachofa.

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Error de SC	Error de GL	Error de CM	F	P	R ²
Lineal	2324,6644	2	1162,3322	6455,0084	7	922,1441	1,2605	0,3408	0,2648
Cuadrático	3640,1832	3	1213,3944	2814,8252	4	703,7063	1,7243	0,2995	0,6794
Cúbico especial	2417,0483	1	2417,0483	397,7769	3	132,5923	18,2292	0,0236	0,9547
Ajuste Total	8779,6729	9	975,5192						

Al analizar los resultados se tuvo que el modelo matemático que se ajustó al comportamiento de la variable respuesta esfuerzo de corte inicial fue el modelo cúbico especial con un coeficiente de determinación de 0,95 ($R^2 \geq 85\%$). Además, la adición de hidrocoloides tuvo efecto estadístico significativo al contar con un valor p de 0,0236 ($p > 0,05$).

En el Cuadro 19 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo cúbico especial aplicado al esfuerzo de corte inicial.

Cuadro 19. Coeficientes de regresión del modelo cúbico especial aplicado al esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” de las salsas de alcachofa.

Variables	Coeficiente	Error Estándar	t(3)	p	-95.% Límite de confianza	+95.% Límite de confianza
CMC (%)	84,2000	11,1146	7,5755	0,0048	48,8300	119,5710
GG (%)	126,9500	11,1146	11,4215	0,0014	91,5700	162,3170
GX (%)	87,0400	11,1146	7,8307	0,0043	51,6600	122,4070
CMC*GG	300,9200	55,9487	5,3785	0,0126	122,8700	478,9740
CMC*GX	207,4600	55,9487	3,7081	0,0341	29,4100	385,5150
GG*GX	233,7800	55,9487	4,1785	0,0250	55,7300	411,8340
CMC*GG*GX	-1572,4600	368,8516	-4,2631	0,0237	-2746,3100	-398,6110

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo cúbico especial para la variable respuesta esfuerzo de corte inicial fue la siguiente:

$$\tau_0 = 84,200*CMC+126,950*GG+87,040*GX+300,920*CMC*GG+207,460*CMC*GX+233,780*GG*GX-1577,460*CMC*GG*GX$$

En la ecuación matemática se puede observar el efecto de las concentraciones puras, binarias y ternarias de hidrocoloides ante el esfuerzo de corte inicial o esfuerzo umbral. Se observa que individualmente, el efecto de la goma guar es mayor que el de CMC y goma xantana. Adicionalmente, se observa que a concentraciones binarias el efecto es aún mayor, en especial, cuando se adiciona CMC y goma guar (T₄).

En el Cuadro 20 se muestran los valores observados y estimados para el esfuerzo de corte inicial de las salsas de alcachofa.

Cuadro 20. Valores observados y estimados para el esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” de las salsas de alcachofa.

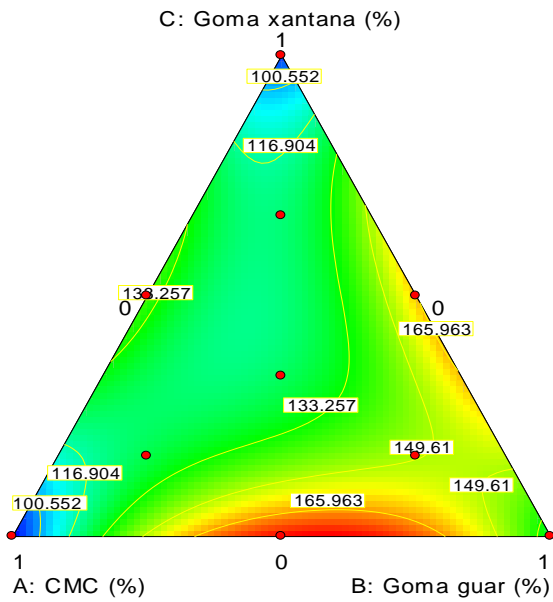
Tratamiento	CMC (%)	GG (%)	GX (%)	Esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” observado (Pa)	Esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” estimado (Pa)	Residual	Desviación (%)
T ₁	1	0	0	82,8792	84,1989	-1,3197	1,5923
T ₂	0	1	0	129,9829	126,9451	3,0378	2,3371
T ₃	0	0	1	88,8646	87,0353	1,8293	2,0585
T ₄	0,5	0,5	0	182,5201	180,8020	1,7181	0,9413
T ₅	0,5	0	0,5	137,9920	137,4823	0,5097	0,3694
T ₆	0	0,5	0,5	170,3025	165,4354	4,8671	2,8579
T ₇	0,33	0,33	0,33	134,2586	123,6162	10,6424	7,9268
T ₈	0,67	0,17	0,17	126,0685	125,6570	0,4115	0,3264
T ₉	0,17	0,67	0,17	136,5626	149,2234	-12,6608	9,2711
T ₁₀	0,17	0,17	0,67	112,4448	121,4803	-9,0355	8,0355

Los valores observados para el esfuerzo de corte inicial son aquellos que fueron calculados experimentalmente; mientras, que los valores estimados fueron calculados aplicando la ecuación matemática correspondiente al modelo cúbico especial. El modelo seleccionado fue usado para generar los contornos de las restricciones para el esfuerzo de corte inicial de las salsas de alcachofa (Figura 15a), en la cual se aprecia los valores de esfuerzo de corte inicial representados por áreas; además, su representación gráfica en tres dimensiones (Figura 15b).

Design-Expert® Software

● Design Points
 13.51
 9.1

X1 = C: Goma xantana (%)
 X2 = A: CMC (%)
 X3 = B: Goma guar (%)

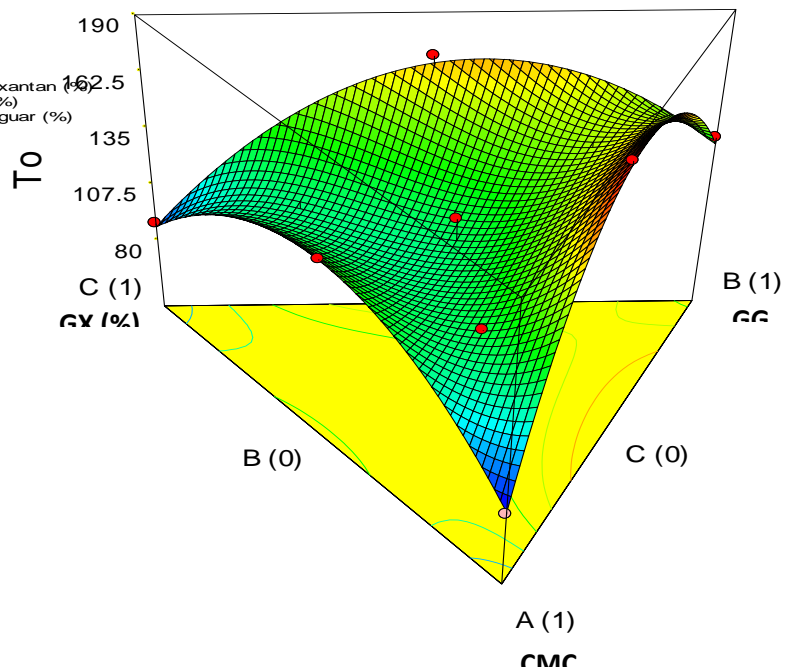


(a)

Design-Expert® Software

● Design Points
 13.51
 9.1

X1 = C: Goma xantana (%)
 X2 = A: CMC (%)
 X3 = B: Goma guar (%)



(b)

Figura 15. Representación gráfica de superficie de respuesta (b) y de contornos (a) para el esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” de las salsas de alcachofa.

En la Figura 15(a), se observa que, los menores valores de esfuerzo de corte inicial (τ_0) se obtuvieron con concentraciones puras de CMC (T_1) y de goma xantana (T_3); mientras que los mayores valores se obtuvieron cuando se adicionó goma guar y goma xantana (T_4).

Así mismo, en la Figura 15(b), se observa la representación gráfica en tres dimensiones, en la cual los valores más altos del esfuerzo de corte correspondientes al tratamiento T_4 están representados en el punto más alto de la curvatura e indica la existencia de un efecto sinérgico de estos dos hidrocoloides (CMC y goma guar) cuando se desea obtener un mayor valor de esfuerzo de corte inicial en las salsas de alcachofa.

Según Montgomery (2002), citado por Gutierrez (2008), menciona que cuando hay una curvatura, tal como se aprecia en la Figura 15(b), derivada de una mezcla de componentes, los coeficientes de estos representan una mezcla sinérgica o antagónica.

4.2.2.2. Evaluación del índice reológico “n”

Los datos experimentales necesarios para el cálculo del índice reológico “n” se muestran en el Anexo II e indican que los valores de “n” están comprendidos entre 0,5932 y 0,7594 para todos los tratamientos evaluados, confirmando en todos un comportamiento no newtoniano de tipo plástico general al notarse un valor “n” menor a 1 (Levenspiel, 1993) y un esfuerzo de corte inicial que no parte del origen (τ_0).

En el Cuadro 21 se muestran los valores observados para el índice reológico “n” de las salsas de alcachofa.

Cuadro 21. Valores observados para el índice reológico “n” de las salsas de alcachofa.

Tratamiento	CMC (%)	GG (%)	GX (%)	Índice reológico “n” (Pa)
T ₁	1	0	0	0,6976
T ₂	0	1	0	0,6968
T ₃	0	0	1	0,6288
T ₄	0,5	0,5	0	0,6123
T ₅	0,5	0	0,5	0,7594
T ₆	0	0,5	0,5	0,5935
T ₇	0,33	0,33	0,33	0,5932
T ₈	0,67	0,17	0,17	0,6012
T ₉	0,17	0,67	0,17	0,7146
T ₁₀	0,17	0,17	0,67	0,6126

En el Cuadro 21, se observa que el mayor valor de índice reológico se obtuvo cuando se adicionó 0,5% de CMC y 0,5% de goma xantana, correspondiente al tratamiento T₅; mientras que, el menor valor se obtuvo cuando se adicionó 0,33% de CMC, 0,33% de goma guar y 0,33% de goma xantana, correspondiente al tratamiento T₇.

Zangrando y otros (2004) mencionan que por lo general, un aumento en la concentración de hidrocoloides aumenta el índice de consistencia “k” y disminuye el índice reológico “n” aumentando la característica de un fluido plástico; comparando además que con la adición de goma guar se aprecia un aumento de ésta característica en comparación con la adición de goma xantana.

Esta característica plástica ocurre debido a una alineación molecular en el interior de una sustancia (Glickman, 1969).

Por otro lado, se aprecia que, individualmente, el tratamiento T₃, correspondiente a 1 % de goma xantana brindó un menor valor de índice reológico. Además, en cuanto a mezclas binarias, mientras que el tratamiento T₅, correspondiente a 0,5% de CMC y 0,5% goma xantana brindó el mayor valor de “n”, el tratamiento T₆, correspondiente a 0,5 % de goma guar y 0,5% goma xantana brindó un menor valor de “n”. Esto concuerda con Nawar (1990), quien menciona que la goma xantana interactúa con galactomananos como la goma guar brindando mejores características en la viscosidad y en las propiedades texturales que cuando se adicionan individualmente a la misma concentración. Esta propiedad de la goma xantana facilita su uso en muchas aplicaciones como helados, salsas, sopas y postres. Además, menciona que siempre a bajas concentraciones de goma xantana, así como goma guar, brindan soluciones altamente pseudoplásticas ($n < 1$) con un esfuerzo de corte inicial y previene (como ya se ha demostrado anteriormente) la sinéresis; brindando características como suavidad, espesamiento y otras.

Sahin y Ozdemir (2004) mencionan que el índice reológico es afectado por el tipo de hidrocoloide, su concentración e interacción con otros hidrocoloides; además, por la formulación del alimento al que se imparte.

En el Cuadro 22 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta índice reológico “n” de las salsas de alcachofa.

Cuadro 22. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta índice reológico “n” de las salsas de alcachofa.

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Error de SC	Error de GL	Error de CM	F	p	R ²
Lineal	0,0018	2	0,0009	0,0309	7	0,0044	0,2029	0,8210	0,0548
Cuadrático	0,0162	3	0,0054	0,0146	4	0,0037	1,4799	0,3472	0,5520
Cúbico Especial	0,0015	1	0,0015	0,0131	3	0,0044	0,3481	0,5967	0,5986
Ajuste Total	0,0327	9	0,0036						

Al analizar los resultados se tuvo que ningún modelo matemático se ajustó al comportamiento de la variable respuesta índice reológico “n”, ya que ninguno tuvo un coeficiente de determinación mayor o igual a 0,85 ($R^2 \geq 85\%$). Además, la adición de hidrocoloides no tuvo efecto significativo sobre el índice reológico ($p > 0,05$).

4.2.2.3. Evaluación del índice de consistencia “k”

Los datos experimentales necesarios para el cálculo del índice de consistencia “k” se muestran en el Anexo II. En el Cuadro 23 se muestran los valores observados para el índice de consistencia.

Cuadro 23. Valores observados para el índice de consistencia “k” de las salsas de alcachofa.

Tratamiento	CMC (%)	GG (%)	GX (%)	Índice de consistencia “k” (Pa.s ⁿ)
T ₁	1	0	0	19,0283
T ₂	0	1	0	10,4833
T ₃	0	0	1	7,8505
T ₄	0,5	0,5	0	10,3610
T ₅	0,5	0	0,5	8,5467
T ₆	0	0,5	0,5	7,9378
T ₇	0,33	0,33	0,33	31,6446
T ₈	0,67	0,17	0,17	35,1722
T ₉	0,17	0,67	0,17	17,5145
T ₁₀	0,17	0,17	0,67	36,1660

En el Cuadro 23 se aprecia que los tratamientos evaluados tuvieron un índice de consistencia entre 7,8505 y 36,1660 Pa.sⁿ.

El valor más bajo de índice de consistencia (7,8505 Pa.sⁿ) se obtuvo con la concentración de 1% de goma xantana, correspondiente al T₃; sin embargo, el valor más alto (36,1660 Pa.sⁿ) se obtuvo con 0,17% de CMC, 0,17 % de goma guar y 0,67% de goma xantana, correspondiente al T₁₀. Esto demuestra que existió un efecto sinérgico del CMC, goma guar y goma xantana produciendo un notable incremento en el índice de consistencia comparado con la adición individual

de goma xantana (tratamiento T₃); por ende, un incremento en la consistencia de la salsa de alcachofa.

Se observa, además, que en todos los tratamientos con concentraciones ternarias el índice de consistencia “k” aumentó en comparación con los tratamientos con concentraciones binarias y puras. Esto se debe, tal como lo mencionó Whistler y Bemiller (1993), que una mezcla de dos o más macromoléculas (gelificantes o no) puede, en ciertos casos, presentar fenómenos de sinergia que conduzcan a diferentes comportamientos reológicos, como al aumento en la consistencia y a veces hasta a gelificaciones, en el caso de que uno de los componentes sea capaz de gelificar.

En forma separada, cada hidrocoloide tiene propiedades individuales, pero al combinarse en la razón correcta sus efectos de consistencia, viscosidad o fuerza de gel se pueden incrementar drásticamente, lo cual sin duda es una ventaja desde el punto de vista comercial como una manera de reducir costos y proporcionar nuevas soluciones texturales (GELYMAR, 2006). Estos sinergismos, además de permitir la reducción de las dosis totales de hidrocoloides, permiten elaborar formulaciones específicas dirigidas a diferentes condiciones de uso (ATZI y AINIA, 1999).

En el Cuadro 24 se presenta el análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta índice de consistencia “k” de las salsas de alcachofa.

Cuadro 24. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta índice de consistencia “k” de las salsas de alcachofa.

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Error de SC	Error de GL	Error de CM	F	p	R ²
Lineal	108,3176	2	54,1588	1110,3052	7	158,6150	0,3414	0,7219	0,0889
Cuadrático	216,1315	3	72,0438	894,1737	4	223,5434	0,3223	0,8104	0,2662
Cúbico Especial	595,8678	1	595,8678	298,3059	3	99,4353	5,9925	0,0918	0,7552
Ajuste Total	1218,6228	9	135,4025						

Al analizar los resultados se tuvo que ningún modelo matemático se ajustó al comportamiento de la variable respuesta índice de consistencia “k”, ya que ninguno tuvo un coeficiente de determinación mayor o igual a 0,85 ($R^2 \geq 85\%$). Además, la adición de hidrocoloides no tuvo efecto significativo sobre el índice de consistencia ($p > 0,05$).

4.2.3. Evaluación de la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa

La respuesta de los 40 jueces no entrenados en cuanto a la consistencia sensorial se muestra en el Anexo II. En el Cuadro 25 se muestran los rangos promedio obtenidos estadísticamente mediante la prueba de Friedman para todos los tratamientos, con lo cual se determinará el tratamiento que obtuvo mayor preferencia en la consistencia sensorial.

Cuadro 25. Prueba de Friedman para la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.

Tratamientos	Media	Rango promedio
T ₁	6,75	7,26
T ₂	6,70	6,68
T ₃	6,40	6,25
T₄	6,85	7,26
T ₅	6,30	5,73
T ₆	6,25	5,96
T ₇	5,55	4,66
T ₈	6,30	6,54
T ₉	5,80	5,09
T ₁₀	5,95	5,38
Chi-cuadrado		30,545
Valor p		0,001

Se observa que el tratamiento T₄ obtuvo el mayor rango promedio (7,26) al igual que el tratamiento T₁, por lo que se optó por analizar la media aritmética de todos los tratamientos. Los resultados indicaron una media aritmética de 6,75 y 6,85; correspondiente al tratamiento T₁ y T₄, respectivamente. Por tanto, el tratamiento T₄ (correspondiente a 0.5% CMC y 0.5% de goma guar) al obtener mayor rango promedio (7,26) y mayor media aritmética fue el tratamiento designado como aquel de mayor preferencia por los panelistas.

Sin embargo, individualmente el alto puntaje asignado por los jueces para el tratamiento T₁ (1% CMC) y T₂ (1% goma guar), mayor a T₃ (1% goma xantana), pudo deberse a que ambos presentaron gran consistencia cada uno con ligera particularidad que al combinarse (T₄) dieron un mejor resultado en la consistencia sensorial, siendo de gran aceptación para los jueces.

Por otro lado, la posibilidad de obtener mejores características sensoriales bajando la concentración de CMC, incorporándolo junto con la goma guar en su punto sinérgico, es ventajoso ya que implica además una reducción en costos (Anexo VII).

Además, se observa un valor p de 0,001 ($p < 0,05$); que indica que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos. La Figura 16 ilustra los puntajes promedio de los tratamientos asignados por los panelistas.

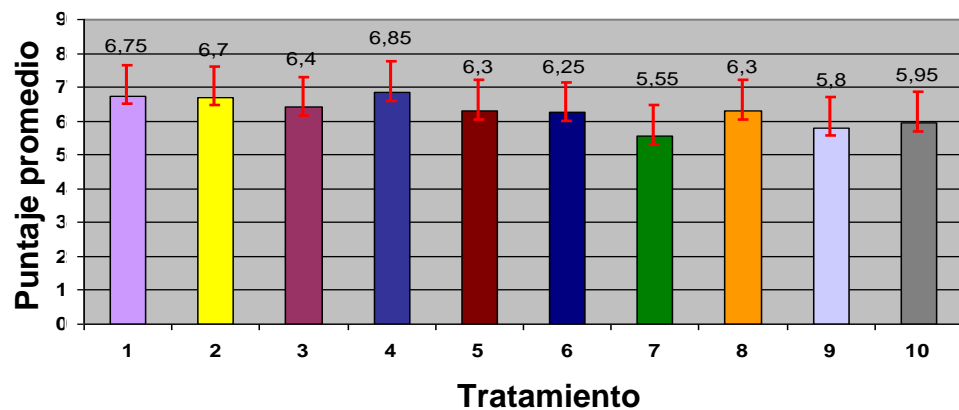


Figura 16. Evaluación de la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.

En la Figura 16 se observa los puntajes de todos los tratamientos evaluados con su respectiva desviación estandar (representada por las líneas rojas), la cual es baja y pareja en todos los tratamientos, lo que indica una baja dispersabilidad de los datos respecto a su media aritmética. Esto a su vez refleja un buen control al momento de realizarse la evaluación sensorial ya que se brindó las mismas condiciones ambientales y otras variables que pudieran influenciar en los panelistas al momento de realizar la evaluación.

En el Anexo II se reporta los resultados estadísticos de la prueba de Wilcoxon para la consistencia sensorial, comparándose cada tratamiento con todos los demás para conocer la diferencia estadística entre ellos. Según la probabilidad estadística (valor p) los panelistas detectaron diferencia significativa entre el tratamiento T₄ (tratamiento con mayor rango promedio y media aritmética en la consistencia sensorial) y los tratamientos T₆, T₇, T₉ y T₁₀.

En el Cuadro 26 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.

Cuadro 26. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Error de SC	Error de GL	Error de CM	F	p	R ²
Lineal	0,2303	2	0,1151	1,3800	7	0,1971	0,5840	0,5827	0,1430
Cuadrático	0,7245	3	0,2415	0,6555	4	0,1639	1,4737	0,3486	0,5929
Cúbico especial	0,5441	1	0,5441	0,1114	3	0,0371	14,6603	0,0314	0,9308
Ajuste Total	1,6103	9	0,1789						

Al analizar los resultados se tuvo que el modelo matemático que se ajustó al comportamiento de la variable respuesta consistencia sensorial fue el modelo cúbico especial con un coeficiente de determinación de 0,93 ($R^2 \geq 85\%$). Además, la adición de

hidrocoloides tuvo efecto estadístico significativo al contar con un valor p de 0,0314 ($p > 0,05$).

En el Cuadro 27 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo cúbico especial aplicado a la consistencia sensorial.

Cuadro 27. Coeficientes de regresión del modelo cúbico especial aplicado a la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.

Variables	Coeficiente	Error Estándar	t(3)	P	-95.% Límite de confianza	+95.% Límite de confianza
CMC (%)	6,79398	0,186240	36,4797	0,000045	6,20129	7,386683
GG (%)	6,61671	0,186240	35,5279	0,000049	6,02401	7,209410
GX (%)	6,43489	0,186240	34,5516	0,000053	5,84219	7,027592
CMC*GG	0,42139	0,937493	0,4495	0,683570	-2,56213	3,404911
CMC*GX	-0,94225	0,937493	-1,0051	0,388911	-3,92577	2,041275
GG*GX	-1,29679	0,937493	-1,3833	0,260553	-4,28031	1,686730
CMC*GG*GX	-23,66471	6,180590	-3,8289	0,031384	-43,33410	-3,995310

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo cúbico especial para la variable respuesta consistencia sensorial fue la siguiente:

$$\text{Consistencia sensorial} = 6,794 * \text{CMC} + 6,6167 * \text{GG} + 6,4349 * \text{GX} + 0,4214 * \text{CMC} * \text{GG} - 0,9422 * \text{CMC} * \text{GX} - 1,2968 * \text{GG} * \text{GX} - 23,6647 * \text{CMC} * \text{GG} * \text{GX}$$

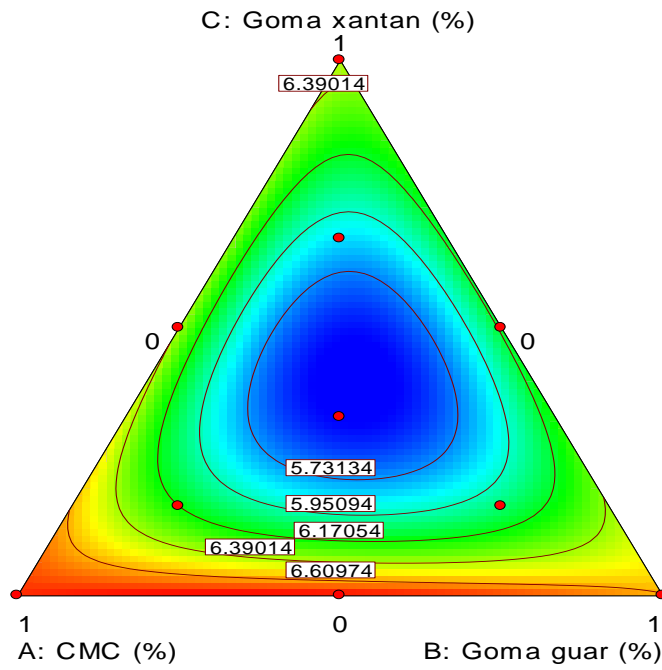
En la ecuación matemática se puede observar el efecto de las concentraciones puras, binarias y ternarias de hidrocoloides ante la consistencia sensorial. Se observa que individualmente, el efecto de CMC es mayor, seguido por la goma guar y finalmente, la goma xantana.

En el Cuadro 28 se muestran los valores observados y estimados para la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.

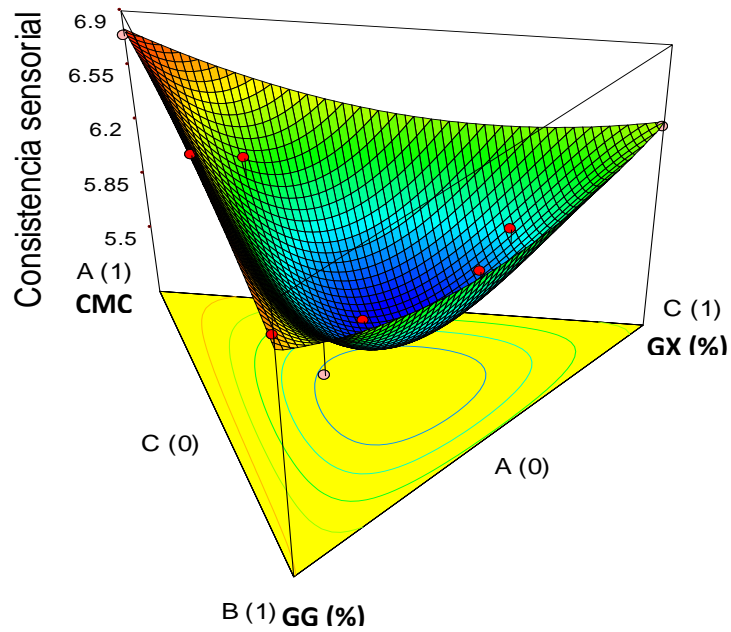
Cuadro 28. Valores observados y estimados para la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.

Tratamiento	CMC (%)	GG (%)	GX (%)	Consistencia sensorial observada	Consistencia sensorial estimada	Residual	Desviación (%)
T ₁	1	0	0	6,7500	6,7940	-0,0440	0,6516
T ₂	0	1	0	6,7000	6,6167	0,0833	1,2431
T ₃	0	0	1	6,4000	6,4349	-0,0349	0,5452
T ₄	0,5	0,5	0	6,8500	6,8107	0,0393	0,5738
T ₅	0,5	0	0,5	6,3000	6,3789	-0,0789	1,2520
T ₆	0	0,5	0,5	6,2500	6,2016	0,0484	0,7743
T ₇	0,33	0,33	0,33	5,5500	5,5368	0,0132	0,2385
T ₈	0,67	0,17	0,17	6,3000	6,1725	0,1275	2,0244
T ₉	0,17	0,67	0,17	5,8000	6,0543	-0,2543	4,3841
T ₁₀	0,17	0,17	0,67	5,9500	5,8497	0,1003	1,6852

Los valores observados para la consistencia sensorial son aquellos que fueron calculados experimentalmente; mientras, que los valores estimados fueron calculados aplicando la ecuación matemática correspondiente al modelo cúbico especial. El modelo seleccionado fue usado para generar los contornos de las restricciones para la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa (Figura 17a), en la cual se aprecia los valores de la consistencia sensorial representados por áreas; además, su representación gráfica en tres dimensiones (Figura 17b).



(a)



(b)

Figura 17. Representación gráfica de superficie de respuesta (b) y de contornos (a) para la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.

4.2.3.1. Caracterización fisicoquímica de la salsa de alcachofa con mayor puntaje en la consistencia sensorial

En el Cuadro 29 se detalla la caracterización fisicoquímica de la salsa de alcachofa con mayor puntaje en la consistencia sensorial.

Cuadro 29. Caracterización fisicoquímica de la salsa de alcachofa con mayor puntaje en la consistencia sensorial (T₄).

PARAMETRO DE CALIDAD	CANTIDAD
Materia seca	26 %
Sólidos solubles totales	12 °Brix
pH	4,02
Acidez, expresada como ácido acético	0,52 %
Cloruros	2,2 %
Cenizas	1,1 %

Se aprecia que el pH de la salsa de alcachofa fue de 4.02, similar a lo reportado por Tarrillo (2009), quien en su experimentación obtuvo salsas de alcachofa con pH que osciló entre 3,82 y 4,27; alimento que se encuentra en la clasificación de alimentos tipo ácidos pH < 4.5; mencionado por Rahman (2003). Por otro lado, la acidez, que al igual que el pH es un indicador de los microorganismos que pueden estar presentes, desarrollarse o deteriorar el alimento (Alatraste, 2002), tuvo un valor de 0,52% de acidez acética, valor aceptable sensorialmente por los panelistas y que se encontró dentro del rango establecido (0,4 – 0,7% de acidez acética) por la Norma Técnica Peruana NTP 209.238:1986 (revisada el 2012). Además, 26% de materia seca (la norma establece un mínimo de 20%); 12 °Brix de sólidos solubles (la

norma establece un mínimo de 11 °Brix); 2,2% de cloruros (2,0 – 2,5%) y 1,1% de cenizas (máximo 2,5%). Todos los parámetros de calidad evaluados se encuentran muy cercanos a los reportados por Tarrillo (2009).

4.2.4. Determinación de la zona de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima

La optimización de la mezcla de estabilizantes o hidrocoloides fue realizada sobre la zona de formulación factible, la cual se determinó mediante el método de superposición gráficas de contorno (Montgomery, 2002) a fin de obtener el área determinada por los valores aproximados a los deseados para las variables respuesta.

Sin embargo, en la superposición de gráficas de contorno no se consideró el índice reológico ni el índice de consistencia ya que las concentraciones de hidrocoloides empleadas no tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$) frente a dichas variable respuesta; además, ningún modelo matemático se ajustó al comportamiento de las mismas. Así mismo, en cuanto al índice reológico “n”, en cualquier punto de la gráfica obtendría un valor “n” comprendido entre 0 – 1; correspondiente al mismo tipo de fluido.

La zona de formulación factible se determinó asignando valores (restricciones) que deseamos obtener de las variables respuesta: sinéresis, esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” y consistencia sensorial.

En el Cuadro 30 se detalla los valores: meta, inferior, objetivo y superior asignados para cada variable respuesta.

Cuadro 30. Valores asignados a las variables respuesta sinéresis, esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ” y consistencia sensorial para la determinación de la zona de formulación factible.

Parámetros	Meta	Inferior	Objetivo	Superior
Sinéresis (%)	Mínimo	0,0800	0,0800	0,0,0850
Esfuerzo de corte inicial “ τ_0 ”	-	82,8792	-	182,8650
Consistencia sensorial	Máximo	5,5000	6,0000	6,0000

En el Cuadro 30 se observa los valores asignados a las variables respuesta afectadas significativamente ($p < 0,05$) por las concentraciones de hidrocoloides empleadas y en las cuales se ajusta algún modelo matemático. Estos valores o restricciones se emplearon para delimitar la zona de formulación factible, tal como lo cita Montgomery (2002). Los valores se asignaron bajo el criterio de que es deseable un valor mínimo de sinéresis (el valor más bajo en la experimentación fue de 0,08%) y a la vez un valor alto de consistencia sensorial.

En la Figura 18 se presenta la superposición de gráficas de contornos de las variables respuesta: sinéresis, esfuerzo de corte inicial y consistencia sensorial; las zonas de formulación factible y la localización numérica de la mezcla óptima de hidrocoloides.

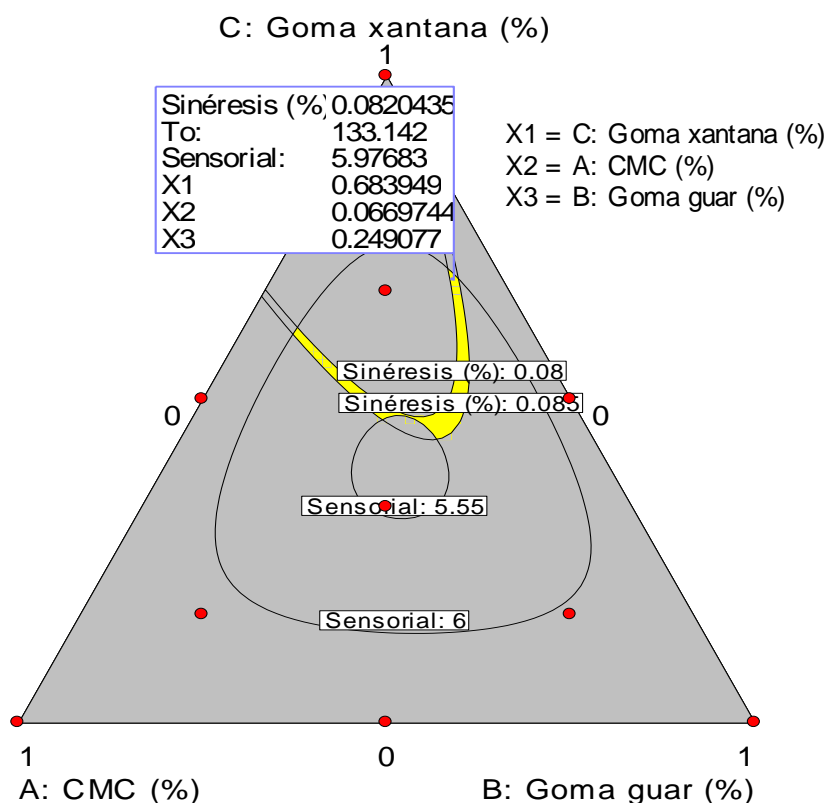


Figura 18. Superposición de gráficas de contorno de las variables respuesta, zonas de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima.

En la Figura 18 se observa dos zonas de formulación factible resultantes de la superposición de gráficas para encontrar la mezcla óptima. Claramente se observa que ambas zonas se encuentran cercanas a un valor mayor de goma xantana, seguido de goma guar y finalmente, valores considerablemente menores de CMC. Se localizó numéricamente la mezcla óptima de los hidrocoloides correspondiente a 0,07% de CMC; 0,25% de goma guar y 0,68% de goma xantana. Con dicha mezcla se espera obtener los siguientes valores de las variables respuesta: 0,08% de sinéresis; 133,1420 Pa de esfuerzo de corte inicial y un valor de 6 en la consistencia sensorial, correspondiente a la calificación “me gusta”.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó que la concentración de CMC, goma guar y goma xantana influyeron significativamente ($p < 0,05$) en la sinéresis, esfuerzo de corte inicial (τ_0) y consistencia sensorial de la salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) variedad Imperial Star, mas no en el índice reológico (n) y el índice de consistencia (k) de las mismas.
- La evaluación de la sinéresis demostró que al utilizar solamente goma xantana en concentración de 1% (T₃) se obtiene el menor valor de sinéresis (0,08%); seguido por el T₂ (0,27%), y finalmente el T₁ (1,01%).
- La evaluación de las características reológicas demostró que todas las salsas de alcachofa tuvieron un comportamiento “no newtoniano” de tipo “plástico general” y siguieron el modelo matemático de Hershel – Bulkley, caracterizado por la ecuación $\tau = \tau_0 + \kappa.(d_v / d_y)^n$.
- El esfuerzo de corte inicial o esfuerzo umbral estuvo en el rango de 82,8792 y 182,5201 Pa y su evaluación demostró que los tratamientos con concentraciones binarias (T₄, T₅ y T₆) tuvieron mayores valores que con los tratamientos con concentraciones puras y ternarias.
- El índice reológico “n” estuvo en el rango de 0,5932 y 0,7594 ($n < 1$), y su evaluación demostró que el mayor valor se obtuvo cuando se adicionó 0,5% de goma guar y 0,5% de goma xantana, correspondiente al tratamiento T₅; mientras que, el menor valor se obtuvo cuando se adicionó 0,33% de CMC, 0,33% de goma guar y 0,33% de goma xantana, correspondiente al tratamiento T₇.

- El índice de consistencia “k” varió entre 7,8505 y 36,1660 Pa.sⁿ y se observó que las mezclas ternarias (T₇, T₈, T₉ y T₁₀) de hidrocoloides produjeron valores más altos a los producidos con las concentraciones puras (T₁, T₂ y T₃) y binarias (T₄, T₅ y T₆), demostrando un efecto sinérgico positivo al aumentar el índice de consistencia “k”.
- La prueba de Friedman reportó que la concentración de hidrocoloides influyó significativamente ($p < 0,05$) en la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa; mientras que la prueba de Wilcoxon, reportó que el tratamiento T₄, que fue el que obtuvo mayor rango promedio en la evaluación de la consistencia sensorial (7,26) y una media aritmética de 6,85 correspondiente a la calificación “me gusta ligeramente”, fue estadísticamente diferente que los tratamientos T₆, T₇, T₉ y T₁₀.
- La caracterización fisicoquímica de la salsa de alcachofa con mayor rango promedio y media aritmética en la consistencia sensorial (T₄) reportó: 26% de materia seca, 12 °Brix de sólidos solubles, 4,02 de pH, 0,52% de acidez acética, 2,2% de cloruros y 1,1% de cenizas; cumpliéndose en todos los casos con la Norma Técnica NTP 209.238:1986.
- Se determinó que con el uso de 0,07% CMC; 0,25% goma guar y 0,68% goma xantana como mezcla óptima, se espera obtener los siguientes valores de las variables respuesta: 0,08% de sinéresis; 133,1420 Pa de esfuerzo de corte inicial y una calificación de 6 (“me gusta”) en la consistencia sensorial.

VI. RECOMENDACIONES

- Estudiar el sinergismo o antagonismo de mezclas de hidrocoloides en salsa de alcachofa durante el almacenamiento.
- Evaluar el efecto de la interacción de concentraciones de hidrocoloides en salsas de alcachofa a partir de distintas formulaciones de pasta.
- Realizar un estudio similar con diferente rango de concentración de hidrocoloides.
- Realizar un estudio similar con otros tipos de hidrocoloides.

VII. BIBLIOGRAFIA

Alatríste, K. 2002. Efecto de la adición de fibra y calcio en un yogurt con sabor. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas – Puebla. México.

ALTESA. 2010. Alimentarios y Técnica, S.A. de C.V. Especialidades para la industria alimentaria. Puebla – México. Disponible en:

http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaGuar_1839.pdf (2010, 12 de Junio).

ANDINA. 2008. Exportaciones del Perú. Exportación de alcachofas: 38 % más que en el periodo Enero – Mayo 2008. Disponible en:

<http://exportacionesdelperu.blogspot.com/2008/exportacion-de-alcachofas-28-en-el.html> (2010, 10 de Junio).

Anzaldúa – Morales, A. 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y en la Práctica. Editorial Acribia. Zaragoza–España. Pg.67–79.

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. Edición 16. Association of Analytical Chemists. Washington D.C. - U.S.A.

Arocas, A.; Sanz, T. y Fiszman, S. 2009. Influence of corn starch type on the rheological properties of a white sauce after heating and freezing. *Food Hydrocolloids* 23 (3), 901–907. Disponible en:

<http://webs.hogent.be/~fboc691/artikel8.pdf> (2012, 10 de Mayo).

ATZI y AINIA. 1999. Vigilancia tecnológica en el sector de aditivos. Agentes de textura. Programa de Infraestructuras y Redes de Innovación. Chile.

Badui, S. 2006. Química de los alimentos. Cuarta Edición. Editorial Pearson Education. México.

Bas, D. y Boyaci, H. 2007. Modelling and optimization II: Comparison of estimation capabilities of response surface methodology with artificial neural networks in a biochemical reaction. *Journal of Food Engineering*, 78, 846-854. Disponible en:

<http://scialert.net/fulltext/?doi=ja.2011.99.104&org=11> (2012, 10 de Mayo).

- Bobbio, P. y Bobbio, F. 1992. Química del procesamiento de alimentos. Segunda Edición. Ediciones Varela. Sao Paulo - Brazil.
- Calvo, M. 1991. Aditivos alimentarios: Propiedades, aplicaciones y efectos sobre la salud. Mira Ediciones. Zaragoza – España.
- Cárdenas, G. 2006. Alcachofa, cualidades y producción. Colección Mi Huerto. Ediciones RIPALME. Lima – Perú.
- Codex Alimentarius. 2006. Información sobre el aditivo alimentario. GSFA Online. Disponible en:
<http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/additives/details.html?id=9>
(2010, 20 de Julio).
- Collazos, C.; Alvistur, E.; Vásquez, J.; Quiroz, A.; Herrera, N.; Robles, N.; Arias, M.; Viñas, E.; Urquieta, R.; Días, C.; Roca, A.; Faching, A.; Hernandez, E.; White, P.; Bradfield, R.; White, H. y Hegsted, M. 1996. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Sexta Edición. Instituto Nacional de Nutrición. Ministerio de Salud. Fondo Editorial Banco Central de Reserva. Lima – Perú.
- Considine, D. y Considine, G. 1983. Foods and food production encyclopedia. Van Nostrand Reinhold Company. New York – Estados Unidos.
- Cox, P. 1987. Ultracongelación de Alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.
- Crandall, P. y Nelson, P. 1975. Effects of preparation and milling on consistency of tomato juice and puree. Journal of Food Science. 40, 710 – 713. Disponible en:
<http://researchonline.ballarat.edu.au:8080/vital/access/services/Download/vital:1706/SOURCE1?view=true> (2010, 01 de Julio).
- De la Cruz, P. 2004. Aprovechamiento integral y racional de la tara (*Caesalpinia spinosa*). Revista del Instituto de Investigación FIGMMG. Volumen 7. Número 14. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú. Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/iigeo/v7n14/a09v7n14.pdf> (2010, 01 de Junio).

Desroiser, N. 1999. Elementos de Tecnología de Alimentos. Editorial Continental S.A. de C.V. México.

Downey, G. 2003. Effects of cryoprotectant mixtures on physical properties of frozen and thawed pureed cooked potatoes: some introductory studies. *International Journal of Food Science and Technology*. 38, 857 – 868.

Dziejak, J.D. 1991. A focus on gums. *Food Technology*. 45 (3), 115. Disponible en:

<http://www.unapiquitos.edu.pe/links/facultades/alimentarias/v1/1.pdf> (2012, 01 de Junio).

Fennema, O. 2000. Química de los Alimentos. Editorial Acribia. Segunda Edición. Zaragoza. España.

GELYMAR. 2006. Sinergia de xantana con otras gomas. Efecto de las Propiedades Finales.

Glickman, M. 1969. Rheology, textura and gums. In: *Gum technology in the food industry*. 3, 56 – 93.

Glicksman M. 1983. Gum arabic (Gum acacia). In: Glicksman M. (Ed.). *Food Hydrocolloids*. Volumen 2.

Gómez – Díaz, D. y Navaza, J. 2003. Rheology of aqueous solutions of food additives: Effect of concentration, temperature and blending. *Journal of Food Engineering*. 56, 387 – 392.

Hernández, R. 1993. Valor nutritivo de subproductos fibrosos de la región de Murcia. Ensayos de digestibilidad mediante técnicas “in vivo” e “in vitro”. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. España. Disponible en: <http://www.exopol.com/seoc/docs/f8aveixo.pdf> (2012, 10 de Mayo).

Imeson, A. 1992. Thickening and Gelling Agents for Food. Chapman y Hall. Hong Kong - China.

IMR INTERNATIONAL. 2006. Food thickeners and stabilizers. San Diego, California – Estados Unidos.

- INDECOPI(a). 2005. Norma Técnica Peruana, NTP 209.451:2005. Alcachofas. Conservas. Disponible en:
http://www.indecpi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PR O=2336 (2010, 15 de Julio).
- INDECOPI(b). 2005. Norma Técnica Peruana, NTP 209.452:2005. Alcachofas frescas. Disponible en:
http://www.indecpi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PR O=2337 (2010, 15 de Julio).
- INDECOPI(c). 2005. Norma Técnica Peruana, NTP 209.453:2005. Alcachofas. Materia prima para productos procesados. Disponible en:
http://www.indecpi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PR O=9030 (2010, 15 de Julio).
- INDECOPI(d). 2012. Norma Técnica Peruana NTP 209.238:1986 (revisada 2012). Salsa de Ají. Requisitos. Disponible en:
http://www.indecpi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PR O=8515 (2012, 15 de Octubre).
- INIA. 2004. Plan de Producción de Alcachofa: Huaral – 2004. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Disponible en:
<http://www.inia.gob.pe/SIT/consPR/adjuntos/2016.pdf> (2010, 12 de Junio).
- Johnson, A. y Peterson, M. 1974. Encyclopedia of Food Technology. The AVI Publishing Co. Inc. Connecticut – Estados Unidos.
- Koocheki, A.; Ghandi, A.; Razavi, A.; Mortazavi, A. y Vasiljevic, T. 2009. The rheological properties of ketchup as a function of different hydrocolloids and temperature. International Journal of Food Science and Technology. Disponible en:
http://profdoc.um.ac.ir/pubs_files/p11006803.pdf (2012, 10 de Mayo).
- Levenspiel, O. 1993. Flujo de Fluidos e Intercambiador de calor. Editorial Reverte S.A. España.
- Lewis, M. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.

Mazaheri, M. y Ghandi, A. 2007. Modification of Bostwick method to determine tomato concentrate consistency. *Journal of Food Engineering*, 79, 1483–1486. Disponible en:

<http://researchonline.ballarat.edu.au:8080/vital/access/services/Download/vital:1706/SOURCE1?view=true> (2012, 10 de Mayo).

Mendoza, E.; García, M.; Casas, C.; Fernández, M. y Selgas, M. 1998. Utilización de hidratos de carbono como sustitutos de grasa en productos cárnicos. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 17 (7), 55-61.

MINAG. 2006. Estudio de Mercado de la Alcachofa en Conserva. Ministerio de Agricultura. Oficina Regional de Planificación Agraria. Unidad de Comercio Internacional. Disponible en:

http://www.planeamientoygestion.com.pe/consultoria/images/stories/herramientas/mercado/7_Estudio%20de%20mercado%20alcachofa%20en%20conserva.pdf (2010, 18 de Mayo).

MINAG. 2005. Informe Estadístico. Ministerio de Agricultura. Lima – Perú. Disponible en:

http://www.minag.gob.pe/dgpa_papa_intro.sht (2010, 18 de Mayo).

Montgomery D. 2002. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Wiley S.A. Universidad Estatal de Arizona.

Multon, J. 1999. Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Segunda Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.

Nawar, W. 1990. Emulsifiers in food additives. New York – Estados Unidos. Disponible en:

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0718-07642004000400013&script=sci_arttext

Nikzade, V.; Mazaheri, M. y Saadatmand, M. 2011. Optimization of low – cholesterol – low fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizers by a mixture design approach. Department of Food Science and Technology. Ferdowsi University of Masshad. Iran. Disponible en:

<http://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1026151.pdf> (2012, 10 de Mayo).

Pasquel, A. 2001. Gomas: Una aproximación a la industria de alimentos. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos – Perú. 1 (1), 1 – 8.

Pechón, C. 2005. Efecto de la sustitución de grasa de cerdo por el hidrocoloide NUTRICOL GP 624, KONJAC FLOUR 1283 y agua en las características fisicoquímicas y sensoriales de salchicha tipo Viena. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo – Perú.

Pequeñas y Medianas Empresas Exportadoras PYMEX. 2009. Portal de comercio exterior. Disponible en:

<http://www.pymex.pe/productos-estrella/316-alcachofas-en-conserva.html> (2010, 02 de Mayo).

PROMPERU. 2009(a). Principales Mercados de la Agroexportación. Páginas 26 – 28. Consultado en:

http://www.amcham.org.pe/eventos/presentaciones/2009/Julio/23.07.09/Monica_Davila.pdf (2012, 10 de Junio).

PROMPERU. 2009(b). Exportaciones Peruanas 2009. Consultado en: http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/cifras/cifras_2009_diciembre.pdf (2012, 10 de Junio).

Rahman, M. 2003. Manual de conservación de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.

Robles, F. 2001. La Alcachofa: Nueva alternativa para la agricultura Peruana. PROMPEX.

Disponible en:

<http://cdiserver.mba-sil.edu.pe/mbapage/BoletinesElectronicos/Estudios%20de%20mercado/alcachofaalternativa2001.pdf> (2010, 02 de Mayo).

Rosell, C.; Rojas, J. y Benedito, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*. 15, 75 – 81.

Disponible en:

http://www.food.actapol.net/pub/4_2_2008.pdf

Rosenthal, D. 1999. *Sensory Quality and the Relocation Story. Philosophical Perspectives*.

Sahin, H. y Ozdemir, F. 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. *Food Hydrocolloids*. Department of Food Engineering – Faculty of Agriculture. Akdeniz University. Antalya - Turquía.

Salas, V. y Vargas, D. 2001. Caracterización reológica de papillas alimenticias para niños de corta edad. Facultad de Ingeniería en Industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Disponible en:

http://tumi.lamolina.edu.pe/resumen/anales/enero_abril_2001.pdf (2012, 08 de Junio).

Sanderson, G. 1981. Polysaccharides in foods. *Food Technology*. 35 (7), 50.

Singh, R. y Heldman, D. 1998. *Principios de Ingeniería de Alimentos*. Editorial Acribia S.A. Madrid – España.

Steffe, J. 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*, Segunda Edición. Freeman Press. East Lansing, Michigan – Estados Unidos.

Stoforos, N. y Reid, D. 1992. Factors influencing serum separation of tomato ketchup. *Journal of Food Science*. 57, 707 – 713. Disponible en:

<http://researchonline.ballarat.edu.au:8080/vital/access/services/Download/vital:1706/SOURCE1?view=true> (2012, 10 de Mayo).

SUNAT. 2011. Anuario estadístico de comercio exterior. Superintendencia nacional de administración tributaria. Disponible en:

<http://www.proyectosperuanos.com/alcachofas.html> (2012, 10 de Mayo).

- Taherian, A.; Fustier, P. y Ramaswamy, H. 2007. Effects of added weighting agent and xanthan gum on stability and rheological properties of beverage cloud emulsions formulated using modified starch. *Journal of Food Process Engineering*. 30, 204 – 224.
- Tamine, A. y Robinson, R. 1991. *Yogur: Ciencia y Tecnología*. Primera Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.
- Tanglerpaibul, T. y Rao, M. 1987. Rheological properties of tomato concentrates as affected by particle size and method of concentration. *Journal of Food Science*. 52 (1), 141–145. Disponible en: <http://researchonline.ballarat.edu.au:8080/vital/access/services/Download/vital:1706/SOURCE1?view=true> (2012, 10 de Mayo).
- Tarrillo, S. 2009. Efecto del pH, temperatura y tiempo de escaldado en las características fisicoquímicas y sensoriales de la salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) en conserva. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo – Perú.
- Ureña P.; D'Arrigo, H. y Girón, M. 2000. *Evaluación sensorial de los alimentos*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Editorial Agraria. Lima - Perú.
- Vaclavik, V. 2002. *Fundamentos de la ciencia de los alimentos*. Editorial Kluwer academic/Plenum Publishers. Dallas, Texas – USA.
- Vanegas, L. 2009. Efecto del uso de hidrocoloides en la reología de un complemento nutricional líquido. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Medellín – Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1940/> (2012, 10 de Mayo).
- Vercet, A.; Sánchez, C.; Burgos, J.; Montanes, L. y Buesa, P. 2002. The effect of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties. *Journal of Food Engineering*. 53, 273 – 278. Disponible en: <http://researchonline.ballarat.edu.au:8080/vital/access/services/Download/vital:1706/SOURCE1?view=true> (2012, 10 de Mayo).

Walker, B. 1984. Gums and stabilisers in food formulations. In: Phillips G.; Wedlock D. y Williams P. (Eds.). Gums and stabilisers for the food industry 2, Elsevier Applied Science and Publishers. Barking - Inglaterra. Disponible en:

<http://www.unapiquitos.edu.pe/links/facultades/alimentarias/v1/1.pdf>

(2012, 12 de Mayo).

Watts, M.; Ylimaki, L. y Jeffery. 1992. Métodos básicos sensoriales para la evaluación de los alimentos. Ottawa – Canada.

Whistler, R. 1973. Factors influencing gum costs and applications. In: Whistler R.; BeMiller J. (Eds.), Industrial gums. Segunda Edición. Academic Press Inc. California - Estados Unidos. Disponible en:

<http://www.unapiquitos.edu.pe/links/facultades/alimentarias/v1/1.pdf>

(2010, 12 de Mayo).

Whistler, R. y Daniel J. 1985. Carbohydrates. Food chemistry. Segunda Edición. Marcel Dekker. New York - Estados Unidos. Disponible en:

<http://www.unapiquitos.edu.pe/links/facultades/alimentarias/v1/1.pdf>

(2012, 10 de Mayo).

Whistler, R. y BeMiller, J. 1993. Industrial Gums: Polysaccharides and Their Derivatives. Academic Press, Inc. California - Estados Unidos. Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/far934a/doc/far934a.pdf> (2012, 10 de Mayo).

White, P.; Abbas, I. y Johnson, L. 1989. Freeze – thaw stability and refrigerated – storage retrogradation of starches. 41, 176 – 180.

Williams, P. y Phillips, G. 2000. Handbook of Hydrocolloids. Woodhead Publishing. Cambridge University Press.

Zehren, V. y Nusbaum, D. 2000. Cheese Process. Cooley. Wisconsin - Estados Unidos. Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/far934a/doc/far934a.pdf> (2012, 12 de Junio).

ANEXOS

ANEXO I

Características de la salsa de alcachofa

- **Definición.** Es el producto constituido fundamentalmente por alcachofa (puré o pasta), mezclado con otros ingredientes permitidos y sometidos a un tratamiento térmico industrial.

- **Características organolépticas.** El producto no debe presentar síntomas de rancidez, sabores, colores u olores que indiquen descomposición de este.
 - Aspecto: salsa semilíquida de aspecto limpio y homogéneo
 - Color: característico de la salsa de alcachofa y homogéneo
 - Sabor: característico del producto y ligeramente ácido.
 - Olor: característico del producto.

- **Características fisicoquímicas:** La salsa debe cumplir con las siguientes características (valores aproximados):

- Materia seca, mínimo:	20 %
- Sólidos solubles totales, mínimo	11 °Brix
- pH	3,5 – 4,5
- Acidez, expresado como ácido acético	0,4 – 0,7 %
- Cloruros	2,0 – 2,5 %
- Cenizas, máximo	2,5 %

Basado en la Norma Técnica Peruana NTP 209.238:1986 (revisada el 2012).

ANEXO II

Resultados experimentales

Cuadro A. Valores observados y estimados para la sinéresis, esfuerzo de corte inicial, índice reológico, índice de consistencia y consistencia sensorial.

Trata- miento	CMC (%)	GG (%)	GX (%)	Sinéresis observada (%)	Sinéresis estimada (%)	Esfuerzo de corte inicial “ T_0 ” observado (Pa)	Esfuerzo de corte inicial “ T_0 ” estimado (Pa)	Índice reológico observado “n”	Índice reológico estimado “n”	Índice de consistencia “k” observado (Pa.s ⁿ)	Índice de consistencia “k” estimado (Pa.s ⁿ)	Consistencia sensorial observada	Consistencia sensorial estimada
T ₁	1	0	0	1,008	1,020	82,8792	84,1989	0,6976	-	19,0283	-	6,7500	6,7940
T ₂	0	1	0	0,273	0,260	129,9829	126,9451	0,6968	-	10,4833	-	6,7000	6,6167
T ₃	0	0	1	0,080	0,076	88,8646	87,0353	0,6288	-	7,8505	-	6,4000	6,4349
T ₄	0,5	0,5	0	0,198	0,255	182,5201	180,8020	0,6123	-	10,3610	-	6,8500	6,8107
T ₅	0,5	0	0,5	0,134	0,200	137,9920	137,4823	0,7594	-	8,5467	-	6,3000	6,3789
T ₆	0	0,5	0,5	0,108	0,148	170,3025	165,4354	0,5935	-	7,9378	-	6,2500	6,2016
T ₇	0,33	0,33	0,33	0,133	0,118	134,2586	123,6162	0,5932	-	31,6446	-	5,5500	5,5368
T ₈	0,67	0,17	0,17	0,498	0,409	126,0685	125,6570	0,6012	-	35,1722	-	6,3000	6,1725
T ₉	0,17	0,67	0,17	0,150	0,137	136,5626	149,2234	0,7146	-	17,5145	-	5,8000	6,0543
T ₁₀	0,17	0,17	0,67	0,098	0,058	112,4448	121,4803	0,6126	-	36,1660	-	5,9500	5,8497

Cuadro B. Datos experimentales para el cálculo de sinéresis.

MUESTRA	Peso inicial (g)	Peso después de centrifugación (g)	% Sinéresis
T₁	10,2965	9,1927	1,0081
T₂	10,1530	9,1253	0,2728
T₃	10,1370	10,1289	0,0799
T₄	10,2878	9,2674	0,1983
T₅	10,1921	9,1784	0,1344
T₆	10,2113	10,2003	0,1077
T₇	10,1300	10,1165	0,1333
T₈	10,2960	9,2447	0,4983
T₉	10,2359	9,2205	0,1504
T₁₀	10,3140	10,3039	0,0979

Cuadro C. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 1% CMC (Tratamiento 1) a 25 °C.

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m ²)	(d_v/d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v/d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v/d_y)
5	36.6	72000	98.8	1.25	9.9398	1.1180	1.2020	0.0969
10	47.8	49100	122.5	2.50	11.0680	1.5811	1.5979	0.3979
15	52.7	34600	132.7	3.75	11.5195	1.9365	1.6974	0.5740
20	60.0	30250	148.2	5.00	12.1737	2.2361	1.8151	0.6990
25	64.3	25800	159.7	6.25	12.6372	2.5000	1.8855	0.7959
30	67.0	22600	168.5	7.50	12.9808	2.7386	1.9326	0.8751
35	70.9	19900	178.3	8.75	13.3529	2.9580	1.9796	0.9420
40	74.0	18500	186.2	10.00	13.6455	3.1623	2.0142	1.0000
45	76.6	16800	195.0	11.30	13.9642	3.3615	2.0497	1.0531
50	82.4	15600	200.3	12.50	14.1527	3.5355	2.0697	1.0969
60	85.2	14200	210.0	15.00	14.4914	3.8730	2.1042	1.1761
70	87.9	12729	219.5	17.50	14.8155	4.1833	2.1355	1.2430
80	89.1	11050	223.7	20.00	14.9566	4.4721	2.1487	1.3010
90	90.5	9933	226.0	22.50	15.0333	4.7434	2.1557	1.3522
100	92.9	9180	230.9	25.00	15.1954	5.0000	2.1703	1.3979

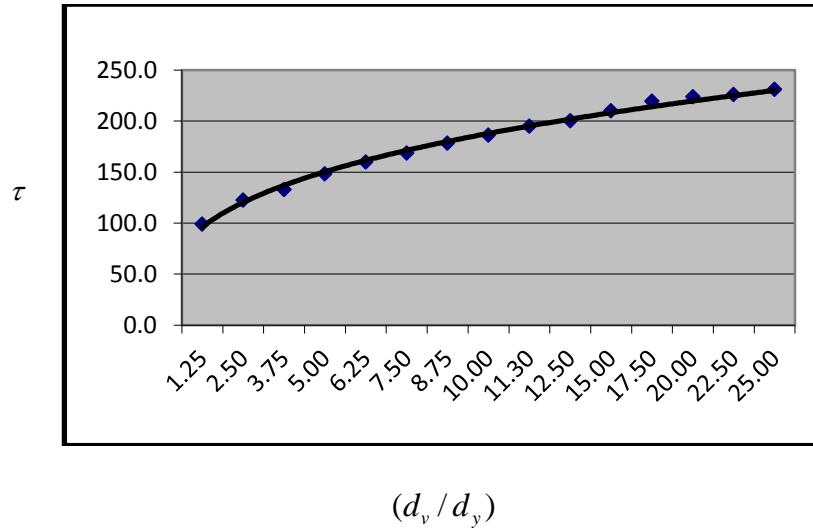


Figura B. Reograma de salsa de alcachofa “T₁”.

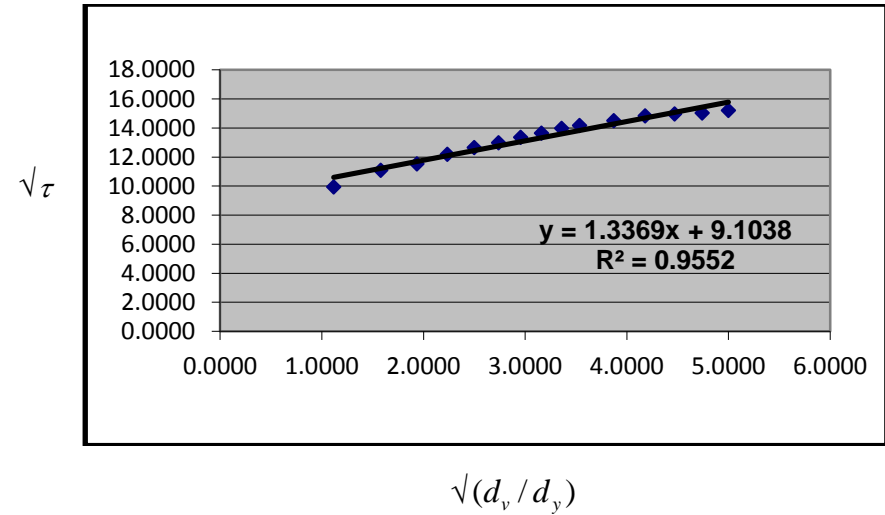


Figura C. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{(d_v / d_y)}$ de la salsa de alcachofa “T₁”.

$$\tau = \tau_0 + \kappa \cdot (d_v / d_y)^n$$

$$n = 0,6976$$

$$\text{Log } k = 1,2794$$

$$k = 19,0283$$

$$\tau_0 = 82,8792$$

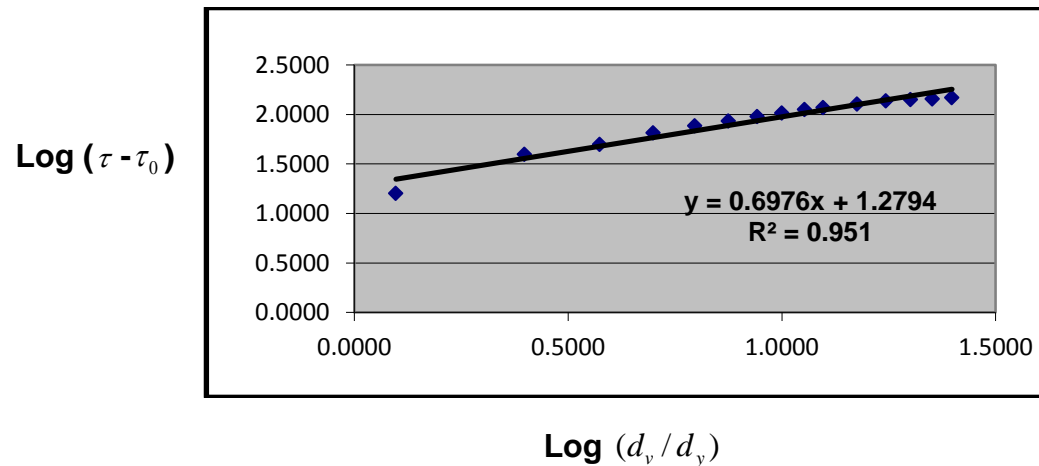


Figura D. $\text{Log } (\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log } (d_v / d_y)$ de la salsa de alcachofa “T₁”.

Cuadro D. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 1% GOMA GUAR (Tratamiento 2) a 25 °C.

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m ²)	(d_v/d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v/d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v/d_y)
4	54.5	133000	134.7	1.00	11.6060	1.0000	0.6737	0.0000
5	57.9	116000	145.7	1.25	12.0706	1.1180	1.1964	0.0969
10	68.0	68900	156.2	2.50	12.4980	1.5811	1.4186	0.3979
15	71.1	47800	163.0	3.75	12.7671	1.9365	1.5187	0.5740
20	73.4	36450	167.5	5.00	12.9422	2.2361	1.5742	0.6990
25	74.1	29800	172.0	6.25	13.1149	2.5000	1.6234	0.7959
30	74.6	24933	178.6	7.50	13.3641	2.7386	1.6868	0.8751
35	74.9	21200	185.1	8.75	13.6051	2.9580	1.7413	0.9420
40	75.1	17900	189.0	10.00	13.7477	3.1623	1.7710	1.0000
45	75.9	16733	189.5	11.30	13.7659	3.3615	1.7746	1.0531
50	76.2	15340	191.5	12.50	13.8384	3.5355	1.7890	1.0969
60	78.9	13000	196.0	15.00	14.0000	3.8730	1.8197	1.1761
70	80.6	11457	198.3	17.50	14.0819	4.1833	1.8345	1.2430
80	81.4	10150	203.2	20.00	14.2548	4.4721	1.8646	1.3010
90	82.4	9178	206.4	22.50	14.3666	4.7434	1.8832	1.3522
100	83.7	8300	212.0	25.00	14.5602	5.0000	1.9139	1.3979

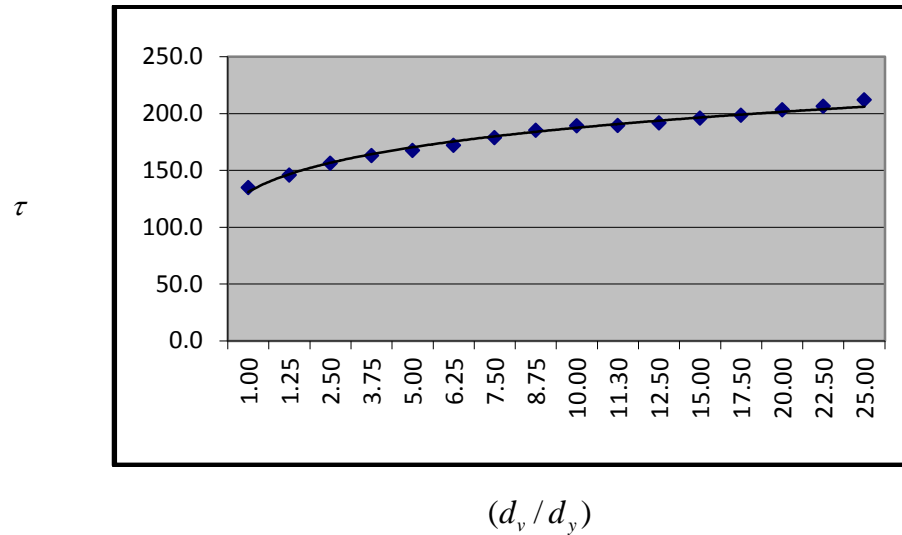


Figura E. Reograma de salsa de alcachofa “T₂”.

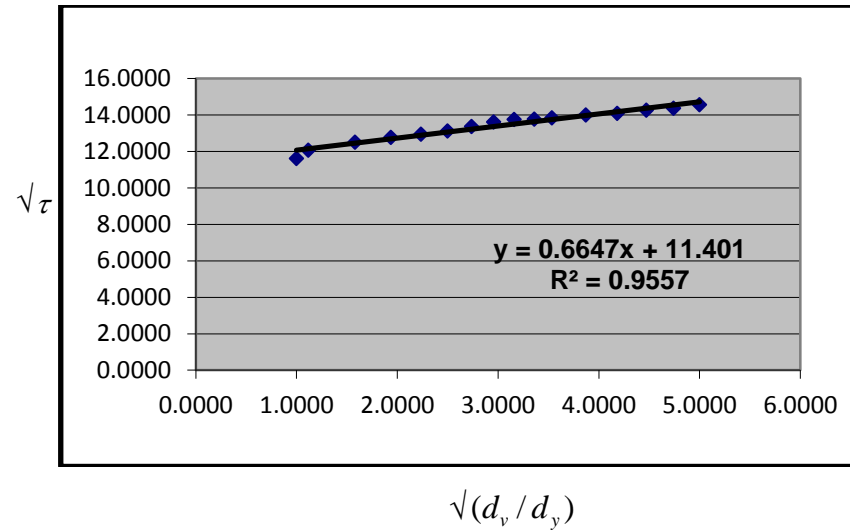


Figura F. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{(d_v / d_y)}$ de la salsa de alcachofa “T₂”.

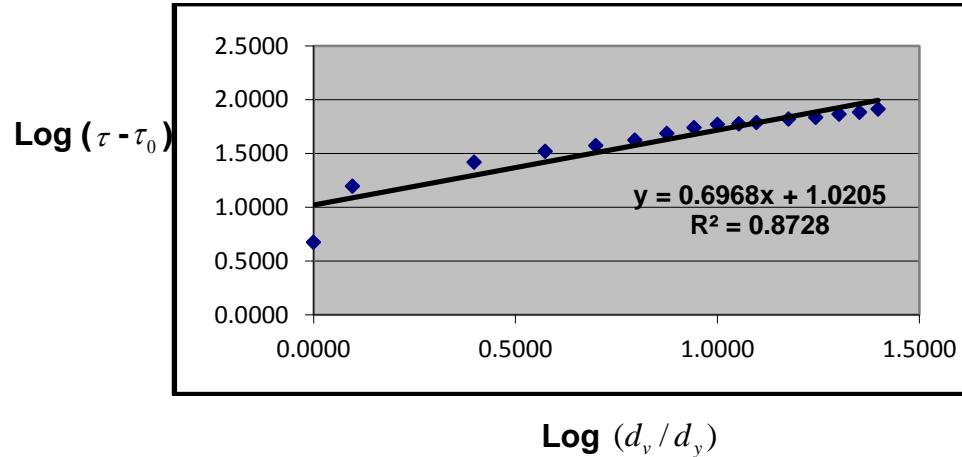


Figura G. $\text{Log}(\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log}(d_v / d_y)$ de la salsa de alcachofa “T₂”.

$$\tau = \tau_0 + \kappa \cdot (d_v / d_y)^n$$

$$n = 0,6968$$

$$\text{Log } k = 1,0205$$

$$k = 10,4833$$

$$\tau_0 = 129,9828$$

Cuadro E. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 1% GOMA XANTANA (Tratamiento 3) a 25 °C.

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m²)	(d_v/d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v/d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v/d_y)
10	37.0	37200	99.5	2.50	9.9750	1.5811	1.0268	0.3979
15	42.2	28600	105.8	3.75	10.2859	1.9365	1.2288	0.5740
20	44.3	23100	113.0	5.00	10.6301	2.2361	1.3827	0.6990
25	46.2	18600	116.0	6.25	10.7703	2.5000	1.4335	0.7959
30	48.1	16400	122.5	7.50	11.0680	2.7386	1.5268	0.8751
35	49.4	14000	122.8	8.75	11.0815	2.9580	1.5307	0.9420
40	49.9	12525	124.5	10.00	11.1580	3.1623	1.5519	1.0000
45	50.1	10933	127.9	11.30	11.3093	3.3615	1.5915	1.0531
50	51.4	9800	129.6	12.50	11.3842	3.5355	1.6100	1.0969
60	51.9	8483	131.0	15.00	11.4455	3.8730	1.6246	1.1761
70	52.4	7529	134.3	17.50	11.5888	4.1833	1.6574	1.2430
80	53.4	6800	137.8	20.00	11.7388	4.4721	1.6896	1.3010
90	53.9	5967	139.5	22.50	11.8110	4.7434	1.7045	1.3522
100	54.5	5350	140.5	25.00	11.8533	5.0000	1.7129	1.3979

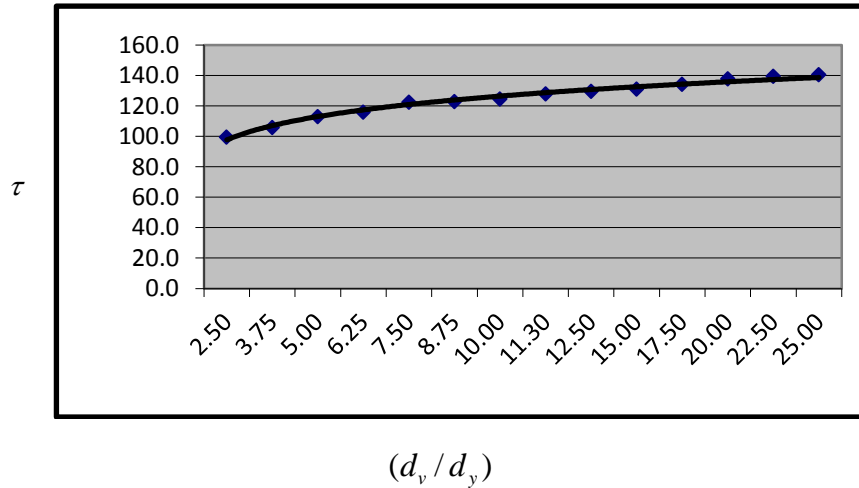


Figura H. Reograma de salsa de alcachofa "T₃".

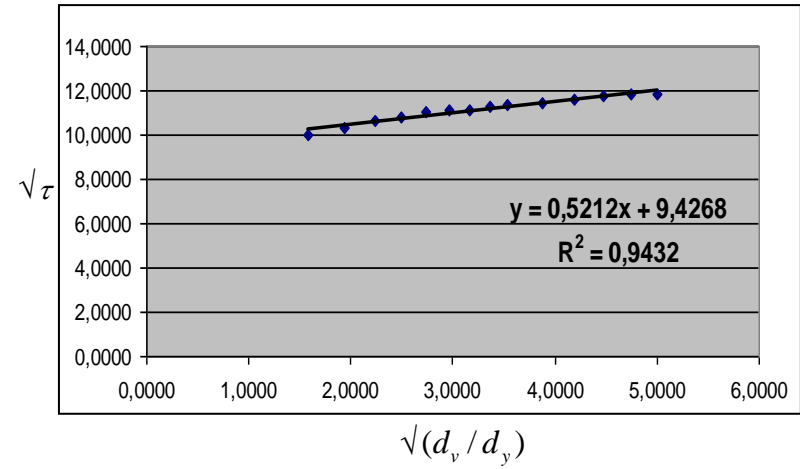


Figura I. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{d_v/d_y}$ de la salsa de alcachofa "T₃".

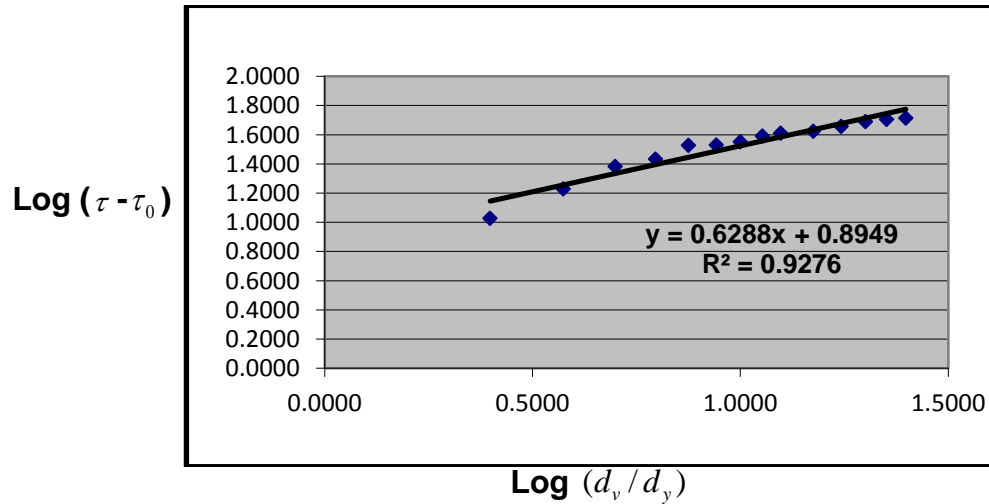


Figura J. $\text{Log}(\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log}(d_v/d_y)$ de la salsa de alcachofa "T₃".

$$\tau = \tau_0 + \kappa \cdot (d_v/d_y)^n$$

$n = 0,6288$

$\text{Log } k = 0,8949$

$k = 7,8505$

$\tau_0 = 88,8646$

**Cuadro F. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 0,5% CMC y 0,5% GOMA GUAR
(Tratamiento 4) a 25 °C.**

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m²)	(d_v / d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v / d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v / d_y)
10	70.0	88500	195.0	2.50	13.9642	1.5811	1.0962	0.3979
15	77.9	63700	209.0	3.75	14.4568	1.9365	1.4229	0.5740
20	83.5	49100	212.7	5.00	14.5842	2.2361	1.4797	0.6990
25	88.1	34900	219.9	6.25	14.8290	2.5000	1.5726	0.7959
30	89.5	31000	221.4	7.50	14.8795	2.7386	1.5897	0.8751
35	90.7	28300	224.0	8.75	14.9666	2.9580	1.6178	0.9420
40	92.0	26100	227.3	10.00	15.0765	3.1623	1.6511	1.0000
45	92.9	23400	230.0	11.30	15.1658	3.3615	1.6765	1.0531
50	93.5	18500	235.3	12.50	15.3395	3.5355	1.7225	1.0969
60	94.3	16900	237.8	15.00	15.4208	3.8730	1.7426	1.1761
70	95.0	15000	239.0	17.50	15.4596	4.1833	1.7519	1.2430
80	96.8	13800	242.4	20.00	15.5692	4.4721	1.7773	1.3010
90	97.4	11400	243.7	22.50	15.6109	4.7434	1.7866	1.3522
100	98.2	9600	252.0	25.00	15.8745	5.0000	1.8419	1.3979

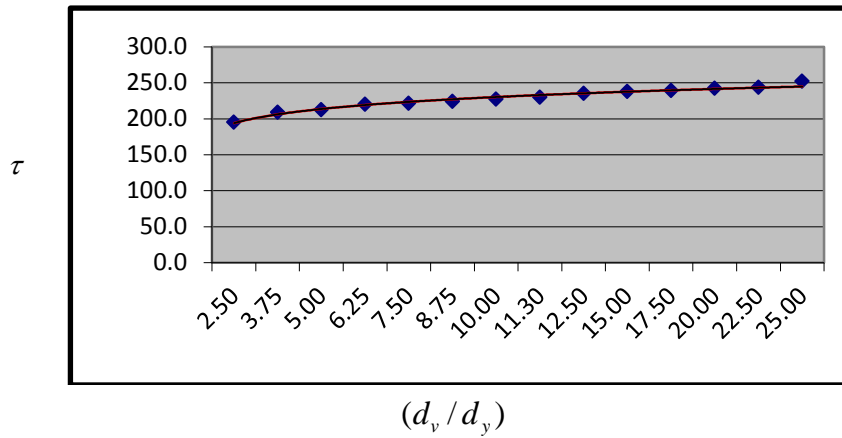


Figura K. Reograma de salsa de alcachofa “T₄”.

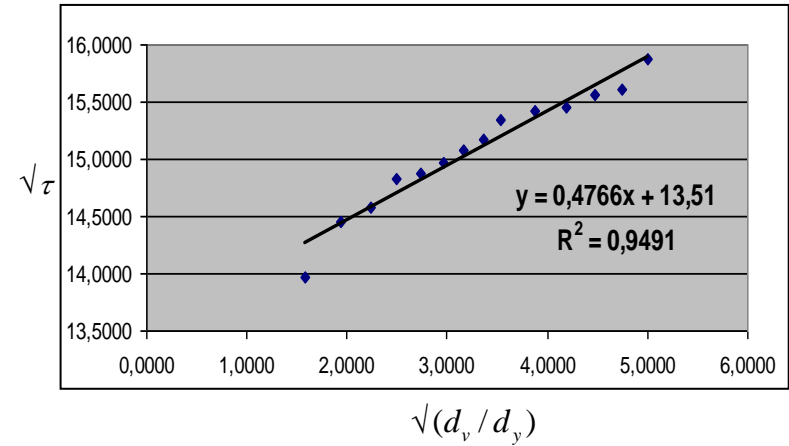


Figura L. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{(d_v / d_y)}$ de la salsa de alcachofa “T₄”.

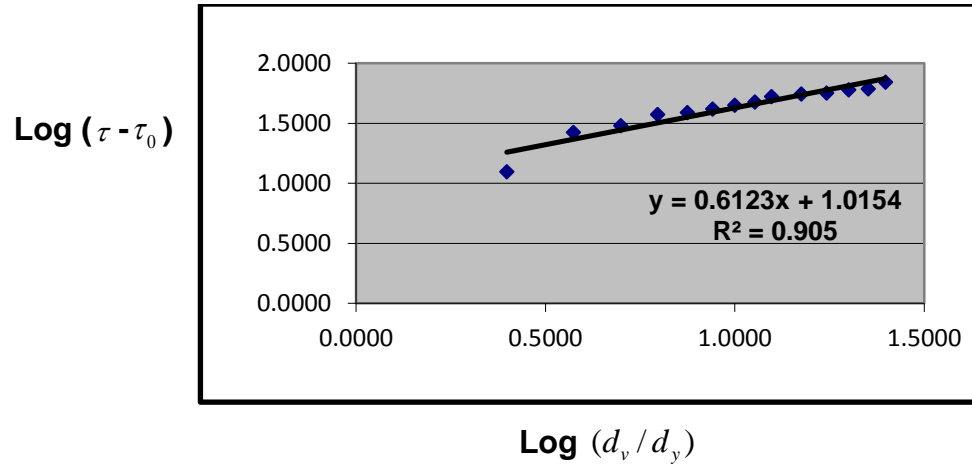


Figura M. $\text{Log}(\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log}(d_v / d_y)$ de la salsa de alcachofa “T₄”.

$$\tau = \tau_0 + \kappa \cdot (d_v / d_y)^n$$

$$n = 0,6123$$

$$\text{Log } k = 1,0154$$

$$k = 10,3610$$

$$\tau_0 = 182,5201$$

**Cuadro G. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 0,5% CMC y 0,5% GOMA XANTAN
(Tratamiento 5) a 25 °C.**

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m²)	(d_v/d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v/d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v/d_y)
5	43.5	85400	143.1	1.25	11.9624	1.1180	0.7083	0.0969
10	59.1	58300	156.0	2.50	12.4900	1.5811	1.2555	0.3979
15	67.9	45800	171.0	3.75	13.0767	1.9365	1.5186	0.5740
20	70.5	36300	178.0	5.00	13.3417	2.2361	1.6021	0.6990
25	72.5	30120	180.3	6.25	13.4276	2.5000	1.6264	0.7959
30	74.5	25033	186.7	7.50	13.6638	2.7386	1.6876	0.8751
35	76.4	22000	191.5	8.75	13.8384	2.9580	1.7284	0.9420
40	77.3	19350	192.0	10.00	13.8564	3.1623	1.7325	1.0000
45	77.9	17600	196.2	11.30	14.0071	3.3615	1.7650	1.0531
50	78.1	15800	197.0	12.50	14.0357	3.5355	1.7709	1.0969
60	80.4	13450	200.5	15.00	14.1598	3.8730	1.7959	1.1761
70	81.5	11971	206.0	17.50	14.3527	4.1833	1.8326	1.2430
80	82.2	10300	207.5	20.00	14.4049	4.4721	1.8420	1.3010
90	83.6	9300	209.5	22.50	14.4741	4.7434	1.8544	1.3522
100	85.1	8490	215.6	25.00	14.6833	5.0000	1.8899	1.3979

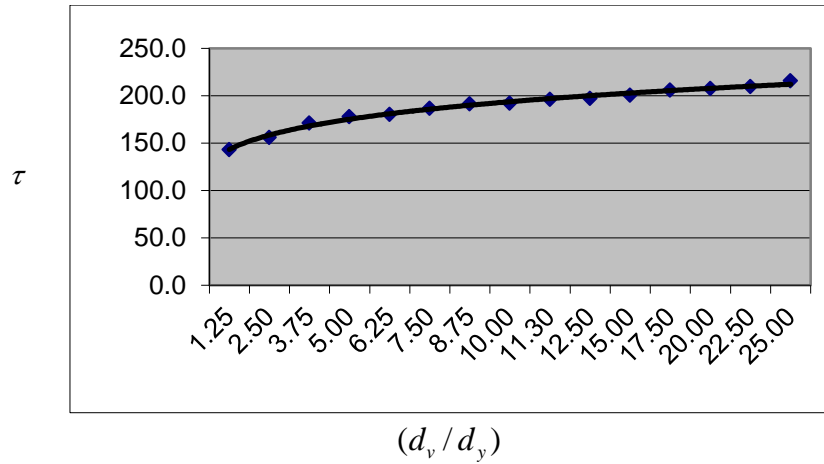


Figura N. Reograma de salsa de alcachofa “T5”.

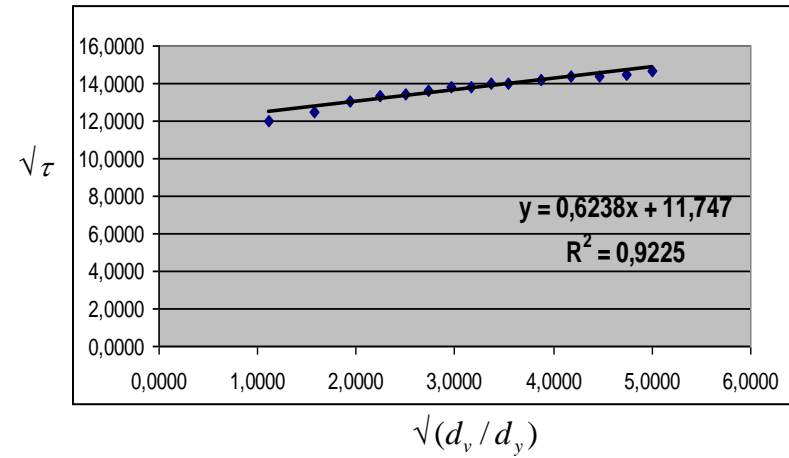


Figura O. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{(d_v / d_y)}$ de la salsa de alcachofa “T5”.

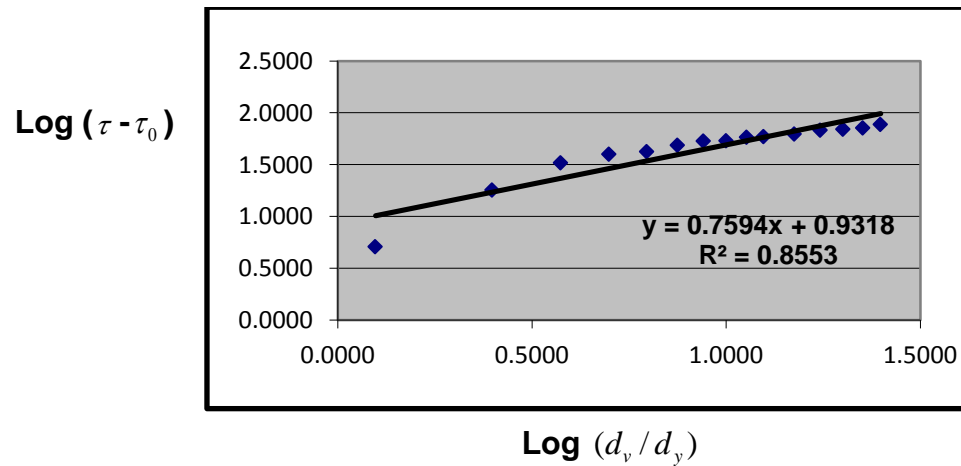


Figura P. $\text{Log}(\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log}(d_v / d_y)$ de la salsa de alcachofa “T5”.

$$\tau = \tau_0 + \kappa \cdot (d_v / d_y)^n$$

$$n = 0,7594$$

$$\text{Log } k = 0,9318$$

$$k = 8,5467$$

$$\tau_0 = 137,9920$$

Cuadro H. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 0,5% GOMA GUAR y 0,5% GOMA XANTANA (Tratamiento 6) a 25 °C.

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m²)	(d_v/d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v/d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v/d_y)
10	68.8	69100	180.0	2.50	13.4164	1.5811	0.9867	0.3979
15	74.5	50600	190.3	3.75	13.7949	1.9365	1.3010	0.5740
20	77.1	39150	194.0	5.00	13.9284	2.2361	1.3747	0.6990
25	78.2	32000	196.2	6.25	14.0071	2.5000	1.4133	0.7959
30	78.6	26400	197.2	7.50	14.0428	2.7386	1.4297	0.8751
35	79.2	23143	201.0	8.75	14.1774	2.9580	1.4871	0.9420
40	80.7	20375	202.0	10.00	14.2127	3.1623	1.5010	1.0000
45	81.5	18400	206.5	11.30	14.3701	3.3615	1.5587	1.0531
50	82.1	16800	207.0	12.50	14.3875	3.5355	1.5646	1.0969
60	82.7	14100	209.5	15.00	14.4741	3.8730	1.5933	1.1761
70	84.9	12271	213.8	17.50	14.6219	4.1833	1.6385	1.2430
80	86.3	10750	214.2	20.00	14.6356	4.4721	1.6424	1.3010
90	87.7	9811	217.0	22.50	14.7309	4.7434	1.6693	1.3522
100	88.4	8900	219.0	25.00	14.7986	5.0000	1.6875	1.3979

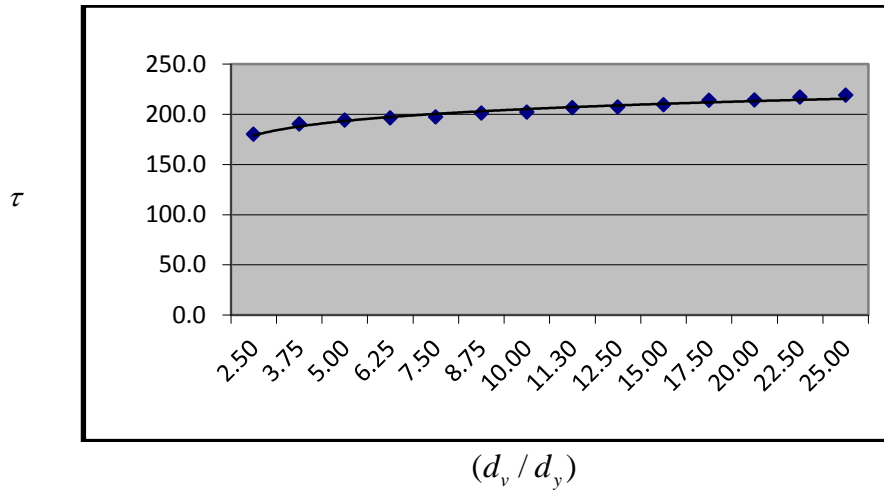


Figura Q. Reograma de salsa de alcachofa “T₆”.

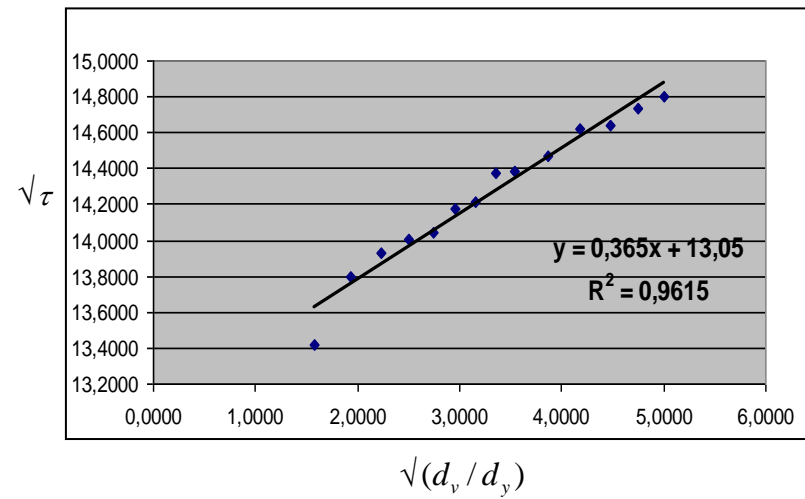


Figura R. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{(d_v / d_y)}$ de la salsa de alcachofa “T₆”.

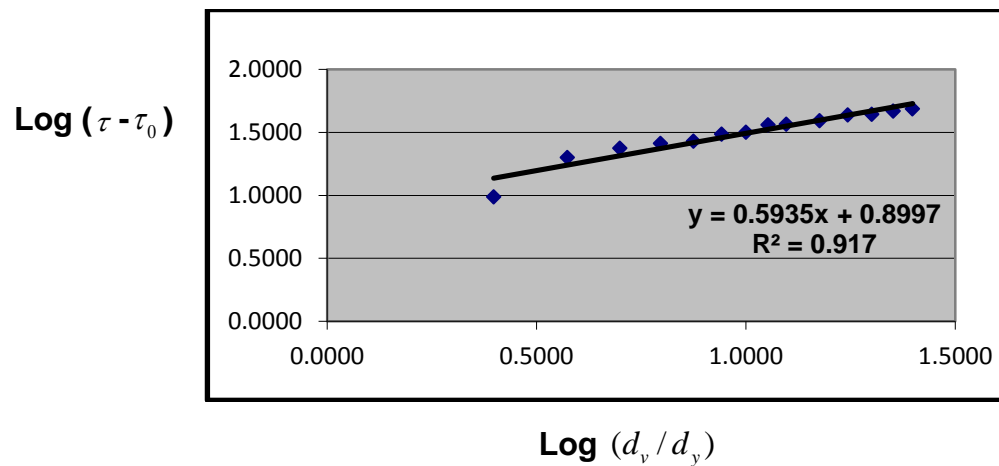


Figura S. $\text{Log}(\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log}(d_v / d_y)$ de la salsa de alcachofa “T₆”.

$$\tau = \tau_0 + \kappa \cdot (d_v / d_y)^n$$

$$n = 0,5935$$

$$\text{Log } k = 0,8997$$

$$k = 7,9378$$

$$\tau_0 = 170,3025$$

Cuadro I. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 0,33% CMC, 0,33% GOMA GUAR y 0,33% GOMA XANTANA (Tratamiento 7) a 25 °C.

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m²)	(d_v/d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v/d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v/d_y)
4	59.4	147000	161.2	1.00	12.6965	1.0000	1.4304	0.0000
5	65.1	129000	174.5	1.25	13.2098	1.1180	1.6047	0.0969
10	81.2	81400	190.2	2.50	13.7913	1.5811	1.7477	0.3979
15	88.6	59800	204.3	3.75	14.2934	1.9365	1.8454	0.5740
20	92.4	47500	221.0	5.00	14.8661	2.2361	1.9382	0.6990
25	93.3	37600	236.0	6.25	15.3623	2.5000	2.0075	0.7959
30	94.4	32100	243.7	7.50	15.6109	2.7386	2.0392	0.8751
35	96.4	27686	248.0	8.75	15.7480	2.9580	2.0559	0.9420
40	99.1	24900	252.0	10.00	15.8745	3.1623	2.0709	1.0000
45	99.6	22000	254.5	11.30	15.9531	3.3615	2.0801	1.0531

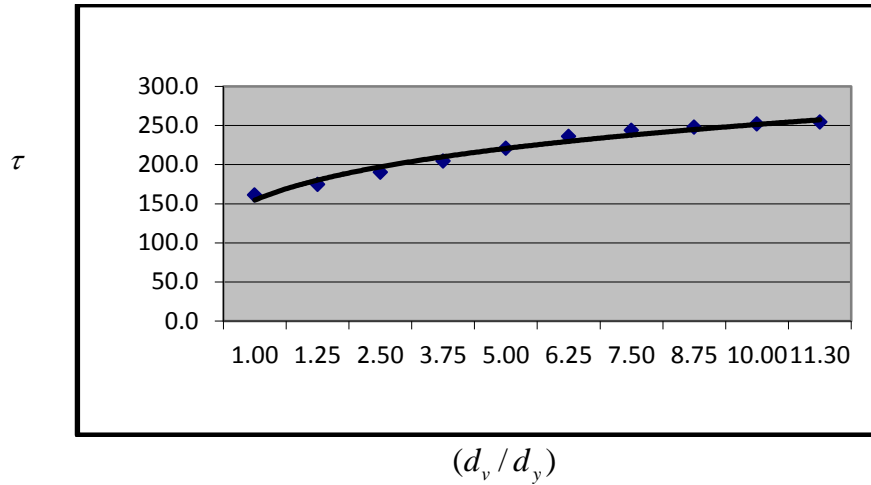


Figura T. Reograma de salsa de alcachofa “T₇”.

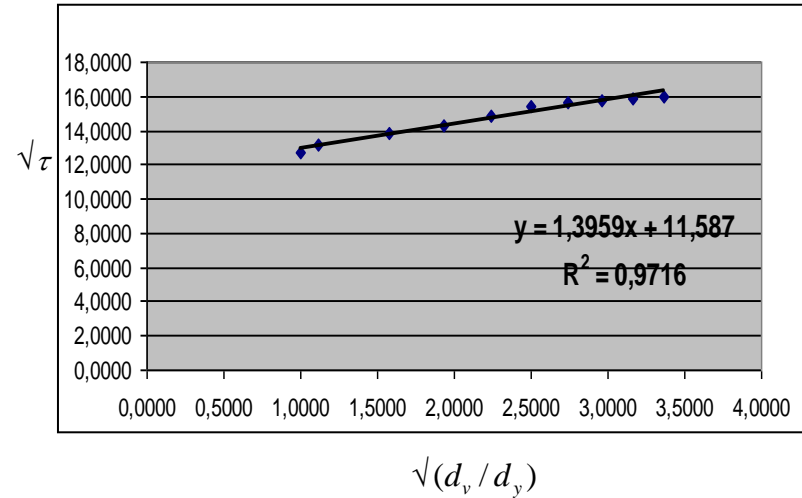


Figura U. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{(d_v / d_y)}$ de la salsa de alcachofa “T₇”.

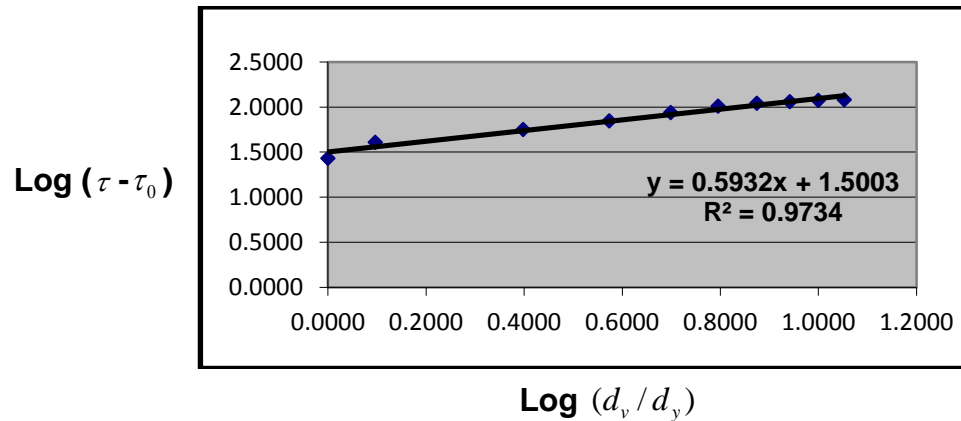


Figura V. $\text{Log}(\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log}(d_v / d_y)$ de la salsa de alcachofa “T₇”.

$$\tau = \tau_0 + \kappa.(d_v / d_y)^n$$

$$n = 0,5932$$

$$\text{Log } k = 1,5003$$

$$k = 31,6446$$

$$\tau_0 = 134,2586$$

Cuadro J. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 0,67% CMC, 0,17% GOMA GUAR y 0,17% GOMA XANTANA (Tratamiento 8) a 25 °C.

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m²)	(d_v/d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v/d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v/d_y)
4	67.0	167000	156.0	1.00	12.4900	1.0000	1.4761	0.0000
5	73.5	147000	169.0	1.25	13.0000	1.1180	1.6328	0.0969
10	88.2	91300	197.0	2.50	14.0357	1.5811	1.8508	0.3979
15	91.2	65000	203.0	3.75	14.2478	1.9365	1.8861	0.5740
20	94.6	48100	221.0	5.00	14.8661	2.2361	1.9774	0.6990
25	95.1	39000	237.0	6.25	15.3948	2.5000	2.0451	0.7959
30	96.3	32100	247.0	7.50	15.7162	2.7386	2.0825	0.8751
35	97.2	27500	249.0	8.75	15.7797	2.9580	2.0897	0.9420
40	98.9	24850	255.0	10.00	15.9687	3.1623	2.1104	1.0000

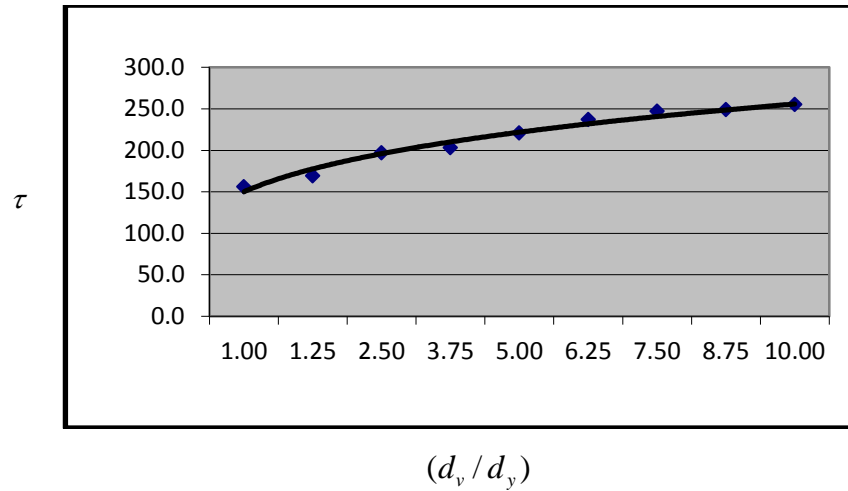


Figura W. Reograma de salsa de alcachofa “T₈”.

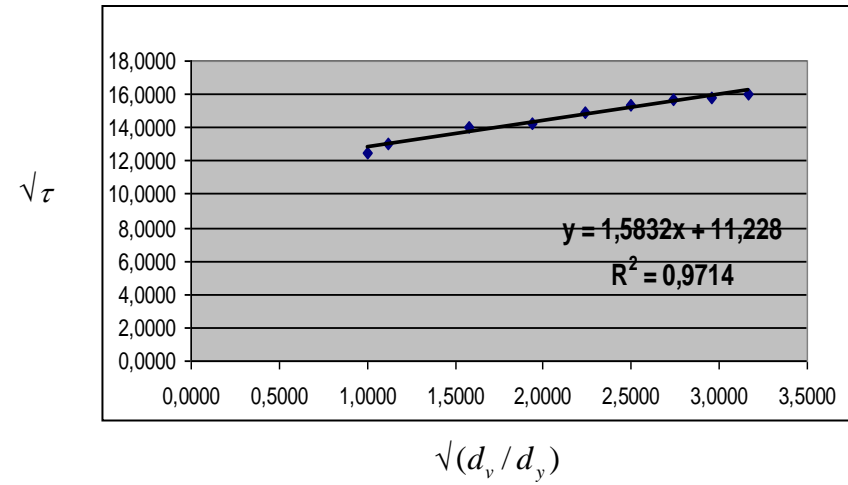


Figura X. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{(d_v/d_y)}$ de la salsa de alcachofa “T₈”.

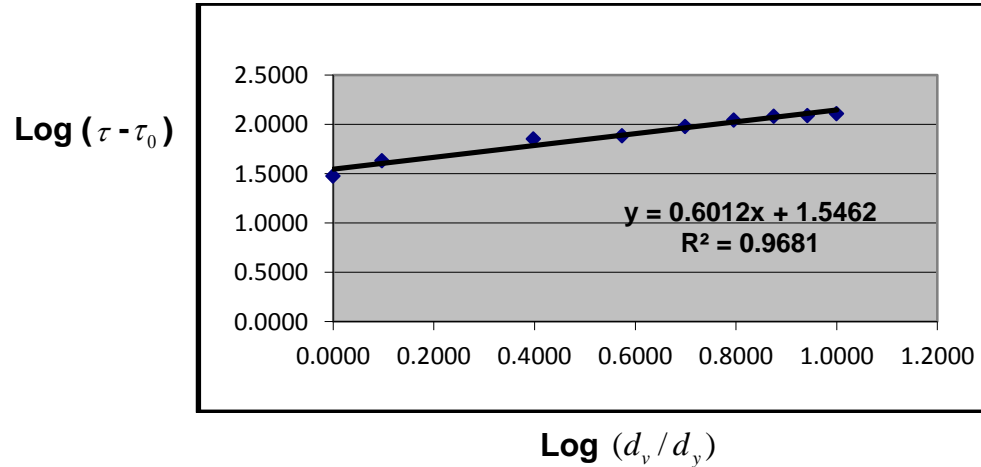


Figura Y. $\text{Log}(\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log}(d_v/d_y)$ de la salsa de alcachofa “T₈”.

$$\tau = \tau_0 + \kappa \cdot (d_v/d_y)^n$$

$$n = 0,6012$$

$$\text{Log } k = 1,5462$$

$$k = 35,1722$$

$$\tau_0 = 126,0680$$

Cuadro K. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 0,17% CMC, 0,67% GOMA GUAR y 0,17% GOMA XANTANA (Tratamiento 9) a 25 °C.

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m²)	(d_v/d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v/d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v/d_y)
5	59,0	116000	149,2	1,25	12,2147	1,1180	1,1017	0,0969
10	71,3	73100	180,1	2,50	13,4201	1,5811	1,6389	0,3979
15	77,8	52000	193,5	3,75	13,9104	1,9365	1,7554	0,5740
20	81,0	41300	207,0	5,00	14,3875	2,2361	1,8478	0,6990
25	82,8	33800	210,5	6,25	14,5086	2,5000	1,8689	0,7959
30	86,1	28300	214,0	7,50	14,6287	2,7386	1,8890	0,8751
35	87,6	25314	223,0	8,75	14,9332	2,9580	1,9367	0,9420
40	90,3	22600	225,0	10,00	15,0000	3,1623	1,9466	1,0000
45	92,0	20289	230,0	11,30	15,1658	3,3615	1,9705	1,0531
50	96,5	18640	2340	12,50	15,2971	3,5355	1,9887	1,0969
60	98,5	16550	246,1	15,00	15,6876	3,8730	2,0396	1,1761
70	99,1	14100	248,0	17,50	15,7480	4,1833	2,0470	1,2430

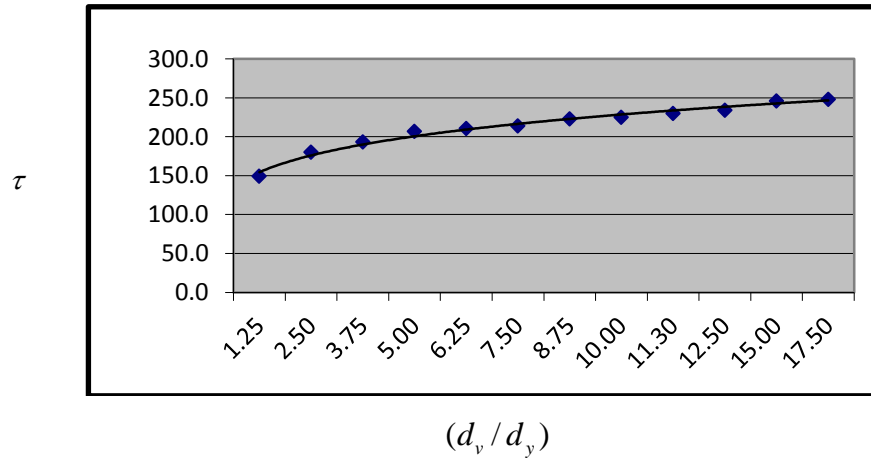


Figura Z. Reograma de salsa de alcachofa "T9".

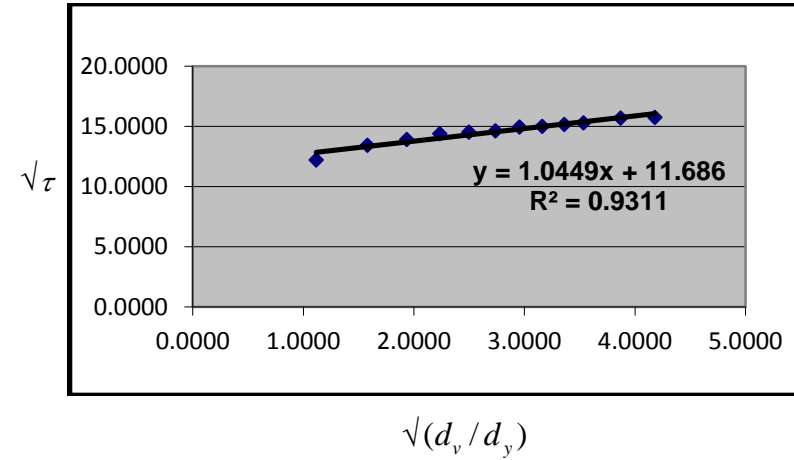


Figura A'. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{(d_v/d_y)}$ de la salsa de alcachofa "T9".

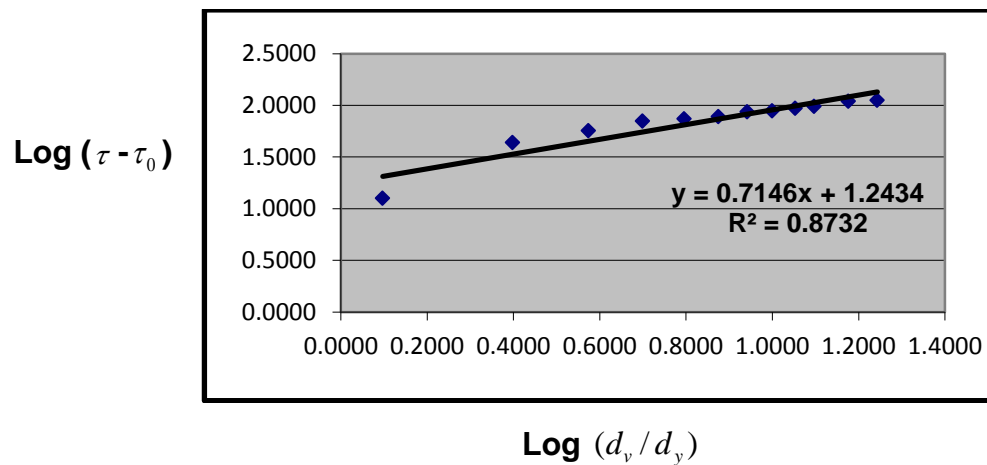


Figura B'. $\text{Log}(\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log}(d_v/d_y)$ de la salsa de alcachofa "T9".

$$\tau = \tau_0 + \kappa.(d_v/d_y)^n$$

$$n = 0,7146$$

$$\text{Log } k = 1,2434$$

$$k = 17,5145$$

$$\tau_0 = 136,5626$$

Cuadro L. Comportamiento reológico de salsa de alcachofa con 0,17% CMC, 0,17% GOMA GUAR y 0,67% GOMA XANTANA (Tratamiento 10) a 25 °C.

(rpm)	Torque (%)	μ (mPa.s)	τ (N/m²)	(d_v/d_y) (1/s)	$\sqrt{\tau}$	$\sqrt{(d_v/d_y)}$	Log ($\tau - \tau_0$)	Log (d_v/d_y)
4	56,2	141000	141,3	1,00	11,8870	1,0000	1,4602	0,0000
5	60,3	121000	160,3	1,25	12,6610	1,1180	1,6799	0,0969
10	73,6	74400	184,0	2,50	13,5647	1,5811	1,8546	0,3979
15	78,3	52800	197,0	3,75	14,0357	1,9365	1,9271	0,5740
20	84,9	42350	211,5	5,00	14,5430	2,2361	1,9959	0,6990
25	90,1	35640	223,3	6,25	14,9432	2,5000	2,0448	0,7959
30	94,3	31600	238,5	7,50	15,4434	2,7386	2,1006	0,8751
35	97,8	28000	246,0	8,75	15,6844	2,9580	2,1257	0,9420
40	98,5	24975	248,0	10,00	15,7480	3,1623	2,1321	1,0000

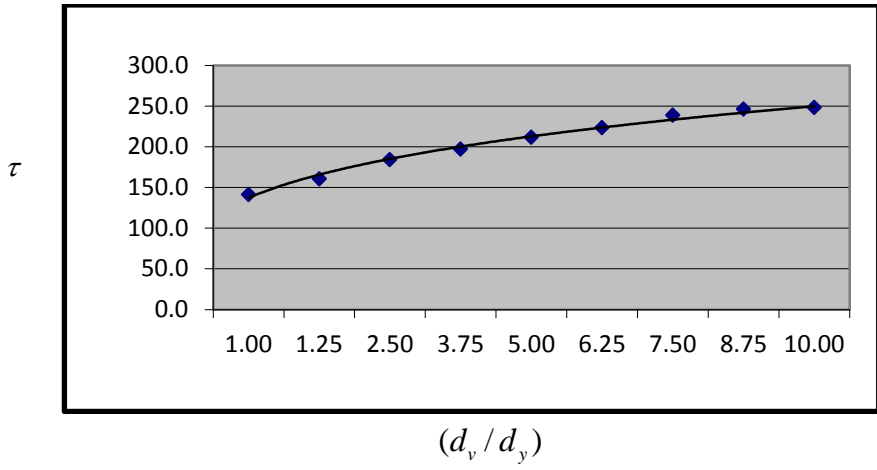


Figura C'. Reograma de salsa de alcachofa "T₁₀".

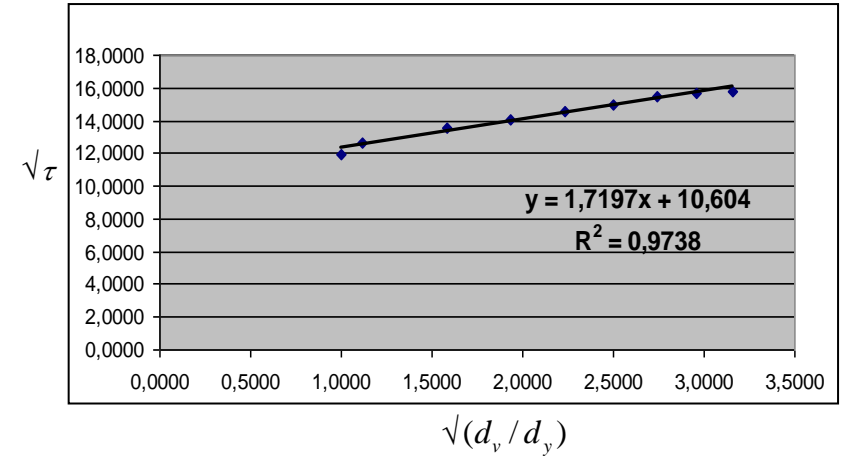


Figura D'. $\sqrt{\tau}$ vs. $\sqrt{(d_v / d_y)}$ de la salsa de alcachofa "T₁₀".

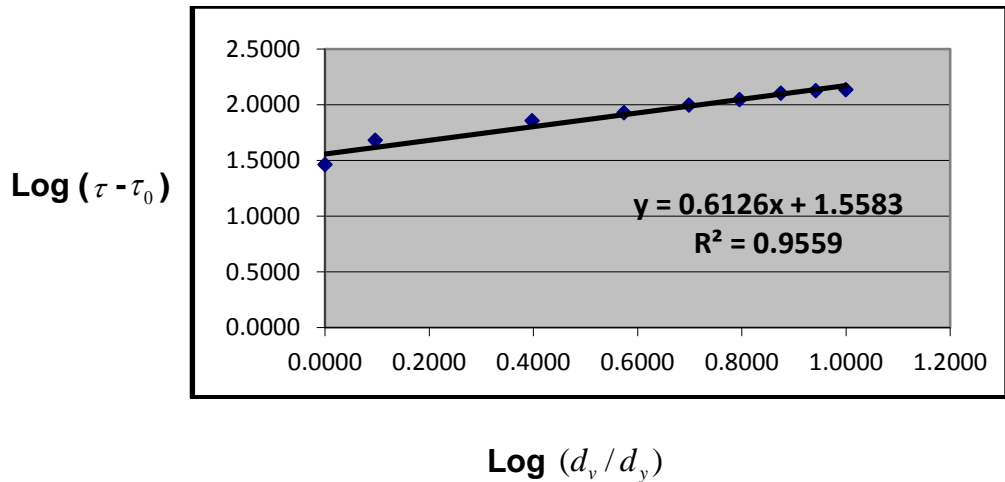


Figura E'. $\text{Log}(\tau - \tau_0)$ vs. $\text{Log}(d_v / d_y)$ de la salsa de alcachofa "T₁₀".

$$\tau = \tau_0 + \kappa \cdot (d_v / d_y)^n$$

$$n = 0,6126$$

$$\text{Log } k = 1,5583$$

$$k = 36,1660$$

$$\tau_0 = 112,4448$$

Cuadro M. Consistencia sensorial evaluada por 40 panelistas no entrenados de edades entre 18 – 45 años.

Nº JUEZ	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
1	7	6	4	8	7	8	2	3	3	4
2	4	7	7	8	6	8	5	8	8	7
3	7	6	8	8	7	7	5	6	3	7
4	7	9	7	8	6	8	5	5	7	7
5	7	6	6	7	7	7	5	8	6	5
6	6	6	4	5	5	5	6	7	5	4
7	6	7	8	8	6	6	7	7	5	7
8	5	4	4	6	7	3	2	3	4	3
9	8	6	8	7	4	4	5	7	7	4
10	8	6	5	7	5	6	4	2	5	6
11	6	9	5	5	6	5	5	7	7	5
12	7	9	9	7	8	5	6	7	4	5
13	9	6	9	8	8	8	9	7	8	7
14	7	6	5	6	7	7	6	8	5	7
15	8	9	7	6	5	7	7	9	7	8
16	9	8	8	9	8	7	9	8	8	9
17	5	7	6	6	4	7	3	3	5	4
18	4	5	4	5	4	3	5	6	5	7
19	6	3	5	4	7	5	7	6	5	4
20	6	7	3	7	8	7	3	3	2	4
21	4	8	7	8	7	8	0	7	7	5
22	6	6	8	7	6	8	4	7	3	6
23	7	9	7	8	5	7	5	5	7	7
24	8	5	7	7	5	6	5	8	6	5
25	7	6	5	6	6	6	6	6	5	4
26	6	6	8	8	6	7	6	7	4	7
27	6	5	5	5	7	3	2	4	4	3
28	7	5	8	8	5	4	5	6	6	5
29	8	6	4	7	6	5	4	2	7	6
30	7	8	5	5	5	6	6	7	8	6
31	7	9	9	8	7	5	7	8	5	5
32	9	7	9	8	8	8	9	7	8	8
33	6	6	5	5	8	7	7	9	6	7
34	8	9	7	7	6	8	6	8	7	8
35	9	8	7	9	7	6	9	8	7	9
36	8	7	5	8	6	4	7	3	8	8
37	4	7	6	7	4	8	7	8	7	7
38	7	8	8	7	7	6	6	8	7	6
39	6	6	6	5	8	7	7	7	4	7
40	8	5	8	6	8	8	6	7	7	5
Σ	270	268	256	274	252	250	220	252	232	238
X	6.75	6.70	6.40	6.85	6.30	6.25	5.64	6.30	5.80	5.95

Cuadro N. Prueba de Willcoxon para la consistencia sensorial.

Tratamientos	Z	p	Conclusión	
T ₁	T ₂	-192,000	0,848	
	T ₃	-1083,000	0,279	
	T ₄	-27,000	0,978	
	T ₅	-1600,000	0,109	
	T ₆	-1734,000	0,083	
	T ₇	-3774,000	0,000	Diferencia significativa
	T ₈	-1168,000	0,243	
	T ₉	-3166,000	0,002	Diferencia significativa
	T ₁₀	-2676,000	0,007	Diferencia significativa
	T ₂	T ₃	-678,000	0,498
T ₄		-859,000	0,390	
T ₅		-1208,000	0,227	
T ₆		-1515,000	0,130	
T ₇		-3111,000	0,002	Diferencia significativa
T ₈		-980,000	0,327	
T ₉		-2909,000	0,004	Diferencia significativa
T ₁₀		-2783,000	0,005	Diferencia significativa
T ₃	T ₄	-1735,000	0,083	
	T ₅	-391,000	0,696	
	T ₆	-354,000	0,723	
	T ₇	-2786,000	0,005	Diferencia significativa
	T ₈	-425,000	0,671	
	T ₉	-1730,000	0,084	
	T ₁₀	-1435,000	0,151	
T ₄	T ₅	-1972,000	0,049	
	T ₆	-2211,000	0,027	Diferencia significativa
	T ₇	-3439,000	0,001	Diferencia significativa
	T ₈	-1194,000	0,232	
	T ₉	-3191,000	0,001	Diferencia significativa
	T ₁₀	-3074,000	0,002	Diferencia significativa

...Continúa

Cuadro N. Prueba de Wilcoxon para la consistencia sensorial (Continuación)

Tratamientos		Z	p	Conclusión
T ₅	T ₆	0,000	1,000	
	T ₇	-2040,000	0,041	Diferencia significativa
	T ₈	-313,000	0,754	
	T ₉	-1331,000	0,183	
	T ₁₀	-1071,000	0,284	
T ₆	T ₇	-1,756	0,079	
	T ₈	-516,000	0,606	
	T ₉	-1058,000	0,290	
	T ₁₀	-1189,000	0,235	
T ₇	T ₈	-2518,000	0,012	Diferencia significativa
	T ₉	-756,000	0,450	
	T ₁₀	-1669,000	0,095	
T ₈	T ₉	-1724,000	0,085	
	T ₁₀	-1520,000	0,128	
T ₉	T ₁₀	-518,000	0,604	

Anexo III

FORMATO PARA LA EVALUACION DE LA CONSISTENCIA SENSORIAL DE LAS SALSAS DE ALCACHOFA

Producto: Salsa de Alcachofa

Pruebe la muestra de salsa de alcachofa que se le presenta e indique, según la escala, su aceptación en función de la **consistencia**.

Marque con un aspa el renglón que corresponda a la calificación para la muestra indicada.

Escala	MUESTRA
Me gusta muchísimo	_____
Me gusta mucho	_____
Me gusta	_____
Me gusta ligeramente	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____
Me disgusta ligeramente	_____
Me disgusta	_____
Me disgusta mucho	_____
Me disgusta muchísimo	_____
Comentarios:	

GRACIAS

Figura F'. Formato para la evaluación de la consistencia sensorial de las salsas de alcachofa.

ANEXO IV**FICHA TÉCNICA DE LA CARBOXIMETIL CELULOSA (CMC)****GELYCEL F1-4000 - Especificación 10031**

- 1. Nombre del Producto:** Carboximetil Celulosa de Sodio (CMC)

- 2. Descripción:** Eter celulósico de carácter aniónico, soluble en agua, usado en la industria como estabilizante y espesante de alimentos.

- 3. Características Fisicoquímicas**

 Humedad: 8,0 Máximo
 Pureza: 99,5 Mínimo
 DS: 0,70-0,90
 PH solución 1%: 6,5 – 8,5
 Viscosidad LVF 1%,cps 25°C : 3000 – 4000
 Retención (w/w) M-40 10,00 Máximo
 Retención (w/w) M-80 50,00 Máximo

- 4. Características Sensoriales**

 Color: Crema – blanco
 Olor: Inoloro
 Sabor: Insaboro
 Textura: Polvo fino

- 5. Consumidores Potenciales:** Este tipo de CMC es utilizada como espesante, estabilizante y agente de retención de agua en las industrias alimenticias.

6. Empaque y Presentación: a) Sacos de 25 kg con bolsa interior de polietileno y bolsa exterior de polipropileno o empaque de papel valvulado con liner interno para la protección de humedad. b) Bolsas de 1 kg aluminizado. Los empaques están marcados con el logotipo de Química Amtex S.A. y la lectura Medellín – Colombia, además el nombre del producto, el número de especificación, la fecha de elaboración y vencimiento, opcionalmente el destino y el número de lote compuesto de cuatro cifras las tres primeras corresponden al consecutivo de elaboración y el último número a la última cifra del año. Ejemplo: 11506, sería el lote número 115 del año 2006.

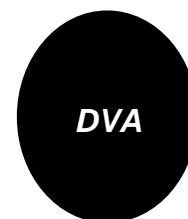
7. Almacenamiento

Almacénese en sitio fresco y seco; no almacenar a la intemperie. La CMC es un sólido higroscópico que puede absorber humedad del ambiente por lo tanto se deben mantener los sacos cerrados. En cuanto se abran y se consuman parcialmente es necesario volverlo a cerrar lo más herméticamente posible.

8. Vida Útil

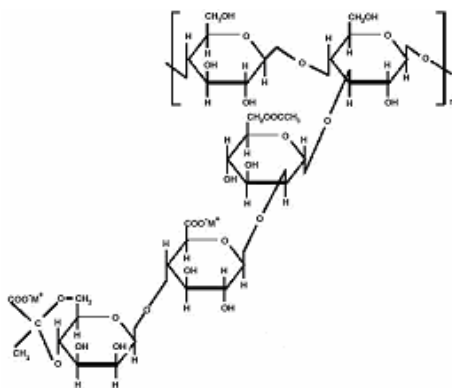
La vida útil de la CMC es de 24 meses (manteniendo sus características de fabricación). Más allá de ese tiempo, requiere de una medición de sus principales características (nuevo certificado de análisis emitido por nuestro laboratorio).

NOTA: Esta información está basada en nuestro estado presente de conocimiento. Por lo tanto no debería ser interpretada como garantía de las propiedades específicas de los productos descritos o su conveniencia para un uso particular.

ANEXO V**FICHA TECNICA DE GOMA GUAR**

- 1. Nombre del Producto:** Guar Gum – NEEPO 250F
(Código HS: 13023230)
- 2. Composición:** Guar gum NEEPOTM 250F es un fino polvo blanco cremoso extraído de la semilla de guar. Soluble en agua fría y caliente y brinda viscosidades de 5000 cps después de hidratarse por dos horas.
- 3. Tratamiento Tecnológico:** Extracción de la semilla y sometido a una detección de metales.
- 4. Empaque y Presentación:** Bolsas de 25 kg de papel reforzado con polilyner.
- 5. Condiciones de almacenamiento y distribución:** Almacenar en un lugar fresco y seco. No exponer a altas temperaturas ni humedad.
- 6. Vida útil:** 18 meses.
- 7. Instrucciones de uso:** Alimento antiséptico.
- 8. Área de aplicación:** Principalmente la industria alimentaria.
- 9. Legislación actual:** E142 Agente Espesante

ANEXO VI
FICHA TECNICA DE GOMA XANTANA: GRADO ALIMENTICIO



1. Descripción del producto: La goma xantana puede ser ampliamente utilizada como espesante, posee alta eficiencia como agente de suspensión y emulsificador, proporcionando alta viscosidad en varios tipos de comidas y bebidas. La goma xantana es soluble en agua fría.

2. Especificaciones técnicas

PARAMETRO	RESULTADOS
Apariencia	Polvo Blanco – ligeramente amarillo, Inodoro
Solubilidad	Completamente soluble en agua caliente o fría
Tamaño de partícula	Min. 95% / malla 200
pH (1%)	6-8
Humedad (%)	≤ 13
Malla (mesh)	200
viscosidad (1% solución, 60rpm, spindle #3) cps	1200-1600
Arsénico (ppm)	<3
Plomo (ppm)	<3
Metales pesados (ppm)	<20
E.coli	Ausencia/25g
Salmonella	Ausencia/25g
Hongos y levaduras(ufc/g)	Máx. 100
Staphylococcus aureus (ufc/g)	Ausencia/100g
Plate Count /g	< 2000

3. Presentación: Tambores de fibra de cartón de 25 Kg con interior de bolsas de polietileno.

4. Tiempo de vida útil: 24 meses.

ANEXO VII

Determinación de costos de insumos de salsas de alcachofa con diferentes hidrocoloides.

Cuadro P. Costo de los hidrocoloides empleados en el estudio, ponderado a Octubre del año 2012.

%	Goma	Mezcla	Costo (S./kg)
100	Carboximetilcelulosa	-	21,85
100	Goma guar	-	7,53
100	Goma xantana	-	14,77

Fuente: Montana (2012).

Cuadro Q. Costo de insumos de 1 kg de salsa de alcachofa con adición de 1% de CMC.

INGREDIENTE	CANTIDAD (%)	CANTIDAD (1 kg PT)	COSTO DE INSUMO (S/. kg ⁻¹)
Alcachofa (Hojas)	30,00	0,30	2,90
Alcachofa (Fondos)	35,00	0,35	2,40
Aceituna verde	6,00	0,06	0,90
Vinagre de uva	1,50	0,02	0,30
Zumo de limón	2,00	0,02	0,33
Aceite de oliva	3,00	0,03	0,75
Aceite de girasol	3,00	0,03	0,18
Agua	15,00	0,15	0,30
Sal	1,00	0,01	0,01
Azúcar	1,00	0,01	0,02
Especias	1,40	0,01	0,07
Conservante	0,10	0,00	0,03
Hidrocoloide	1,00	0,01	0,22
TOTAL	100,00	1,00	8,41

Cuadro R. Costo de insumos de 1 kg de salsa de alcachofa con adición de 1% de goma guar.

INGREDIENTE	CANTIDAD (%)	CANTIDAD (1 kg PT)	COSTO DE INSUMO (S/. kg ⁻¹)
Alcachofa (Hojas)	30,00	0,30	2,90
Alcachofa (Fondos)	35,00	0,35	2,30
Aceituna verde	6,00	0,06	0,90
Vinagre de uva	1,50	0,02	0,30
Zumo de limón	2,00	0,02	0,33
Aceite de oliva	3,00	0,03	0,75
Aceite de girasol	3,00	0,03	0,18
Agua	15,00	0,15	0,30
Sal	1,00	0,01	0,01
Azúcar	1,00	0,01	0,02
Especias	1,40	0,01	0,07
Conservante	0,10	0,00	0,03
Hidrocoloide	1,00	0,01	0,08
TOTAL	100,00	1,00	8,26

Cuadro S. Costo de insumos de 1 kg de salsa de alcachofa con adición de 1% de goma xantana.

INGREDIENTE	CANTIDAD (%)	CANTIDAD (1 kg PT)	COSTO DE INSUMO (S/. kg ⁻¹)
Alcachofa (Hojas)	30,00	0,30	2,90
Alcachofa (Fondos)	35,00	0,35	2,40
Aceituna verde	6,00	0,06	0,90
Vinagre de uva	1,50	0,02	0,30
Zumo de limón	2,00	0,02	0,33
Aceite de oliva	3,00	0,03	0,75
Aceite de girasol	3,00	0,03	0,18
Agua	15,00	0,15	0,30
Sal	1,00	0,01	0,01
Azúcar	1,00	0,01	0,02
Especias	1,40	0,01	0,07
Conservante	0,10	0,00	0,03
Hidrocoloide	1,00	0,01	0,15
TOTAL	100,00	1,00	8,34

ANEXO VIII

Métodos para la determinación de pH, acidez, sólidos solubles, sólidos totales, cenizas y cloruros.

➤ **Método para la determinación del pH (A.O.A.C., 1995)**

Procedimiento:

- Colocar en un vaso de precipitación 10 g de muestra a 20 °C.
- Sumergir la membrana del vidrio del pH – metro.
- Tomar lectura cuando se establezca la medida.

➤ **Método para la determinación de acidez titulable (A.O.A.C., 1995)**

Procedimiento:

- Colocar 10 g de muestra a 20 °C en un matraz de 50 mL
- Se enrasa a 50 mL con agua destilada y homogenizar.
- Titular con una solución de NaOH 0,1 N y utilizar fenolftaleína como indicador hasta que vire la muestra a un color rosa tenue.
- La acidez titulable se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\% AT = \frac{V * N * E}{10A} * 100$$

Donde:

AT : Acidez titulable (%)

V : Gasto de NaOH en la titulación (mL)

N : Normalidad del NaOH

E : Miliequivalente (factor)

A : gramos de muestra

➤ **Método para la determinación de sólidos solubles (A.O.A.C., 1995)**

Procedimiento:

- Colocar 2 a 3 g de muestra a 20 °C en el visor del refractómetro.
- Tomar la lectura directa de la concentración de sólidos solubles expresado en °Brix.

➤ **Método para la determinación de sólidos totales (A.O.A.C., 1995)**

Procedimiento:

- Se coloca la muestra a secar en la estufa, luego se deja enfriar y se pesa.
- Se toma una muestra de 10 g y se coloca en un vaso de precipitación.
- Se evapora en baño maría, los 10 g de muestra hasta que tenga consistencia de jarabe.
- Colocar en la estufa durante tres horas a 120 °C.
- El vaso de precipitación con la muestra seca, se deja enfriar en el desecador y luego se pesa.
- El resultante se expresa en % de extracto seco.

➤ **Método para la determinación de Cenizas (A.O.A.C., 1995)**

Procedimiento:

- Se coloca los crisoles en la mufla a 500 – 600 °C durante una hora.
- Se deja enfriar en un desecador y se pesan.
 - Pesar en ellos 2 a 3 g de muestra o emplear la muestra a la cual se ha determinado el contenido de humedad.

- Carbonizar la muestra en un mechero Bunsen adicionando etanol absoluto o éter dietílico.
- Calentar a 600 °C durante 2 horas.
- Colocar los crisoles en un desecador, enfriar y pesar.
- Calcular el porcentaje de ceniza mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{P_f - P_{\text{crisol}}}{P_{\text{muestra}}} * 100$$

P_f : Peso final (g)

P_{crisol} : Peso del crisol (g)

P_{muestra} : Peso inicial de la muestra (g)

➤ **Método para la determinación de Cloruros (A.O.A.C., 1995)**

Procedimiento:

- Se pesan 5 g de muestra bien homogenizada en un matraz Erlenmeyer y se mezclan con 50 mL de agua destilada.
- El matraz se tapa y se agita el contenido.
- Una vez homogénea, se añaden otros 50 mL de agua destilada y de 7 – 10 gotas de cromato de potasio (K₂CrO₄).
- Agitando constantemente se titula con nitrato de plata (AgNO₃) hasta que se obtenga un color rojo ladrillo que permanezca durante medio minuto.

$$\% \text{Cloruros} = \frac{V * N * E}{10A} * 100$$

AT : Acidez titulable (%)

V : Gasto de AgNO₃ en la titulación (mL)

N : Normalidad del AgNO₃

E : Miliequivalente (factor)

A : gramos de muestra

ANEXO IX

GALERIA DE FOTOGRAFIAS



Figura G'. Alcachofa fresca.



Figura H'. Etapa de selección y clasificación de la alcachofa.



Figura I'. Alcachofas después de la etapa de escaldado.



Figura J'. Corazón de alcachofa.



Figura K'. Cuartos de alcachofa.



Figura M'. Salsas de alcachofa (1% CMC, 1% goma guar y 1% goma xantana).