



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TEMA:

**EVALUACIÓN DEL USO DEL MUCÍLAGO DE CHÍA Y LA
GOMA GUAR EN LA ELABORACIÓN DE MAYONESA**

Trabajo de Titulación, modalidad: Proyecto de investigación, previa la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

AUTORA: MARÍA LUISA MALDONADO HARO

TUTOR: CÉSAR GERMAN

AMBATO – ECUADOR

2015

APROBACIÓN DE TUTOR

En mi calidad de Tutor del proyecto de investigación realizado bajo el tema: **EVALUACIÓN DEL USO DEL MUCÍLAGO DE CHÍA Y LA GOMA GUAR EN LA ELABORACIÓN DE MAYONESA**, elaborado por la Egda. María Luisa Maldonado Haro, estudiante de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos; certifico que dicho proyecto investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a evaluación del Tribunal de Grado, designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, 2015

Ing. César German

TUTOR

AUTORÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los criterios en el presente proyecto de investigación: EVALUACIÓN DEL USO DEL MUCÍLAGO DE CHÍA Y LA GOMA GUAR EN LA ELABORACIÓN DE MAYONESA, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Ambato, 2015

María Luisa Maldonado Haro
AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el proyecto de investigación sobre el tema: **EVALUACIÓN DEL USO DEL MUCÍLAGO DE CHÍA Y LA GOMA GUAR EN LA ELABORACIÓN DE MAYONESA**, desarrollado por la Egda. María Luisa Maldonado Haro; el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, 2015

Para constancia, firman.

DRA. JACQUELINE ORTIZ
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

DR. FREDDY DEL POZO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MSc. LILIANA ACURIO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

*Aunque sientas el cansancio, aunque el triunfo te abandone,
aunque un error te lastime, aunque una traición te hiera,
aunque una ilusión se apague, aunque te ignoren,
aunque la incomprensión corte tu risa, aunque todo parezca nada.
¡Vuelve a empezar!*

Anónimo

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato que por medio de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos me permitió culminar mis estudios.

A todos mis maestros y docentes que durante toda la carrera, me guiaron, formaron y acompañaron.

Al Ing. César German (Tutor), por su paciencia, colaboración y motivación que hicieron posible la culminación de este trabajo.

Al Dr. Ignacio Angós por permitirme contar con su valiosa ayuda, motivación, entereza y sobre todo por siempre velar por mi bienestar tanto profesional como personal.

Al Dr. Ismael Carrillo por brindarme su ayuda en la parte experimental de la investigación.

A la Ing. Liliana Acurio e Ing. Dolores Robalino por su ayuda, sugerencias y conocimientos compartidos durante el proceso de elaboración de la investigación.

Al Ing. Diego Salazar, Ing. Jorge Vélez e Ing. Julio Gutiérrez (+), que a más de ser unos excelentes maestros, supieron brindarme su amistad y sabios consejos durante toda mi vida universitaria.

A mis compañeras(os) y amigas, Alejandra, Daniela, Viviana, Ximena, Vanessa, Johana, Silvia, Verónica, Tatiana, Solange, Alberto, Víctor, Rodrigo y Luis, quienes con una sonrisa supieron alegrarme y brindarme su amistad.

María Luisa

DEDICATORIA

Dios es mi padre y testigo de mi vida, junto a él he podido afrontar y llegar a culminar cada uno de mis objetivos. A mis ángeles que me acompañan siempre desde algún lugar.

Orgullosa me siento en dedicar este trabajo a mis padres: Luisa y Juan, por haberme dado el regalo más grande que es la vida, por enseñarme que todo en esta vida se puede con sacrificio y constancia, que la humildad es lo más importante. Mi madre que más que eso es mi mejor amiga, mi cómplice, mi todo, quien supo decirme en su momento las palabras correctas.

A mi hermano José Antonio que con su ingenuidad y animó nunca me dejó decaer.

A mis abuelitos, Esperanza, Donato, Delia y Arcesio, que con su ternura y amor me han enseñado lo importante de la vida.

A mis hermanas Priscila y Michelle que desde que empecé este camino nunca me han abandonado, con sus palabras siempre oportunas han levantado mi cabeza y me han llenado de apoyo y sobretodo alegría.

A mis tías que han sido mis segundas madres, Teresa y Rosario, siempre presentes.

A mis amigos incondicionales que han llenado de verdad y alegría mi corazón, chicos Central Park.

A cada una de las personas que en su momento supieron brindarme una palabra de aliento y me incentivaron a seguir adelante, porque siempre faltará menos que antes para ese gran día.

María Luisa

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación	1
1.1 Justificación	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos.....	3
2.2 Fundamentación legal	4
2.3 Hipótesis	4
2.4 Señalamiento de variables de la hipótesis	5
2.4.1 Variables independientes.....	5
2.4.2 Variable dependiente	5

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales y métodos	6
3.1.1 Composición de las mayonesas	6
3.1.2 Extracción de mucílago de chía.....	7
3.1.3 Elaboración de las mayonesas	7
3.2 Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH).....	7
3.3 Determinación de propiedades reológicas	8
3.4 Determinación del mejor tratamiento	8
3.5 Determinación de vida útil	8
3.6 Evaluación sensorial de la mejor formulación.....	9

3.7 Procesamiento y análisis estadístico de datos experimentales	9
3.8 Diseño Experimental	9

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis y discusión de los resultados	11
4.1.1 Reología.....	11
4.1.1.1 Obtención de datos reológicos	11
4.1.1.2 Ajuste de modelos reológicos a datos experimentales	12
4.1.2 Determinación de mejor tratamiento	14
4.1.3 Vida útil del mejor tratamiento	15
4.1.4 Evaluación sensorial del mejor tratamiento	18
4.1.5 Estimación del costo de producción del mejor tratamiento	19
4.2 Verificación de hipótesis	20

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	21
5.2 Recomendaciones	22
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
ANEXOS	27-93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación de la mayonesa base (control sin aditivos).....	6
Tabla 2. Formulaciones de mayonesa estudiadas	6
Tabla 3. Determinación de la vida útil de mayonesa elaborada con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar a partir de la evolución en el tiempo del índice de peróxidos a 5, 25 y 35 °C	16
Tabla 4. Costos de producción de 50 kg de mayonesa elaborada con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar en envases de vidrio de 200 g	20
Tabla 5. Datos de pH para cada tratamiento de mayonesas elaboradas.....	29
Tabla 6. Valores de viscosidad aparente de las diferentes formulaciones de mayonesas (μ_F , Pa·s).....	31
Tabla 7. Valores de viscosidad aparente (μ_F) ($Pa \cdot s$) de las diferentes formulaciones de mayonesas	32
Tabla 8. Valores de esfuerzo de corte (σ) (Pa) de las diferentes formulaciones de mayonesas.	35
Tabla 9. Valores de esfuerzo de corte (σ) (Pa) de las diferentes formulaciones de mayonesas	36
Tabla 10. Datos de esfuerzo corte (σ) y gradiente de cizalladura (γ); Réplica 1 de mayonesa sin estabilizante (MSE).	38
Tabla 11. Datos de esfuerzo corte (σ), logaritmicación del gradiente de cizalladura ($\ln\gamma$) y de la diferencia del esfuerzo de corte con el umbral de fluencia.; Réplica 1 de mayonesa sin estabilizante (MSE).	40
Tabla 12. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada sin estabilizante	43
Tabla 13. Parámetros reológicos para la mayonesa formulada con 0,2 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía.	44
Tabla 14. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,5 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía	45
Tabla 15. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,7 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía	46
Tabla 16. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 1 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía	47
Tabla 17. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,2 g·kg ⁻¹ de goma guar.....	48

Tabla 18. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar.....	49
Tabla 19. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,7 g·kg ⁻¹ de goma guar.....	50
Tabla 20. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 1 g·kg ⁻¹ de goma guar.....	51
Tabla 21. Valores de índice de consistencia (k) (Pa.s ⁿ) para cada formulación de mayonesa.....	53
Tabla 22. ANOVA para el índice de consistencia (k) (Pa.s ⁿ)	53
Tabla 23. Valores de índice de comportamiento al flujo (n) para cada tratamiento de mayonesa.....	54
Tabla 24. ANOVA para el índice de comportamiento al flujo (n).....	54
Tabla 25. Datos obtenidos de la valoración de la aceptabilidad de todos los tratamientos más un control externo (mayonesa Maggie)	56
Tabla 26. Análisis de varianza para la aceptabilidad de la consistencia de la mayonesa para cada tratamiento con un control externo (mayonesa Maggie)	57
Tabla 27. Test LSD Fisher, 95 %, para la aceptabilidad de la consistencia de la mayonesa para cada tratamiento con un control externo (mayonesa Maggie)	57
Tabla 28. Consumo de tiosulfato de sodio y peso de las muestras de mayonesa elaboradas con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar durante el estudio de vida útil	59
Tabla 29. Evolución en el tiempo del índice de peróxidos (meq O ₂ ·kg ⁻¹) de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar durante los estudios de vida útil llevados a cabo a 5, 20 y 35 °C.	60
Tabla 30. Análisis de varianza para el índice de peróxidos (meq O ₂ ·kg ⁻¹) de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar durante el estudio de vida útil a 5, 20 y 35 °C.	60
Tabla 31. Evolución en el tiempo del índice de peróxidos (IP) de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar. Transformación de los valores de IP para el cálculo del orden de reacción.	62
Tabla 32. Ecuaciones cinéticas de orden 0 y coeficientes de determinación para el índice de peróxidos (meqO ₂ ·kg ⁻¹) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar	63
Tabla 33 Ecuaciones cinéticas de orden 1 y coeficientes de determinación para el logaritmo neperiano del índice de peróxidos (meqO ₂ ·kg ⁻¹) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar.....	64

Tabla 34. Ecuaciones cinéticas de orden 2 y coeficientes de determinación para el inverso del índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar.	65
Tabla 35. Ecuaciones cinéticas y valores de k (constante de velocidad de reacción)	67
Tabla 36. Valores de tiempo de vida útil para cada temperatura	68
Tabla 37. Valores de velocidad de reacción y temperatura	68
Tabla 38. Datos obtenidos de las cataciones para el parámetro de color de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar (MGG05) en comparación con 2 muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)	71
Tabla 39. Análisis de varianza para las cataciones para el parámetro de color de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar en comparación con 2 muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)	71
Tabla 40. Datos obtenidos de las cataciones para el parámetro de olor de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar (MGG05) en comparación con dos muestras comerciales (Maggie® – Alacena®).....	72
Tabla 41. Análisis de varianza para las cataciones para el parámetro de olor de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar en comparación con dos muestras comerciales (Maggie® – Alacena®).....	72
Tabla 42. Datos obtenidos de las cataciones para el parámetro de sabor de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar (MGG05) en comparación con 2 muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)	73
Tabla 43. Análisis de varianza para las cataciones para el parámetro de sabor de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar en comparación con 2 muestras comerciales (Maggie® – Alacena®).....	73
Tabla 44. Datos obtenidos de las cataciones para el parámetro de consistencia de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar (MGG05) en comparación con dos muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)	74
Tabla 45. Análisis de varianza para las cataciones para el parámetro de consistencia de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar (MGG05) en comparación con dos muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)	74
Tabla 46. Precios unitarios de materiales directos e indirectos para la elaboración de mayonesa.....	76
Tabla 47. Materiales directos e indirectos para la elaboración de 50 kg de mayonesa.	76
Tabla 48. Equipos y utensilios	77
Tabla 49. Suministros	78

Tabla 50. Equipos y utensilios	78
Tabla 51. Costos de producción de 50 kg de mayonesa en envases de 200 g	79
Tabla 52. Hoja de cata para la valoración de aceptabilidad de todos los tratamientos más un control externo.....	83
Tabla 53. Hoja de cata para la valoración de aceptabilidad de todos los tratamientos más dos muestras comerciales.	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reogramas de las diferentes formulaciones de mayonesas. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar. 12

Figura 2. Índice de consistencia promedio e intervalo de confianza LSD de mayonesas elaboradas con mucílago de chíá y goma guar como estabilizadores. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar..... 13

Figura 3. Índice de comportamiento al flujo promedio e intervalo de confianza LSD de mayonesas elaboradas con mucílago de chíá y goma guar como estabilizadores. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar..... 14

Figura 4. Valoración hedónica de la consistencia de mayonesas elaboradas con mucílago de chíá y goma guar como estabilizadores. Valores promedio e intervalos de confianza LSD de 5 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar; Maggie: control comercial..... 15

Figura 5. Índice de peróxidos promedio de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar en función del tiempo a 5, 20 y 35 °C 16

Figura 6. Relación entre la vida útil y la temperatura de almacenamiento de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar. 17

Figura 7. Evaluación sensorial comparativa de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar respecto a dos mayonesas comerciales, Maggie® y Alacena®, líderes

en el mercado. Valores promedio e intervalos de confianza de 20 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. 18

Figura 8. Linealización de datos de esfuerzo de corte vs velocidad de deformación (n); Réplica 1 de mayonesa sin estabilizante (MSE). 39

Figura 9. Determinación de índice de consistencia (k) y índice de comportamiento al flujo (n); Réplica 1 de mayonesa sin estabilizante (MSE). 40

Figura 10. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MSE (Mayonesa sin estabilizante). 43

Figura 11. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chía. 44

Figura 12. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chía 45

Figura 13. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chía 46

Figura 14. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MMC10: mayonesa con 1 g·kg⁻¹ de mucílago de chía 47

Figura 15. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar... 48

Figura 16. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar... 49

Figura 17. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar... 50

Figura 18. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MGG10: mayonesa con 1 g·kg⁻¹ de goma guar..... 51

Figura 19. Linealización del índice de peróxidos (meq O₂·kg⁻¹) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar 63

Figura 20. Linealización del logaritmo neperiano del índice de peróxidos (meq O₂·kg⁻¹) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar..... 64

Figura 21. Linealización del inverso del índice de peróxidos (meq O₂·kg⁻¹) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar..... 65

Figura 22. Linealización del logaritmo neperiano del índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C	67
Figura 23. Logaritmación de la constante de velocidad frente al inverso de la temperatura.....	69
Figura 24. Semillas de chía	86
Figura 25 Agitación de 1:20 chía – agua	86
Figura 26 Tamizado	86
Figura 27. Mucílago de chía.....	86
Figura 28. Pesado previo a la liofilización.....	86
Figura 29. Mucílago liofilizado.....	86
Figura 30. Viscosímetro rotacional Brookfield marca Quimis	87
Figura 31. Rotores	87
Figura 32. Determinación de viscosidad	87
Figura 33. Determinación de pH.....	87
Figura 34. Muestras en cámara a 20 °C	88
Figura 35. Muestras en cámara a 35 °C	88
Figura 36. Muestras en cámara a 5 °C	88
Figura 37. Reactivos utilizados IP	88
Figura 38. Materiales utilizados IP	88
Figura 39. Preparación de la muestra	88
Figura 40. Agitación y evaporación	89
Figura 41. Decantación, fase acuosa Fase oleosa	89
Figura 42. Separación fase oleosa.....	89
Figura 43. Centrifugación	89
Figura 44. Evaporación	89
Figura 45. Titulación.....	89
Figura 46. Muestras para catación	90

Figura 47. Panel de cata	90
Figura 48. Panel de cata preparado	90
Figura 49. Catadora semi entrenada.....	90
Figura 50. Catadora semi entrenada.....	90
Figura 51. Catadora semi entrenada.....	90

EVALUACIÓN DEL USO DEL MUCÍLAGO DE CHÍA Y LA GOMA GUAR EN LA ELABORACIÓN DE MAYONESA

María Luisa Maldonado Haro^a e Ing. César German

^amarilu.ldu@outlook.com

RESUMEN

El presente trabajo se basó en la evaluación viscosimétrica y sensorial de la mayonesa elaborada con mucílago de la chía (*Salvia hispánica*) y la goma guar. Las concentraciones utilizadas de estabilizador fueron de 0,0; 0,2; 0,5; 0,7; 1,0 g·kg⁻¹. Todas las muestras analizadas mostraron un comportamiento no newtoniano, pseudoplástico ($n < 1$) con umbral de fluencia pudiendo ser modelizadas mediante la ecuación de Herschel-Bulkley. La adición de los aditivos aumento la consistencia progresivamente y el análisis estadístico de los índices de consistencia (k) para los estabilizadores indicó que son significativamente diferentes. Los índices de consistencia reflejados al agregar goma guar son mucho mayores a diferencia del resultado de adición de mucílago de chía. La preferencia de los consumidores resuelve que con un índice de consistencia de $18,35 \pm 0,95 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ y con un índice de comportamiento al flujo de $0,78 \pm 9,86\text{E-}03$, la mayonesa es aceptable. Por lo tanto se sugiere la utilización de goma guar con una concentración de 0,5 g·kg⁻¹. Además se evaluó la vida útil de la mayonesa considerada como más aceptable por los catadores, considerándose la determinación de índice de peróxidos, debido a que el aceite es el ingrediente principal, dicha determinación se la realizó por un lapso de 18 días se conservó muestras de mayonesa en cámaras a 5, 20, 35 °C. Teniendo así a 5 °C un tiempo estimado de vida útil de 15 días a 5 °C, 8 días a 20 °C y 5 días a 35 °C. Así mismo el análisis sensorial realizado mostró para el parámetro sabor, la mayonesa elaborada con de 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar obtuvo un puntaje de 4.8 sobre 5, considerándose así más aceptable que las marcas comerciales Maggie® y Alacena®. Finalmente, se realizó la estimación del costo de producción de la mayonesa elaborada con de 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar, el cual resulto ser de 0,82 USD para 200 g de mayonesa.

Palabras clave: estabilizadores, parámetros reológicos, vida útil, análisis sensorial, costo de producción.

EVALUATION OF THE USE OF THE MUCILAGE FROM CHIA AND GUAR GUM IN THE PREPARATION OF MAYONNAISE

María Luisa Maldonado Haro^a and Eng. Cesar Gérman

^amarilu.ldu@outlook.com

SUMMARY

This work was based on the sensory evaluation viscosimetric and mayonnaise made with mucilage of chia (*Salvia hispanica*) and guar gum. Stabilizer concentrations used were 0.0, 0.2; 0.5; 0.7; 1.0 g·kg⁻¹. All samples tested showed non-newtonian behavior, pseudoplastic ($n < 1$) with yield stress can be modeled using the Herschel-Bulkley equation. Adding additives progressively increased consistency and statistical analysis of consistency indices (k) for said stabilizers are significantly different. Indexes reflected by adding guar gum are much greater consistency unlike the addition result chia mucilage. The consumer preference decides that a consistency index $18.35 \pm 0.95 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ and with a flow behavior index $0.78 \pm 9.86\text{E}-03$, mayonnaise is acceptable. Therefore the use of guar gum in a concentration of 0.5 g·kg⁻¹ is suggested. Besides the life of mayonnaise considered more acceptable by tasters evaluated, considering the determination of peroxide value, because oil is the main ingredient, such determination is performed for a period of 18 days he was preserved samples mayonnaise cameras 5, 20, 35 °C. Having thus estimated at 5 °C a pot life of 15 days at 5 °C, 8 days at 20 °C and 5 days at 35 °C. Also the sensory analysis showed for the taste parameter, mayonnaise made with 0.5 g·kg⁻¹ of guar gum obtained a score of 4.8 out of 5, and so be more acceptable than Maggie® trademarks and Alacena®. Finally, the estimated cost of production was made mayonnaise made with 0.5 g·kg⁻¹ of guar gum, which turned out to be 0.82 USD for 200 g of mayonnaise.

Keywords: stabilizers, rheological parameters, shelf life, sensorial analysis, production cost.

INTRODUCCIÓN

La tendencia industrial está enfocada en conseguir alimentos cada vez más naturales, es decir, de composición y características más cercanas a las originales, y respondiendo a las exigencias del consumidor actual. Por lo que la presente investigación está enmarcada en la búsqueda de aditivos alimentarios alternativos y naturales y tiene como objetivo la comparación del efecto del mucílago de la chía frente al comportamiento de la goma guar como estabilizadores en las propiedades reológicas y sensoriales de la mayonesa, para determinar la concentración óptima aplicable en la mejora tecnológica de la formulación de esta salsa.

Las concentraciones utilizadas de estabilizador fueron 0,0, 0,2, 0,5, 0,7 y 1,0 g·kg⁻¹. Todas las muestras analizadas mostraron un comportamiento no newtoniano, pseudoplástico ($n < 1$) con umbral de fluencia, pudiendo ser modelizadas mediante la ecuación de Herschel-Bulkley. La mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar resultó ser la más aceptable desde el punto de vista sensorial, mostrando para el parámetro sabor un puntaje de 4,8 sobre 5, resultando superior a las mayonesas comerciales Maggie® y Alacena® tomadas como referencia. Desde el punto de vista reológico, esta mayonesa presentó un índice de consistencia de $18,35 \pm 0,95 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ y un índice de comportamiento al flujo de $0,78 \pm 9,86\text{E}-03$. Además, presentó una vida útil, determinada mediante la medición del índice de peróxidos, de 15 días a 5 °C, 8 días a 20 °C y 5 días a 35 °C. El análisis de costes efectuado estimó que el costo de producción de la mayonesa elaborada con de 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar, resultó ser de 4,10 USD por kg de mayonesa elaborada en condiciones de planta piloto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación

Evaluación del uso del mucílago de chía y la goma guar en la elaboración de mayonesa.

1.1 Justificación

La investigación se enmarca en un área de gran importancia, ya que el alto número de investigaciones realizadas muestran el interés de la búsqueda de aditivos alimentarios alternativos de fácil extracción (**Kiosseoglou y Sherman, 1983; Ma y Barbosa-Cánovas, 1995a, 1995b**).

La goma guar es un aditivo habitualmente empleado en la formulación de alimentos como espesante que permite una reducción parcial del contenido lipídico en las emulsiones (**Sanderson, 1981; Su et al., 2010**). El uso como reemplazante de las grasas no está desarrollado de igual forma en el caso del mucílago de chía, subproducto de la industria harinera con potencial análogo y bajo costo (**Fuentes, 2012**). En la presente investigación se comparará el efecto del mucílago de la chía frente al comportamiento de la goma guar como estabilizadores¹ en las propiedades reológicas de la mayonesa, lo cual contribuirá a determinar la concentración óptima aplicable en la mejora tecnológica de la formulación de esta salsa.

Según un estudio realizado por **Borneo et al. (2010)**, se demuestra que el gel de chía puede sustituir hasta en un 25% el contenido en aceite o huevo en pasteles, produciendo un producto más nutritivo con características sensoriales aceptables.

Según **Phillips y Williams (2000)**, la semilla y el aislado proteico tienen buena capacidad de retención de agua y una excelente capacidad de retención de aceite, lo cual es relevante para usarla como aditivo funcional en la industria de la panificación y en la producción de emulsiones estables. Por otro lado, el mucílago presente en la semilla confiere la capacidad de formar hidrocoloides, utilizados en la industria alimentaria como agentes espesantes, gelificantes, estabilizantes o para el control de

¹ Denominación oficial descrita en el Codex Alimentarius (OMS-FAO, 1994).

la sinéresis (**Sanderson, 1981**). Dichas características son ideales para otorgar propiedades reológicas deseables a los alimentos, por lo que la investigación es factible ya que hay una amplia cantidad de información, en libros, revistas técnicas e internet (**Capitani et al., 2015; Moreno, 2013; Muñoz Hernández, 2012; Phillips y Williams, 2000; Valenzuela, 2010**). Además como beneficiarios de este proyecto figuran las industrias agroalimentarias, al poder disponer de una opción más para mejorar las características del producto.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar el uso del mucílago de chíá y la goma guar en la elaboración de mayonesa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar viscosimétricamente las mayonesas formuladas con goma guar y mucílago de chíá.
- Determinar sensorialmente la aceptabilidad de la consistencia de las mayonesas elaboradas con goma guar y mucílago de chíá.
- Correlacionar la aceptabilidad de la consistencia de las mayonesas y las propiedades reológicas estudiadas (umbral de fluencia, índice de consistencia e índice de comportamiento al flujo).
- Comparar sensorialmente el color, olor, sabor y consistencia de la mayonesa elaborada con la mejor formulación frente a dos mayonesas comerciales.
- Estimar la vida útil de la mayonesa elaborada con la mejor formulación.
- Calcular el costo de producción de la mayonesa elaborada con la mejor formulación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Valenzuela (2010) estudió la aplicación de fibra de trigo en la formulación de mayonesa, con o sin goma guar. El aceite fue parcialmente sustituido por la fibra de trigo, en diferentes concentraciones. Los resultados indican el uso de un 2,3 % de fibra de trigo junto con un 0,02 % de goma guar permite producir una mayonesa de bajo contenido en grasa con un umbral de fluencia, módulo de elasticidad, módulo de pérdidas y una textura similar a la fórmula base. Este estudio demostró una alta factibilidad del uso de fibra de trigo como un sustituto graso viable para la formulación de mayonesas.

Muñoz Hernández (2012) estudió la microestructura, caracterización y aplicaciones en la industria alimentaria del mucílago de las semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) y concluyó que es una potencial fuente de hidrocoloides con diferentes propiedades funcionales atractivas para la industria, tales como su gran capacidad de retención de agua, su poder emulsificante, sus propiedades espesantes, la aptitud para estabilizar espumas y su solubilidad en agua en un amplio rango de temperaturas. El mucílago de chía, además, puede ser incorporado en diferentes alimentos y formulaciones, al tener la capacidad de formar películas comestibles, en combinación con proteínas, mejorando las propiedades mecánicas y funcionales de las mismas (**Aguilar, 2014**).

En el estudio de la aplicación de subproductos de chía y girasol en alimentos realizado por **Guiotto (2014)** se concluyó que el mucílago de chía exhibía propiedades estabilizantes, obteniéndose emulsiones aceite/agua estables en el tiempo, lo cual se atribuye principalmente a su contribución en lo que se refiere al aumento de la viscosidad de la fase acuosa. Según **Muñoz Hernández (2012)**, el mucílago podría llegar a remplazar hasta en un 100 % al estabilizante empleado en una formulación comercial, proporcionando a un postre lácteo iguales o mejores propiedades sensoriales.

La revisión llevada a cabo sobre las investigaciones efectuadas en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato sobre

mayonesa, muestra que dicho producto fue considerado para diferentes investigaciones. **Basantes (2012)** estudió el uso de goma xantana y goma arábica, dos estabilizantes autorizados como aditivos en la elaboración de mayonesa, en la modificación del índice de consistencia y de comportamiento de flujo de dicho producto **Cuji (2011)**, estudió el uso de huevo de codorniz en la elaboración de mayonesa, mediante el análisis de los mismos parámetros reológicos. El interés de emplear estos parámetros residió en su estrecha correlación con la apreciación sensorial de este tipo de productos (**Roudot, 2004; Steffe, 1996; Tabilo-Munizaga y Barbosa-Cánovas, 2005**).

2.2 Fundamentación legal

Para en la investigación se tomaron en cuenta las siguientes normas:

- CODEX STAN 168-1989, Norma Codex Alimentarius para la Mayonesa (**OMS-FAO, 1994**)
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0389. Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ión hidrógeno (Phillips y Williams) (**INEN, 1986**)
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2295:2010: Mayonesa. Requisitos (**INEN, 2010**)
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO 3960:2013. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de peróxido. Determinación yodométrica (visual) del punto final. (IDT) (**INEN, 2013**)

2.3 Hipótesis

Hipótesis nula (H₀): Las proporciones de mucílago de chíá y goma guar estudiadas no afectan significativamente al índice de consistencia, al índice de comportamiento al flujo y a la textura sensorial de la mayonesa

Hipótesis alternativa (H_a): Las proporciones de mucílago de chíá y goma guar estudiadas afectan significativamente al índice de consistencia, al índice de comportamiento al flujo y a la textura sensorial de la mayonesa.

2.4 Señalamiento de variables de la hipótesis

2.4.1 Variables independientes

- Proporciones de mucílago de chía y goma guar en la formulación de la mayonesa

2.4.2 Variable dependiente

- Índice de consistencia
- Índice de comportamiento al flujo
- Textura (Consistencia medida sensorialmente).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales y métodos

3.1.1 Composición de las mayonesas

Las muestras fueron preparadas de acuerdo a la formulación base (Tabla 1), añadiendo el tipo y nivel de aditivo, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1. Formulación de la mayonesa base (control sin aditivos)

Ingrediente	% (peso)
Aceite	65,0
Vinagre	9,0
Huevo	21,5
Azúcar	1,5
Sal	2,0
Mostaza	0,5
Pimienta	0,5

Adaptado de **Bailey (1984)**

Tabla 2. Formulaciones de mayonesa estudiadas

Código	Tratamientos
MSE	Mayonesa sin estabilizante (control)
MMC02	Mayonesa con 0,2 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía
MMC05	Mayonesa con 0,5 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía
MMC07	Mayonesa con 0,7 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía
MMC10	Mayonesa con 1,0 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía
MGG02	Mayonesa con 0,2 g·kg ⁻¹ de goma guar
MGG05	Mayonesa con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar
MGG07	Mayonesa con 0,7 g·kg ⁻¹ de goma guar
MGG10	Mayonesa con 1,0 g·kg ⁻¹ de goma guar

Los ingredientes alimentarios de la mayonesa base fueron adquiridos en establecimientos comerciales de alimentación; la goma guar se adquirió en la empresa Provequim C.A. (Guayaquil) y el mucílago de chía se obtuvo a partir de las

semillas provistas por la Corporación Kunachia S.A, según el método descrito a continuación.

3.1.2 Extracción de mucílago de chía

Para llevar a cabo la obtención del mucílago, se empleó una adaptación de la metodología descrita por **Capitani et al. (2015)**. Se utilizó semillas certificadas no transgénicas de chía de origen ecuatoriano suministradas por la Corporación Kunachia S.A., una balanza analítica de 0,1 mg de precisión, una plancha magnética, una probeta de 100 mL, un Erlenmeyer de 500 mL, un tamiz de 1 mm de luz y un equipo liofilizador de sobremesa VirTis Bench Top Pro. Se remojaron las semillas enteras en agua (relación 1:20 p/v) durante 1 h a temperatura ambiente. A continuación se colaron mediante el uso de un tamiz y finalmente las muestras se colocaron en recipientes plásticos de 60 mL para almacenamiento en congelación a -5 °C y posterior liofilización a -45 °C.

3.1.3 Elaboración de las mayonesas

Los ingredientes fueron de buena calidad y aptos para la industrialización. La dosificación se realizó de acuerdo a la formulación planteada (Tabla 1 y Tabla 2). Se añadieron en un vaso de 1000 mL el huevo, la sal, la pimienta, la mostaza, el vinagre y el estabilizador en las proporciones correspondientes. Con un batidor de inmersión se mezclaron dichos ingredientes y posteriormente se agregaron en forma de chorro fino y constante el aceite, hasta culminar con su emulsificación.

La mayonesa se colocó en envases de vidrio de 500 mL etiquetando adecuadamente cada uno de los tratamientos.

3.2 Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH)

Tras la elaboración de las mayonesas, se determinó su pH siguiendo el método **NTE INEN 389 (1986)**, empleando un equipo Mettler-Toledo (Schwerzenbach, Alemania).

3.3 Determinación de propiedades reológicas

Se utilizó un viscosímetro rotacional Quimis Q860M21 (Figura 30, Anexos) de medición relativa y un vaso de precipitados de 500 mL, en el cual se introdujo la muestra a analizar. Se preparó el equipo colocando el rotor adecuado al rango de medición. De acuerdo a las pruebas preliminares efectuadas, en este trabajo se utilizó el rotor #4 (Figura 31, Anexos) ya que se adaptó óptimamente a las características del producto estudiado. Se procedió a realizar las lecturas de viscosidad respectivas para cada muestra, siguiendo las directrices de **Steffe (1996)** y **Schramm (2000)**.

A partir de los datos de viscosidad obtenidos a diferentes gradientes de cizalladura, se representaron las respectivas curvas de flujo. A partir de ellas, se determinó el tipo de comportamiento reológico de las mayonesas elaboradas y se propusieron los ajustes matemáticos más adecuados que permitieron describir dichos comportamientos.

3.4 Determinación del mejor tratamiento

Para la determinación del mejor tratamiento se realizaron cataciones de todos los tratamientos aplicando un diseño de bloques incompletos (DBIE), según **Cochran y Cox (1990)**, para ocho tratamientos más un control externo (mayonesa comercial Maggie). Fue necesario organizar un panel de cata de 45 catadores semientrenados, los cuales degustaron dos muestras cada uno. Finalmente, se determinó la existencia de diferencias significativas entre los niveles de ambos factores mediante un ANOVA bifactorial (tratamiento y catador) sin interacción. La comparación de medias dentro de cada factor se llevó a cabo mediante un test de mínimas diferencias significativas (LSD) empleando un nivel de significación del 95 % (**Milliken y Johnson, 1992**).

3.5 Determinación de vida útil

Se determinó el índice de peróxidos en la mayonesa mejor valorada sensorialmente (MGG05: mayonesa con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Para ello se almacenaron durante 18 días muestras de mayonesa en incubadoras acondicionadas a 5, 20 y 35 °C. Se realizaron muestreos los días 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18. Las muestras fueron analizadas de acuerdo al

método **NTE INEN ISO 3960 (2013)**. Además se realizó el cálculo y análisis de datos bajo las directrices dadas por **Taoukis et al. (1997)**.

3.6 Evaluación sensorial de la mejor formulación

Se compararon los parámetros sensoriales color, olor, sabor y consistencia de la mejor formulación frente a dos mayonesas comerciales (Maggie® y Alacena®) mediante la aplicación de un diseño de bloques completamente al azar con efectos fijos. Dichas muestras fueron dadas a probar a 20 catadores semientrenados. Se determinó la existencia de diferencias significativas entre los niveles de ambos factores mediante un ANOVA bifactorial (tratamiento y catador) con interacción. La comparación de medias dentro de cada factor se llevó a cabo mediante el test Tukey empleando un nivel de significación del 95 % (**Cochran y Cox, 1990; Milliken y Johnson, 1992**).

3.7 Procesamiento y análisis estadístico de datos experimentales

La información fue tabulada y analizada mediante la utilización de paquetes informáticos, Excel, InfoStat y STATGRAPHICS Centurion XV.II. Los datos experimentales se presentaron como valores promedio con sus respectivas desviaciones típicas. La comparación entre tratamientos se llevó a cabo mediante análisis de la varianza (ANOVA), empleando el test de mínimas diferencias significativas (LSD) y Tukey según el caso, con una significancia del 95 % para determinar las diferencias entre cada par de medias.

3.8 Diseño Experimental

Siguiendo las directrices de **Alonso et al. (1990)** e **Ibarz et al. (2000)** el planteamiento experimental consistió en la comparación, frente a una formulación estándar o control, de diversas formulaciones de mayonesa elaboradas mediante la adición de dos estabilizadores, a cuatro niveles de concentración, teniendo en cuenta los requisitos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana **NTE INEN 2295**

(2010). De esta forma, se estableció la relación de tratamientos reflejada en la Tabla 2.

Los tratamientos se llevaron a cabo por duplicado ($n=2$). Así, teniendo 8 tratamientos y un control, se estudiaron 18 respuestas experimentales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis y discusión de los resultados

4.1.1 Reología

4.1.1.1 Obtención de datos reológicos

A partir de los datos de velocidad de cizalladura y viscosidad aparente (Tabla 6 Tabla 7) obtenidos mediante el viscosímetro, se calcularon los valores de esfuerzo de corte (Tabla 8 Tabla 9) aplicando la Ecuación 1.

$$\sigma = \dot{\gamma} \cdot \mu_F \quad (\text{Ec.1})$$

Donde,

σ : Esfuerzo cortante (Pa)

$\dot{\gamma}$: Gradiente de cizalladura (s^{-1})

μ_F : Viscosidad aparente (Pa·s)

Finalmente se graficaron los valores de esfuerzo de corte frente a la gradiente de cizalladura (reogramas) para identificar de forma cualitativa el tipo de comportamiento de las diferentes formulaciones de mayonesa (Figura 1), la cual muestra un comportamiento reológico pseudoplástico con umbral de fluencia para las mayonesas elaboradas, tal comportamiento se caracteriza por una disminución de la viscosidad aparente de la mayonesa a medida que le cizallamiento aumenta, lo que significa que la resistencia a fluir disminuye cuando la velocidad de derrame aumenta.

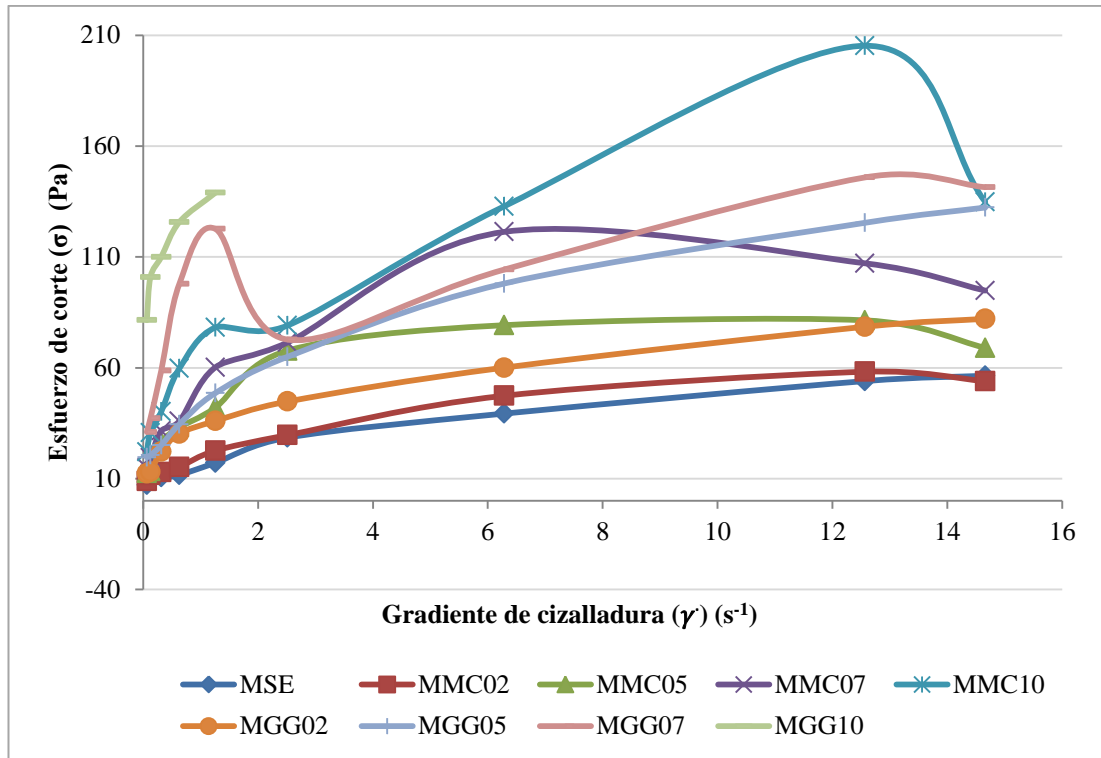


Figura 1. Reogramas de las diferentes formulaciones de mayonesas. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar.

4.1.1.2 Ajuste de modelos reológicos a datos experimentales

La ecuación de Herschel-Bulkley (Ecuación 2) se utilizó para modelizar el comportamiento reológico de las muestras de mayonesa, dado su carácter pseudoplástico y mediante la ecuación de Casson (Ecuación 3) se obtuvo el umbral de fluencia. La linealización logarítmica de la ecuación de Herschel-Bulkley (Ecuación 4) permitió obtener el índice de consistencia y el índice de comportamiento al flujo (Ramírez, 2006).

$$\sigma = \sigma_o + K(\dot{\gamma})^n \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\sigma^{0,5} = (\sigma_o)^{0,5} + K^{0,5}(\dot{\gamma})^{0,5} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\ln(\sigma - \sigma_o) = \ln K + n \ln(\dot{\gamma}) \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde,

σ: Esfuerzo cortante (Pa)

σ_0 : Umbral de fluencia (Pa)

K: Índice de consistencia ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$)

$\dot{\gamma}$: Gradiente de cizalladura (s^{-1})

n: Índice de comportamiento al flujo (adimensional)

El índice de consistencia mostró una tendencia ascendente conforme aumentó la proporción de mucílago de chía y goma guar en cada uno de los tratamientos.

El valor máximo ($67,41 \pm 0,33 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$) se obtuvo para el tratamiento MGG10 (mayonesa con $1,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar), mientras que el valor mínimo ($7,71 \pm 0,12 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$) se obtuvo en el tratamiento MSE (mayonesa sin estabilizante), reportándose la existencia de diferencias significativas entre los índices de consistencia de los tratamientos (Figura 2). Se observa que la mayonesa elaborada con goma guar presentó un notable incremento en la consistencia al pasar de $0,7$ a $1,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, lo cual puede deberse al incremento del carácter de gel de la emulsión, fenómeno ya reportado por diversos autores (ALTESA; Belitz et al., 2009).

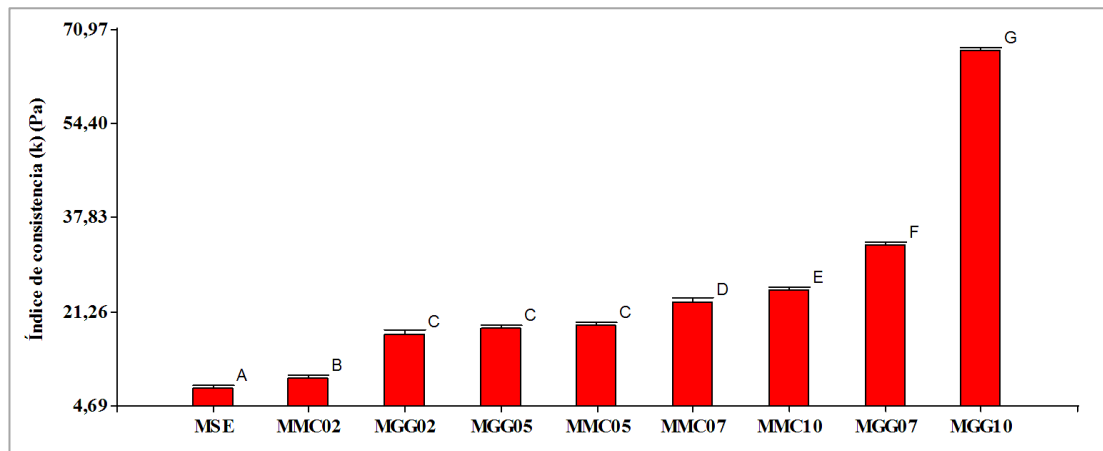


Figura 2. Índice de consistencia promedio e intervalo de confianza LSD de mayonesas elaboradas con mucílago de chía y goma guar como estabilizadores. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con $0,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de mucílago de chía; MMC05: mayonesa con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de mucílago de chía; MMC07: mayonesa con $0,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de mucílago de chía; MMC10: mayonesa con $1,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de mucílago de chía; MGG02: mayonesa con $0,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG05: mayonesa con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG07: mayonesa con $0,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG10: mayonesa con $1,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar.

Los valores de índice de comportamiento al flujo, resultaron menores a uno ($n < 1$) lo que refleja que todas las mayonesas presentaron un carácter pseudoplástico (Figura 3).

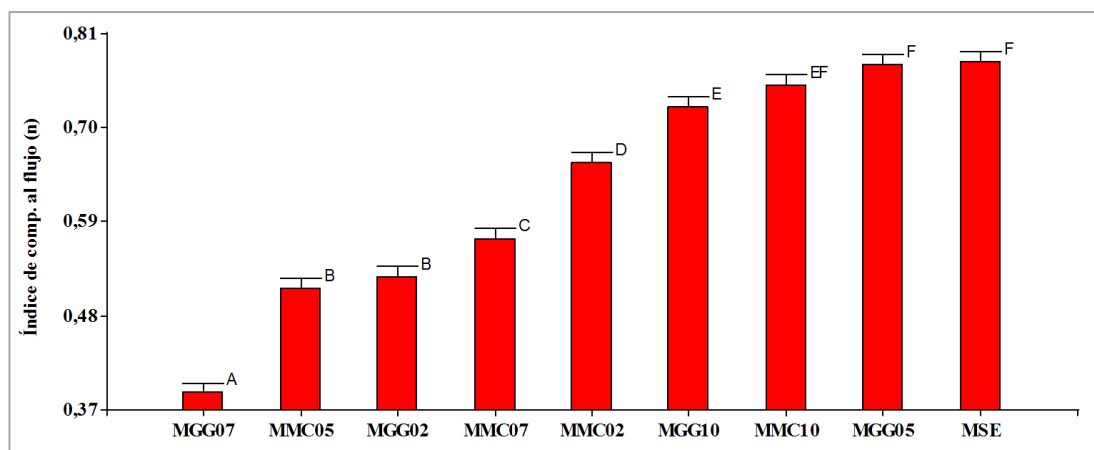


Figura 3. Índice de comportamiento al flujo promedio e intervalo de confianza LSD de mayonesas elaboradas con mucílago de chíá y goma guar como estabilizadores. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con $0,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con $0,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con $1,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con $0,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG05: mayonesa con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG07: mayonesa con $0,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG10: mayonesa con $1,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar.

El tratamiento MGG07 (mayonesa con $0,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar) resultó conferir el mayor carácter pseudoplástico a la mayonesa presentando el valor $0,39 \pm 4,30\text{E}-4$, mientras que el tratamiento MSE (mayonesa sin estabilizante o control) presentó el valor $0,78 \pm 0,03$, resultando próximo al carácter newtoniano.

La Figura 3 muestra que el índice de comportamiento no tuvo relación con la proporción de estabilizador empleado en ninguno de los dos casos. Además se observa que los tratamientos MMC10, MGG05 y MSE presentaron el mismo grado de pseudoplasticidad, lo cual indica un comportamiento potencialmente similar ante el cizallado. El resto de los tratamientos presentó un grado mayor de pseudoplasticidad que conlleva una mayor sensibilidad al cizallado.

4.1.2 Determinación de mejor tratamiento

El análisis sensorial reveló que la formulación de mayonesa mejor valorada por el panel de cata fue la elaborada con un $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar, obteniendo un promedio de 4,6, sobre una escala de 5 (Figura 4), aunque a nivel estadístico no se observaron diferencias significativas respecto a las formulaciones MGG07, MGG02, MSE, MMC07, MMC05 y Maggie.

Relacionando los valores de análisis sensorial y viscosimetría se determinó que la textura óptima se encuentra en el rango de valores de índice de consistencia entre 7,70 y 32,98 Pa·sⁿ. Índices de consistencia superiores resultaron peor valorados por el panel de cata.

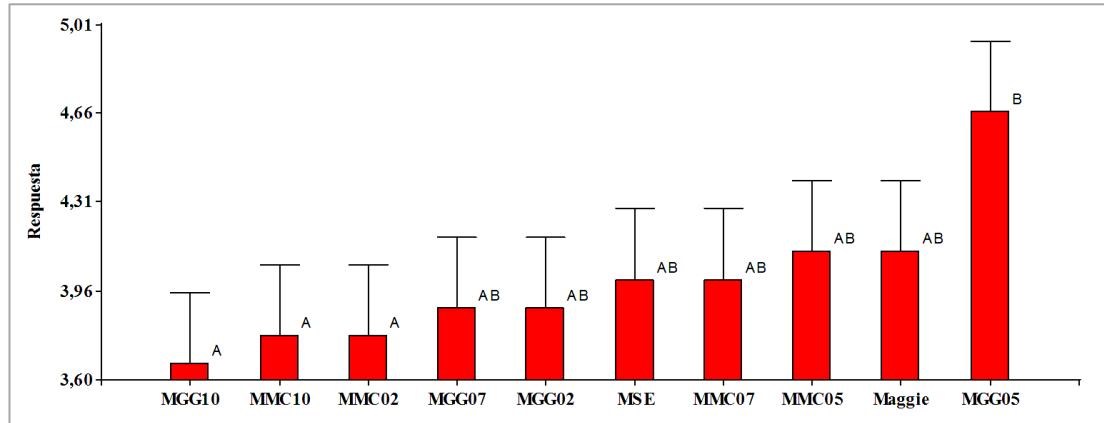


Figura 4. Valoración hedónica de la consistencia de mayonaises elaboradas con mucílago de chíá y goma guar como estabilizadores. Valores promedio e intervalos de confianza LSD de 5 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar; Maggie: control comercial.

4.1.3 Vida útil del mejor tratamiento

En base a la evolución en el tiempo del índice de peróxidos (Figura 5), se estableció que el modelo de reacción a que obedeció el deterioro de las mayonaises estudiadas fue de orden 1 (ANEXO I). Este resultado difiere de otros trabajos, en los que se describe como predominante en las reacciones de oxidación de alimentos lipídicos un orden 0 de reacción (García Baldizón y Molina Córdoba, 2011; Martínez et al., 1998; Robertson, 2012)

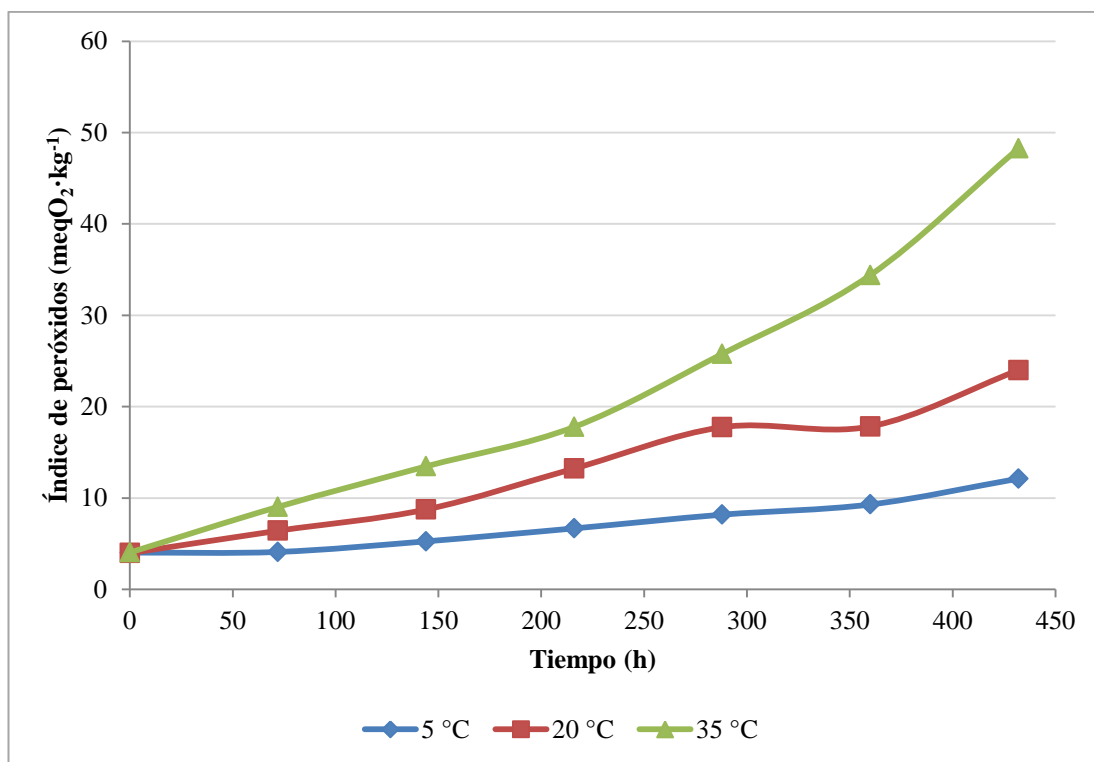


Figura 5. Índice de peróxidos promedio de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar en función del tiempo a 5, 20 y 35 °C

La Tabla 3 muestra el proceso de cálculo de la vida útil de la mejor formulación de mayonesa, determinada a 5, 20, 35 °C, utilizando las respectivas ecuaciones. Para ello se despejó el valor t (horas), empleando como valor de IP el límite máximo (9,96 meq O₂·kg⁻¹) establecido por la normativa **INEN (2013)**.

Se obtuvieron unos valores de vida útil estimada de 15 días a 5 °C, 8 días a 20 °C y 5 días a 35 °C.

Tabla 3. Determinación de la vida útil de mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar a partir de la evolución en el tiempo del índice de peróxidos a 5, 25 y 35 °C

T (°C)	Ecuación	R ²	Vida útil (h)	Vida útil (días)
5	$\ln IP = 1,3052 + 0,0027 t$	0,9814	371	15
20	$\ln IP = 1,5436 + 0,0040 t$	0,9549	187	8
35	$\ln IP = 1,6648 + 0,0053 t$	0,9671	119	5

Para la determinación de la fórmula general de cálculo de la vida útil de la mayonesa mejor formulada (Ecuación 6), se linealizó el logaritmo decimal de la vida útil frente a las temperaturas de almacenamiento (Figura 6) (**Labuza, 1984**).

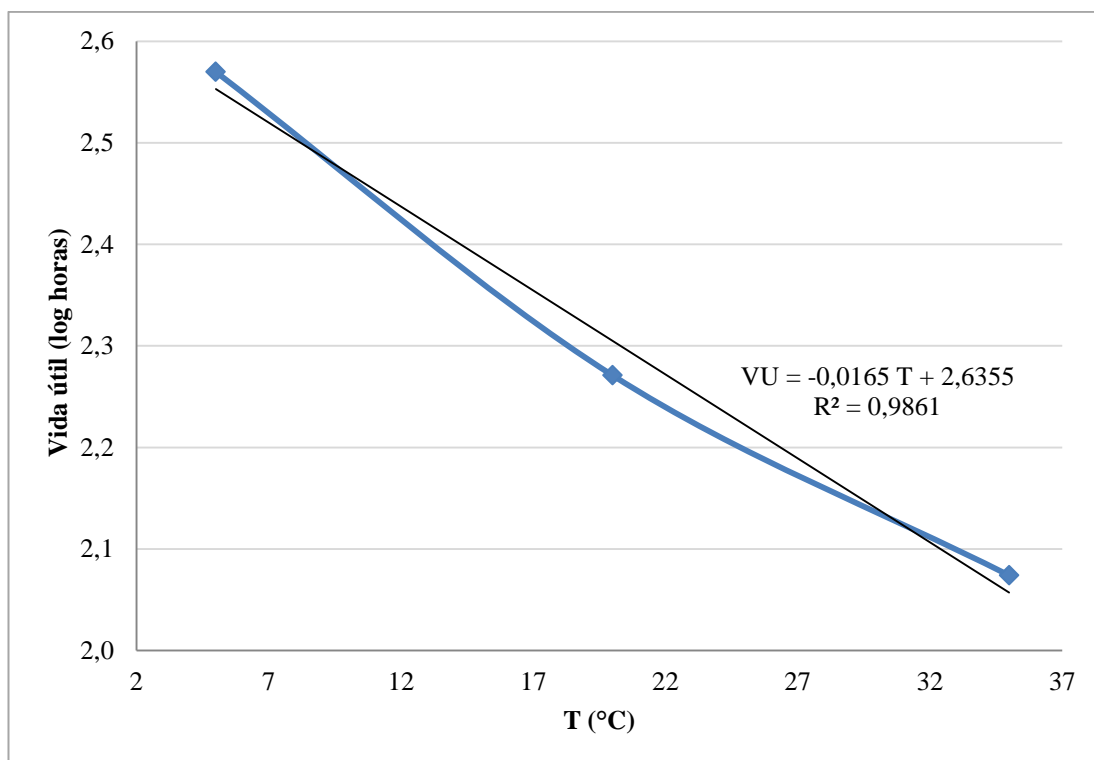


Figura 6. Relación entre la vida útil y la temperatura de almacenamiento de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar.

Tras la linealización, se obtuvo la Ecuación 5:

$$\text{Log VU} = 2,6355 - 0,0165 \cdot T \quad (\text{Ec.5})$$

$$VU = 10^{2,6355 - 0,0165 T} \quad (\text{Ec.6})$$

Donde,

VU: vida útil (horas)

T: temperatura de almacenamiento (°C)

A partir de los valores de vida útil a cada temperatura (Figura 20, Anexos), se determinó que la energía de activación que caracterizó el proceso de oxidación de los lípidos presentes en la mayonesa elaborada, en el intervalo de temperatura estudiado, fue de $16,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Datos bibliográficos reportados por **Özdemir y Devres (2000)**, sugieren que para las reacciones de oxidación de lípidos procedan se requiere una energía de activación entre $41\text{-}104 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Teniendo en cuenta que, cuanto menor

sea la energía de activación, una reacción se produce de forma más rápida, hay que considerar que la mayonesa elaborada en el presente trabajo resultó más fácilmente alterable ya que, al estar los lípidos en forma de emulsión, presentan un ratio superficie/volumen considerablemente mayor al de un lípido en estado líquido, presentando, consecuentemente mayores posibilidades de oxidación. Ello podría acentuarse, teniendo en consideración otros factores como la temperatura y exposición a la luz, que actuarían como catalizadores de la reacción de peroxidación lipídica (Camean et al., 1995).

4.1.4 Evaluación sensorial del mejor tratamiento

La Figura 7 muestra un resumen de las medias e intervalos de confianza resultantes del test de Tukey al 95 % de confianza, provenientes de los test ANOVA efectuados (ver Tabla 39, Tabla 41, Tabla 43 y Tabla 45, Anexos).

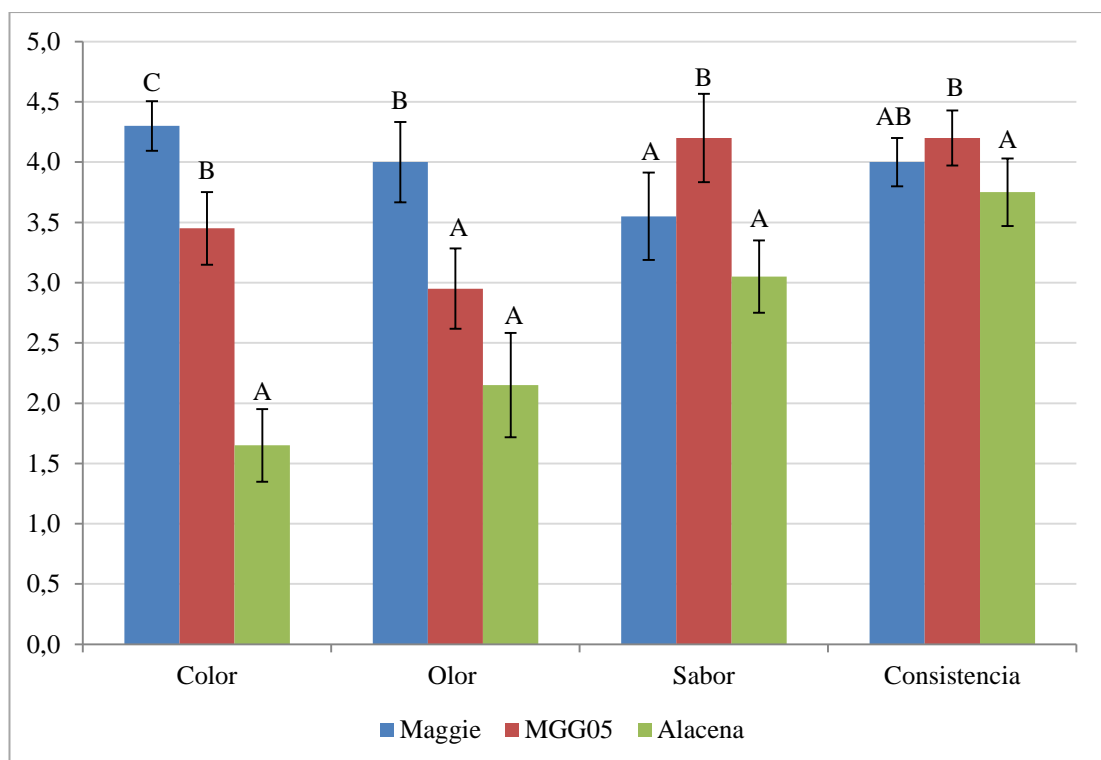


Figura 7. Evaluación sensorial comparativa de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar respecto a dos mayonesas comerciales, Maggie® y Alacena®, líderes en el mercado. Valores promedio e intervalos de confianza de 20 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

En la Figura 7, se aprecia que la mayonesa elaborada con goma guar presentó un color menos intenso que la mayonesa Maggie, pero mayor que la mayonesa Alacena.

En relación al parámetro olor, la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar presentó un nivel de intensidad similar a la mayonesa Alacena, pero inferior al nivel de intensidad de la mayonesa Maggie, que alcanzó un valor promedio de 4,55 sobre 5. En relación a la importancia relativa que tiene este parámetro en los procesos de formulación de nuevos alimentos hay que señalar que no puede considerarse un factor prioritario debido al bajo grado de sensibilidad del olfato humano (**Valls et al., 1999**).

La mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar obtuvo una valoración del sabor por encima de las dos mayonesas comerciales evaluadas. Este parámetro puede definirse como el resultante de todos los demás parámetros (textura y olor), por tanto se considera como parámetro determinante para la aceptabilidad de la mayonesa (**Navas, 2007**).

Finalmente para el parámetro de consistencia no se observaron diferencias significativas entre la mayonesa Maggie y la elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar, aunque si se apreció una mayor consistencia de la mayonesa experimental frente a la mayonesa Alacena.

4.1.5 Estimación del costo de producción del mejor tratamiento

La Tabla 4 desglosa la relación de rubros necesarios para la elaboración de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar. En base a estos cálculos se determinó que el costo de elaboración de mayonesa en envases de vidrio de 200 g de capacidad resultó ser 0,82 USD. En el ANEXO L se indica el desglose de cada rubro.

Tabla 4. Costos de producción de 50 kg de mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar en envases de vidrio de 200 g

Rubros	Valor (USD)
1. Materiales directos e indirectos	133,35
2. Equipos y utensilios	0,23
3. Suministros	12,45
4. Personal	18,00
Total	164,03
Costo de producción unitario (200 g)	0,82

4.2 Verificación de hipótesis

El análisis de varianza realizado a la variable de respuesta índice de consistencia ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$) mostró, con un nivel de confianza del 95 %, que la concentración de estabilizadores utilizada en la formulación de mayonesa influye significativamente (Tabla 22, Anexos).

Para el índice de comportamiento al flujo no se observó diferencias significativas entre las mayonesas elaboradas deduciéndose que su carácter pseudoplástico fue similar (Tabla 24, Anexos).

La consistencia evaluada sensorialmente presentó diferencias significativas entre las diferentes formulaciones de mayonesa. En otras palabras las diferentes proporciones de estabilizadores utilizadas aportaron a las mayonesas unas características de consistencia cuyas diferencias pudieron ser detectadas por el panel de cata (Tabla 26, Anexos).

Teniendo en cuenta todo lo anterior se acepta la hipótesis alternativa, según la cual, las proporciones de mucílago de chíá y goma guar estudiadas afectan significativamente al índice de consistencia, al índice de comportamiento al flujo y a la textura sensorial de la mayonesa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las mayonesas elaboradas presentaron, en todos los casos, un comportamiento pseudoplástico ($n < 1$) con umbral de fluencia, pudiendo ser modelizadas mediante la ecuación de Herschel-Bulkley. Así mismo, los valores de índice de consistencia (k), resultaron directamente relacionados con la proporción de estabilizador utilizado en cada formulación.

- La mayonesa preferida por el panel de cata, determinada en base a su consistencia, resultó ser la elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar como estabilizador, teniendo un índice de consistencia de $18,35 \pm 0,95 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$, y un índice de comportamiento al flujo de $0,78 \pm 9,86\text{E-}03$.

- La mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar presentó, en comparación con las muestras comerciales Maggie y Alacena, una valoración sensorial similar en cuanto a color, olor y consistencia, sin embargo, presentó una valoración superior en cuanto al parámetro de sabor.

- La evolución del índice de peróxidos con el que se determinó la vida útil de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar, se pudo modelizar mediante ecuaciones cinéticas de orden de 1, a 5, 20 y 35 °C. De acuerdo a dichas ecuaciones el tiempo estimado de vida útil fue 15 días a 5 °C, 8 días a 20 °C y 5 días a 35 °C, de donde se obtuvo que la energía de activación del proceso oxidativo de la mayonesa fue de $16,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- El costo de elaboración de mayonesa empleando $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar, en base a un volumen de producción de 50 kg, envasada en 250 recipientes de vidrio de 200 g de capacidad resultó ser de 0,82 USD/ud producida.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda el uso de la goma guar en las concentraciones determinadas como óptimas en la elaboración a escala industrial de mayonesa, con el objetivo de reducir costes de producción, sin merma de las propiedades sensoriales.
- El uso de mucílago de chía como estabilizador se podría recomendar en la elaboración de mayonesas, con el mismo objetivo que la goma guar, pero en aplicaciones en las que la viscosidad del producto no necesitase ser tan elevada, por ejemplo, en un envase tipo “squeeze”.
- Se recomienda continuar el estudio del uso de ambos estabilizadores como potenciales sustitutos de los componentes lípidos en la formulación de mayonesas o alimentos de textura análoga.
- Se recomienda fijar un valor normativo máximo de uso del mucílago de chía como estabilizador, tal como el existente para la goma guar, de forma que se eviten posibles fraudes en la elaboración de alimentos.
- Se sugiere extender el estudio del empleo de otro tipo de estabilizadores naturales con similares características al mucílago de chía, tales como la linaza o la mashua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A. (2014). *Caracterización de propiedades fisicoquímicas, térmicas, reológicas y propiedades barrera a los gases de películas comestibles elaboradas a partir de mucílago de Salvia hispanica y pectina cítrica*. (Tesis Grado), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo; Coahuila (Mexico).
- Alonso, M., Garzón, E., Melcón, B., y Zapico, J. (1990). Diseño experimental en reología de alimentos líquidos y semilíquidos. I. Comportamiento de flujo inicial de alimentos infantiles preparados. *Alimentaria*, Junio, 53-57.
- ALTESA. La goma guar y su uso en alimentos. *Industria Alimentaria*, 4-14. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaGuar_1839.pdf
- Bailey, A. (1984). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona (España): Editorial Reverté.
- Basantes, D. (2012). *El estudio de acidulantes para la conservación de mayonesa*. (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).
- Belitz, H., Grosch, W., y Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry. 4th revised and extended Edition*. Berlin - Heidelberg: Springer-Verlag.
- Borneo, R., Aguirre, A., y León, A. (2010). Chia (*Salvia hispanica* L) Gel Can Be Used as Egg or Oil Replacer in Cake Formulations. *American Dietetic Association*, 110(6), 946-949.
- Camean, A., Lopez-Artiguez, M., Martinez, D., Menendez, M., Repetto, G., Repetto, M., . . . Soriano, M. (1995). *Toxicología Avanzada* (Días de Santos, S.A. ed.). Madrid, España.
- Capitani, M. I., Corzo-Ríos, L. J., Chel-Guerrero, L. A., Betancur-Ancona, D. A., Nolasco, S. M., y Tomás, M. C. (2015). Rheological properties of aqueous dispersions of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Journal of Food Engineering*, 149, 70-77. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.043>
- Cochran, W., y Cox, G. (1990). *Diseños experimentales*. Mexico D.F. (Mexico): Ed. Trillas.
- Cuji, E. (2011). *Efecto de la adición de huevos de codorniz (Coturnix coturnix japónica) sobre los parámetros reológicos de la mayonesa*. (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).
- Fuentes, G. (2012). *Propiedades funcionales de la harina de semilla de chíá (Salvia hispanica L.) y su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y microscópicas en un batido cárnico*. (Tesis Grado), Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F. (México). Retrieved from <http://148.206.53.84/tesuami/UAMI15754.pdf>

- García Baldizón, C., y Molina Córdoba, M. E. (2011). Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. *Revista Ingeniería-Engineering Research*, 18(1-2).
- Guiotto, E. (2014). *Aplicación de subproductos de chía (Salvia hispánica L.) y girasol (Helianthus annuus L.) en alimentos*. (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de la Plata, Mar del Plata (Argentina). Retrieved from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34268/Documento_completo.pdf?sequence=3
- Ibarz, A., Barbosa-Cánovas, G., Garza, S., y Gimeno, V. (2000). *Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria; Cap. 27: Textura de alimentos*. Zaragoza.
- INEN. (1986). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0389. Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ión hidrógeno (pH): Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2295:2010. Mayonesa. Requisitos.: Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO 3960:2013. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de peróxido. Determinación yodométrica (visual) del punto final. (IDT): Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
- Kiosseoglou, V., y Sherman, P. (1983). Influence of egg yolk lipoproteins on the rheology and stability of O/W emulsions and mayonnaise 1. Viscoelasticity of groundnut oil-in-water emulsions and mayonnaise. *Journal of Texture Studies*, 14(4), 397-417. doi: 10.1111/j.1745-4603.1983.tb00358.x
- Labuza, T. (1984). *Application of chemical kinetics to deterioration of foods*. (Vol. 4).
- Ma, L., y Barbosa-Cánovas, G. (1995a). Rheological characterization of mayonnaise. Part I: Slippage at different oil and xanthan gum concentrations. *Journal of Food Engineering*, 25(3), 397-408. doi: 10.1016/0260-8774(94)00011-w
- Ma, L., y Barbosa-Cánovas, G. (1995b). Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. *Journal of Food Engineering*, 25(3), 409-425. doi: 10.1016/0260-8774(94)00010-7
- Martinez, C., Mucci, A., Cruz, M., Hough, G., y Sanchez, R. (1998). Influence of temperature, fat content and package material on the sensory shelf-life of a commercial mayonnaise *Journal of Sensory Studies*, 13(3), 331-346. doi: 10.1111/j.1745-459X.1998.tb00093.x
- Milliken, G., y Johnson, D. (1992). *Analysis of Messy Data* (Vol. Vol. 1: Designed Experiments): Ed. Chapman & Hall.

- Moreno, A. (2013). *La comparación de las gomas xanthan y arábica en las propiedades reológicas de la mayonesa*. (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).
- Muñoz Hernández, L. (2012). *Mucilage from chia seeds (Salvia hispánica): Microestructure, physic-chemical, characterization and applications in food industry*. (Tesis Doctoral), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile (Chile). Retrieved from <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1889/593967.pdf?sequence=1>
- Navas, M. (2007). *Estimacion de la vida util sensorial y fisicoquimica de la mayonesa baja en grasa*. Universidad de la Salle, Bogota (Colombia). Retrieved from <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16061/43982024.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- OMS-FAO. (1994). Codex Alimentarius. CODEX STAN 168-1989. Norma Regional Europea del Codex para la Mayonesa Vol. 11 (pp. 123-128).
- Özdemir, M., y Devres, O. (2000). Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 44(1), 31-38. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00162-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00162-4)
- Phillips, G., y Williams, P. (2000). Introduction to food hydrocolloids *Handbook of Hidrocolloids*. Cambridge (England): Woodhead Publishing Limited.
- Ramírez, J. (2006). *Introducción a la reología de los alimentos*. Cali (Colombia): Editorial Recitela.
- Robertson, G. (2012). *Food Packaging: Principles and Practice, Third Edition*: Taylor & Francis.
- Roudot, A. (2004). *Reología y análisis de la textura de los alimentos*. Zaragoza (España): Ed. Acribia S.A.
- Saltos, H. (2010). *Sensometría, análisis en el desarrollo de alimentos procesados*: Editorial Freire.
- Sanderson, G. (1981). Polysaccharides in foods. *Food Technology*, 83, 50-57.
- Schramm, G. (2000). *A Practical Approach to Rheology and Rheometry. 2nd Ed.* (R. Steinbrüggen, Trans.): Gebrueder HAAKE GmbH, Karlsruhe (RFA).
- Steffe, J. (1996). *Rheological Methods in Food Process Engineering*. East Lansing, Michigan (USA): Freeman Press.
- Su, H. P., Lien, C. P., Lee, T. A., y Ho, J. H. (2010). Development of low-fat mayonnaise containing polysaccharide gums as functional ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(5), 806-812. doi: 10.1002/jsfa.3888

- Tabilo-Munizaga, G., y Barbosa-Cánovas, G. (2005). Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering*, 67(1-2), 147-156. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.062>
- Taoukis, P., Labuza, T., y Saguy, I. (1997). Kinetics of food deterioration and shelf-life prediction. In K. J. Valentas, E. Rotstein y R. P. Singh (Eds.), *Handbook of Food Engineering Practice* (pp. 361-403). New York (USA): CRC Press.
- Valenzuela, C. (2010). *Caracterización reológica de mayonesa formulada con fibra de trigo*. (Tesis grado), Universidad de Chile, Santiago de Chile (Chile). Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105330>
- Valls, J., Prieto, E., y De Castro Martín, J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos* (Vol. 4): Edicions Universitat Barcelona.

ANEXOS

ANEXO A

DATOS DE DETERMINACIÓN DE pH PARA CADA TRATAMIENTO

Tabla 5. Datos de pH para cada tratamiento de mayonesas elaboradas

Tratamientos	pH			
	Réplica 1	Réplica 2	*Media	*s.d.
MSE	3,66	3,71	3,69	0,04
MMC02	3,58	3,61	3,60	0,02
MMC05	3,39	3,43	3,41	0,03
MMC07	3,34	3,23	3,29	0,08
MMC10	3,42	3,41	3,42	0,01
MGG02	3,42	3,68	3,55	0,18
MGG05	3,85	3,21	3,73	0,17
MGG07	3,02	3,21	3,12	0,13
MGG10	3,64	3,73	3,69	0,06

*Valores promedio y *desviación típica (s.d.) de dos repeticiones. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar.

ANEXO B

VALORES DE VISCOSIDAD (μ_F) (Pa)

Tabla 6. Valores de viscosidad aparente de las diferentes formulaciones de mayonesas (μ_F , Pa·s)

$\dot{\gamma}$ (s^{-1})	MSE				MMC02				MMC05				MMC07				MMC10			
	R 1	R 2	*Media	*s.d.	R 1	R 2	*Media	*s.d.	R 1	R 2	*Media	*s.d.	R 1	R 2	*Media	*s.d.	R 1	R 2	*Media	*s.d.
0,06	114,40	115,00	114,70	0,42	142,40	143,00	142,70	0,42	197,00	204,10	200,55	5,02	233,40	238,10	235,75	3,32	310,00	393,00	351,50	58,69
0,13	84,20	84,90	84,55	0,49	92,50	93,20	92,85	0,49	105,00	109,50	107,25	3,18	153,40	155,60	154,50	1,56	240,00	248,00	244,00	5,66
0,31	33,60	34,10	33,85	0,35	40,90	41,60	41,25	0,49	83,10	84,22	83,66	0,79	100,30	100,80	100,55	0,35	124,00	132,00	128,00	5,66
0,63	18,10	19,20	18,65	0,78	23,40	25,32	24,36	1,36	52,40	53,10	52,75	0,49	56,79	57,50	57,15	0,50	94,80	95,20	95,00	0,28
1,26	13,20	14,10	13,65	0,64	17,90	18,20	18,05	0,21	33,10	33,90	33,50	0,57	47,20	48,67	47,94	1,04	61,80	62,60	62,20	0,57
2,51	11,20	11,50	11,35	0,21	11,30	12,30	11,80	0,71	26,82	27,10	26,96	0,20	27,93	28,94	28,44	0,71	31,25	31,70	31,48	0,32
6,28	6,17	6,36	6,27	0,13	7,20	7,89	7,55	0,49	12,46	12,76	12,61	0,21	19,50	19,12	19,31	0,27	21,06	21,22	21,14	0,11
12,57	4,20	4,40	4,30	0,14	4,49	4,78	4,64	0,21	6,44	6,52	6,48	0,06	8,92	8,14	8,53	0,56	15,77	16,90	16,34	0,80
14,66	3,80	3,90	3,85	0,07	3,48	3,89	3,68	0,29	4,62	4,80	4,71	0,13	6,10	6,84	6,47	0,52	9,30	9,10	9,20	0,14

*Valores promedio y *desviación típica (s.d.) de 2 repeticiones. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá.

Tabla 7. Valores de viscosidad aparente (μ_F) ($Pa \cdot s$) de las diferentes formulaciones de mayonesas

$\dot{\gamma}$ (s^{-1})	MGG02				MGG05				MGG07				MGG10			
	R 1	R 2	*Media	*s.d.	R 1	R 2	*Media	*s.d.	R 1	R 2	*Media	*s.d.	R 1	R 2	*Media	**s.d.
0,06	195,00	198,00	196,50	2,12	312,00	314,00	313,00	1,41	490,00	498,00	494,00	5,66	1292,00	1302,00	1297,00	7,07
0,13	99,00	110,00	104,50	7,78	163,00	164,20	163,60	0,85	295,00	297,00	296,00	1,41	800,30	805,30	802,80	3,54
0,31	69,60	72,00	70,80	1,70	79,50	80,20	79,85	0,49	185,60	188,20	186,90	1,84	349,60	350,70	350,15	0,78
0,63	47,20	49,30	48,25	1,48	54,80	55,12	54,96	0,23	155,00	156,32	155,66	0,93	199,00	201,20	200,10	1,56
1,26	28,20	29,14	28,67	0,66	38,30	39,10	38,70	0,57	97,10	98,12	97,61	0,72	110,20	111,00	110,60	0,57
2,51	17,55	18,12	17,84	0,40	25,50	26,22	25,86	0,51	28,60	29,30	28,95	0,49				
6,28	9,32	9,81	9,57	0,35	15,26	15,94	15,60	0,48	16,10	17,10	16,60	0,71				
12,57	6,20	6,30	6,25	0,07	9,64	10,32	9,98	0,48	11,72	11,50	11,61	0,16				
14,66	5,50	5,70	5,60	0,14	8,85	9,20	9,02	0,25	9,40	9,90	9,65	0,35				

*Valores promedio y *desviación típica (s.d.) de 2 repeticiones. MGG02: mayonesa con $0,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG05: mayonesa con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG07: mayonesa con $0,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG10: mayonesa con $1,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar.

ANEXO C

MÉTODO DE CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS REOLÓGICOS

A partir de los datos de viscosidad aparente y velocidad de cizalladura (Tabla 6 yTabla 7) se calculó mediante la Ecuación 1 el esfuerzo cortante:

$$\sigma = \dot{\gamma} * \mu_F \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde,

σ : Esfuerzo cortante (Pa)

$\dot{\gamma}$: Gradiente de cizalladura (s^{-1})

μ_F : Viscosidad aparente (Pa·s)

Ejemplo:

$$\sigma = \dot{\gamma} \cdot \mu_F$$

$$\sigma = 0,06 \text{ s}^{-1} \cdot 114,40 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\sigma = 7,19 \text{ Pa}$$

Los resultados finales se muestran en la Tabla 8 yTabla 9, con los cuales se estableció la Figura 1 que indica la tendencia cualitativa de tipo de fluido que muestra la mayonesa elaborada mediante cada formulación.

Tabla 8. Valores de esfuerzo de corte (σ) (Pa) de las diferentes formulaciones de mayonesas.

$\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)	MSE				MMC02				MMC05				MMC07				MMC10			
	R 1	R 2	Media	s.d.	R 1	R 2	Media	s.d.	R 1	R 2	Media	s.d.	R 1	R 2	Media	s.d.	R 1	R 2	Media	s.d.
0,06	7,19	7,23	7,21	0,03	8,95	8,98	8,97	0,03	12,38	12,82	12,60	0,32	14,66	14,96	14,81	0,21	19,48	24,69	22,09	3,69
0,13	10,58	10,67	10,62	0,06	11,62	11,71	11,67	0,06	13,19	13,76	13,48	0,40	19,28	19,55	19,42	0,20	30,16	31,16	30,66	0,71
0,31	10,56	10,71	10,63	0,11	12,85	13,07	12,96	0,16	26,11	26,46	26,28	0,25	31,51	31,67	31,59	0,11	38,96	41,47	40,21	1,78
0,63	11,37	12,06	11,72	0,49	14,70	15,91	15,31	0,85	32,92	33,36	33,14	0,31	35,68	36,13	35,91	0,32	59,56	59,82	59,69	0,18
1,26	16,59	17,72	17,15	0,80	22,49	22,87	22,68	0,27	41,59	42,60	42,10	0,71	59,31	61,16	60,24	1,31	77,66	78,67	78,16	0,71
2,51	28,15	28,90	28,53	0,53	28,40	30,91	29,66	1,78	67,41	68,11	67,76	0,50	70,20	72,73	71,46	1,79	78,54	79,67	79,11	0,80
6,28	38,77	39,96	39,36	0,84	45,24	49,57	47,41	3,07	78,30	80,17	79,24	1,32	122,52	120,13	121,33	1,69	132,32	133,33	132,83	0,71
12,57	52,78	55,29	54,04	1,78	56,42	60,07	58,25	2,58	80,93	81,93	81,43	0,71	112,09	102,23	107,16	6,98	198,17	212,37	205,27	10,04
14,66	55,71	57,18	56,44	1,04	51,00	57,03	54,02	4,26	67,73	70,37	69,05	1,87	89,43	100,28	94,86	7,67	136,35	133,41	134,88	2,07

*Valores promedio y *desviación típica (s.d.) de 2 repeticiones. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chía.

Tabla 9. Valores de esfuerzo de corte (σ) (Pa) de las diferentes formulaciones de mayonesas

$\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)	MGG02				MGG05				MGG07				MGG10			
	R 1	R 2	Media	s.d.	R 1	R 2	Media	s.d.	R 1	R 2	Media	s.d.	R 1	R 2	Media	s.d.
0,06	12,25	12,44	12,35	0,13	19,60	19,73	19,67	0,09	30,79	31,29	31,04	0,36	81,18	81,81	81,49	0,44
0,13	12,44	13,82	13,13	0,98	20,48	20,63	20,56	0,11	37,07	37,32	37,20	0,18	100,57	101,20	100,88	0,44
0,31	21,87	22,62	22,24	0,53	24,98	25,20	25,09	0,16	58,31	59,12	58,72	0,58	109,83	110,18	110,00	0,24
0,63	29,66	30,98	30,32	0,93	34,43	34,63	34,53	0,14	97,39	98,22	97,80	0,59	125,04	126,42	125,73	0,98
1,26	35,44	36,62	36,03	0,84	48,13	49,13	48,63	0,71	122,02	123,30	122,66	0,91	138,48	139,49	138,98	0,71
2,51	44,11	45,54	44,82	1,01	64,09	65,90	64,99	1,28	71,88	73,64	72,76	1,24				
6,28	58,56	61,64	60,10	2,18	95,88	100,15	98,02	3,02	101,16	107,44	104,30	4,44				
12,57	77,91	79,17	78,54	0,89	121,14	129,68	125,41	6,04	147,28	144,51	145,90	1,95				
14,66	80,66	83,57	82,11	2,05	129,72	134,88	132,30	3,65	137,81	145,14	141,48	5,18				

*Valores promedio y *desviación típica (s.d.) de dos repeticiones. MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar.

ANEXO D

MÉTODO DE AJUSTE DE MODELOS REOLÓGICOS

Determinación de umbral de fluencia

Para la determinación del umbral de fluencia se empleó la ecuación de Casson (Ecuación 3),

$$\sigma^{0,5} = (\sigma_o)^{0,5} + K^{0,5}(\dot{\gamma})^{0,5} \quad (\text{Ec. 3})$$

Representando los valores de $\dot{\gamma}^{0,5}$ frente a $\sigma^{0,5}$ (Tabla 10) se ajusta una ecuación de regresión lineal cuyo corte con el eje Y es el valor de $(\sigma_o)^{0,5}$. σ_o Se obtiene elevando al cuadrado el valor anterior.

Ejemplo:

Tabla 10. Datos de esfuerzo corte (σ) y gradiente de cizalladura ($\dot{\gamma}$); Réplica 1 de mayonesa sin estabilizante (MSE).

$\dot{\gamma}$ (s^{-1})	σ (Pa)	$\sigma^{0,5}$	$\dot{\gamma}^{0,5}$
0,06	7,19	2,68	0,25
0,13	10,58	3,25	0,35
0,31	10,56	3,25	0,56
0,63	11,37	3,37	0,79
1,26	16,59	4,07	1,12
2,51	28,15	5,31	1,59
6,28	38,77	6,23	2,51
12,57	52,78	7,26	3,54
14,66	55,71	7,46	3,83

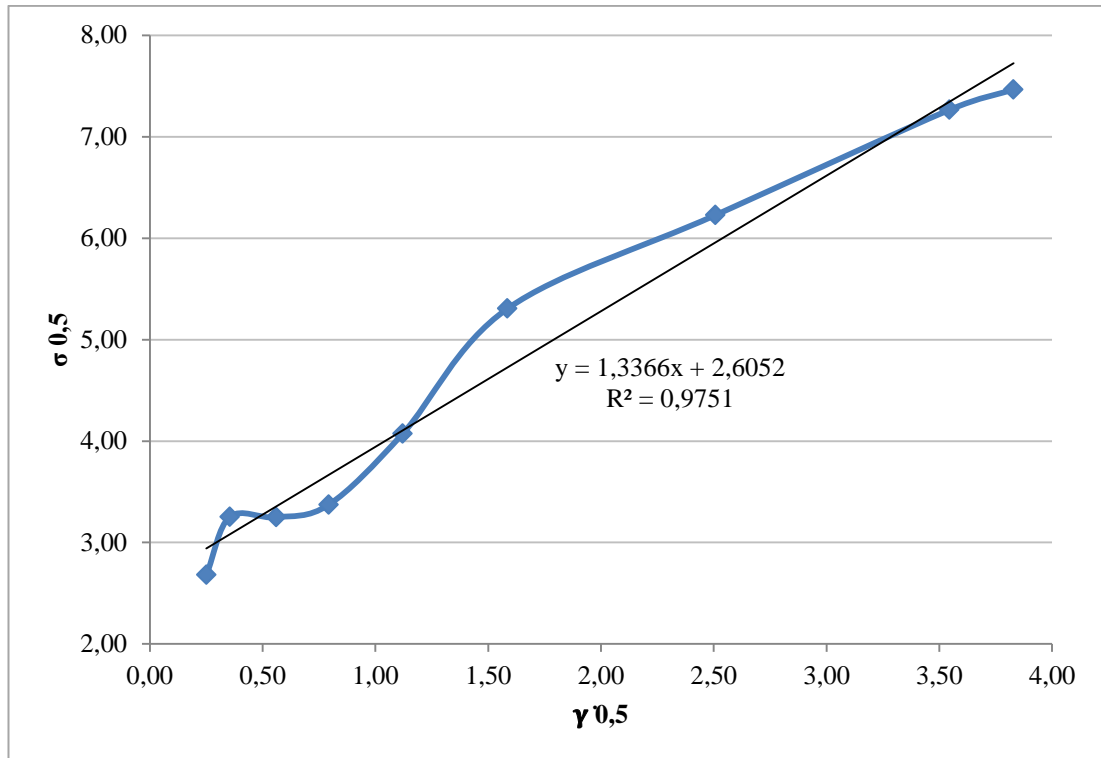


Figura 8. Linealización de datos de esfuerzo de corte vs velocidad de deformación (n); Réplica 1 de mayonesa sin estabilizante (MSE).

$$\sigma^{0,5} = 1,3366 \cdot \dot{\gamma}^{0,5} + 2,6052$$

Cuando $\dot{\gamma}^{0,5} = 0$,

$$\sigma^{0,5} = 2,6052$$

$$\sigma_o = (2,60)^2$$

$$\sigma_o = 6,79 \text{ Pa}$$

Determinación del índice de consistencia y el índice de comportamiento al flujo

Se llevó a cabo mediante la linealización logarítmica de los parámetros de la ecuación de Herschel-Bulkley (Ec. 4), mostrados en la Figura 9.

$$\ln(\sigma - \sigma_o) = \ln K + n \ln(\dot{\gamma}) \quad \text{(Ec. 4)}$$

Tabla 11. Datos de esfuerzo corte (σ), logaritmicación del gradiente de cizalladura ($\ln\dot{\gamma}$) y de la diferencia del esfuerzo de corte con el umbral de fluencia.; Réplica 1 de mayonesa sin estabilizante (MSE).

$\dot{\gamma}$ (s^{-1})	σ^o	$\ln(\dot{\gamma})$	$\ln(\sigma - \sigma^o)$
0,06	6,79	-2,77	-0,91
0,13	6,79	-2,07	1,33
0,31	6,79	-1,16	1,33
0,63	6,79	-0,46	1,52
1,26	6,79	0,23	2,28
2,51	6,79	0,92	3,06
6,28	6,79	1,84	3,47
12,57	6,79	2,53	3,83
14,66	6,79	2,69	3,89

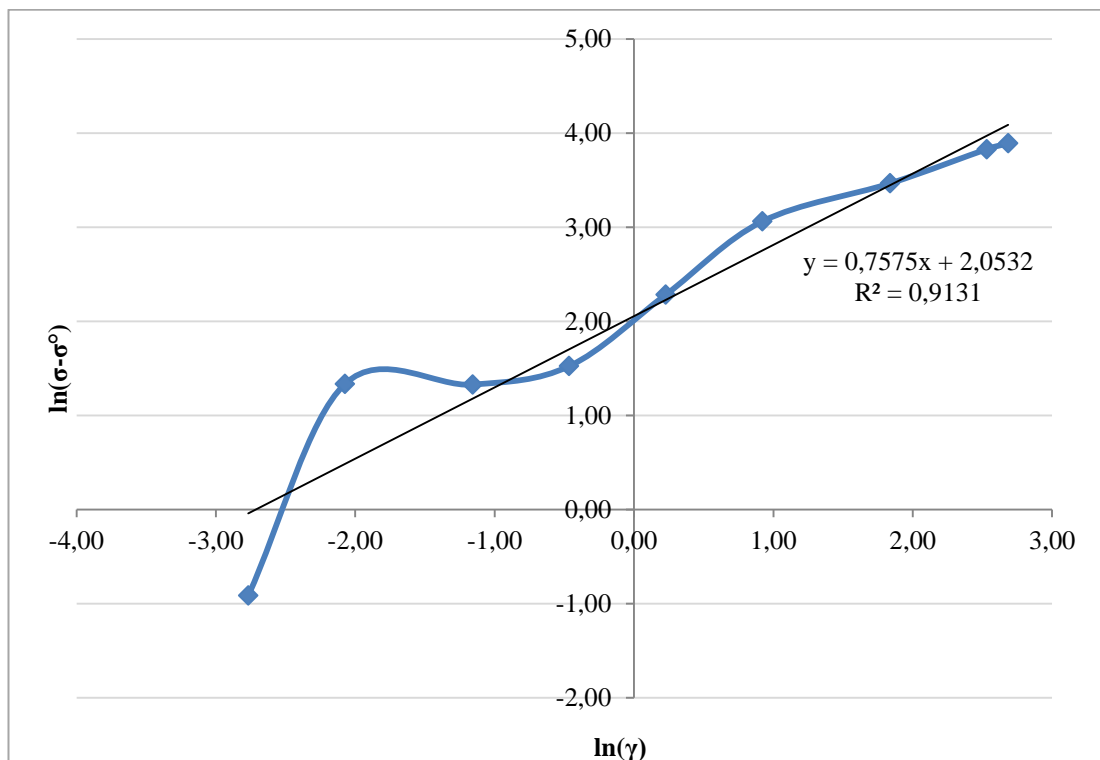


Figura 9. Determinación de índice de consistencia (k) y índice de comportamiento al flujo (n); Réplica 1 de mayonesa sin estabilizante (MSE).

Representando los valores de $\ln(\dot{\gamma})$ frente a $\ln(\sigma - \sigma_0)$ (Tabla 11) se ajusta una ecuación de regresión lineal cuya pendiente es igual al índice de comportamiento al flujo (n). Cuando $\ln(\dot{\gamma}) = 0$, $\ln(\sigma - \sigma_0) = \ln k$. Elevando a e ambos miembros de la igualdad se obtiene directamente el valor de k

Ejemplo:

$$\ln(\sigma - \sigma_o) = n \ln(\dot{\gamma}) + \ln k$$

$$\ln(\sigma - \sigma_o) = 0,7575 \cdot \ln(\dot{\gamma}) + 2,0532$$

$$n = \textit{Pendiente}$$

$$n = 0,75$$

$$2,0532 = \ln k$$

$$k = e^{2,0532}$$

$$k = 7,79 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$$

Los resultados de índice de consistencia (k) y comportamiento al flujo(n) se muestran en las Tabla 21 Tabla 23.

ANEXO E

FIGURAS Y TABLAS DE PARÁMETROS REOLÓGICOS

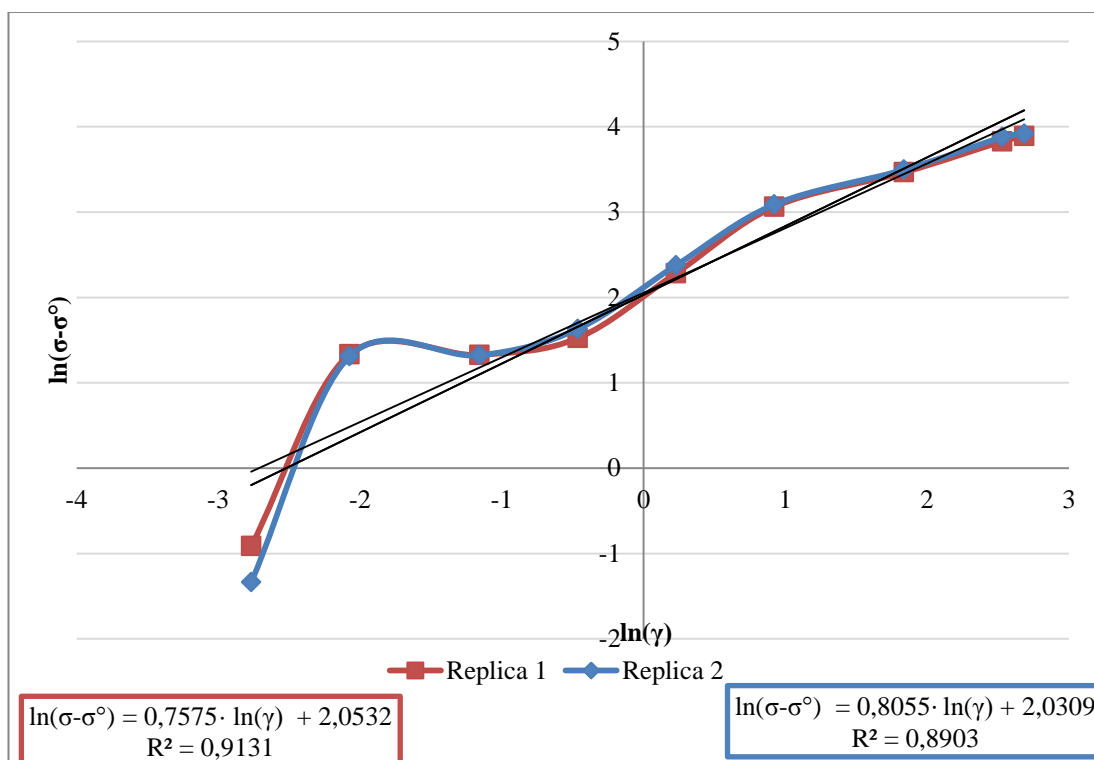


Figura 10. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MSE (Mayonesa sin estabilizante).

Tabla 12. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada sin estabilizante

Parámetros	Réplica 1	Réplica 2
a	2,05	2,03
b	0,76	0,81
r	0,96	0,94
R^2	0,91	0,89
n	0,76	0,81
k (Pa·s ⁿ)	7,79	7,62

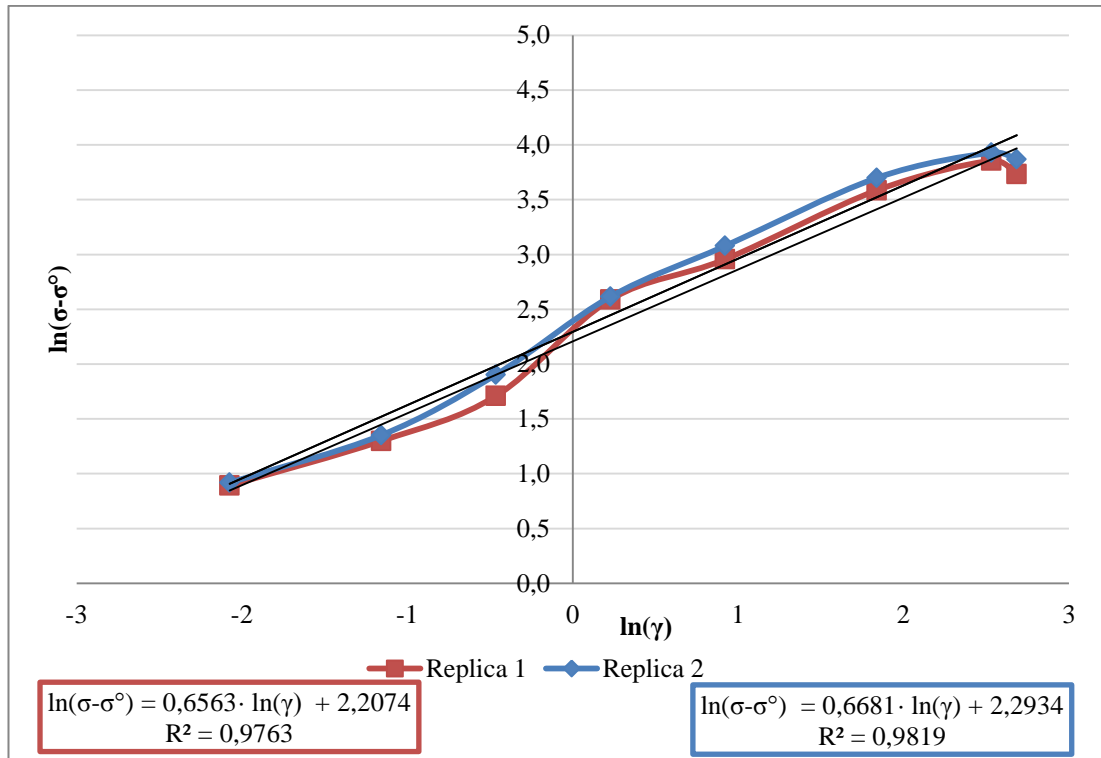


Figura 11. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chía.

Tabla 13. Parámetros reológicos para la mayonesa formulada con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chía.

Parámetros	Réplica 1	Réplica 2
a	2,21	2,29
b	0,66	0,67
r	0,99	0,99
R ²	0,98	0,98
n	0,66	0,67
k (Pa·s ⁿ)	9,09	9,91

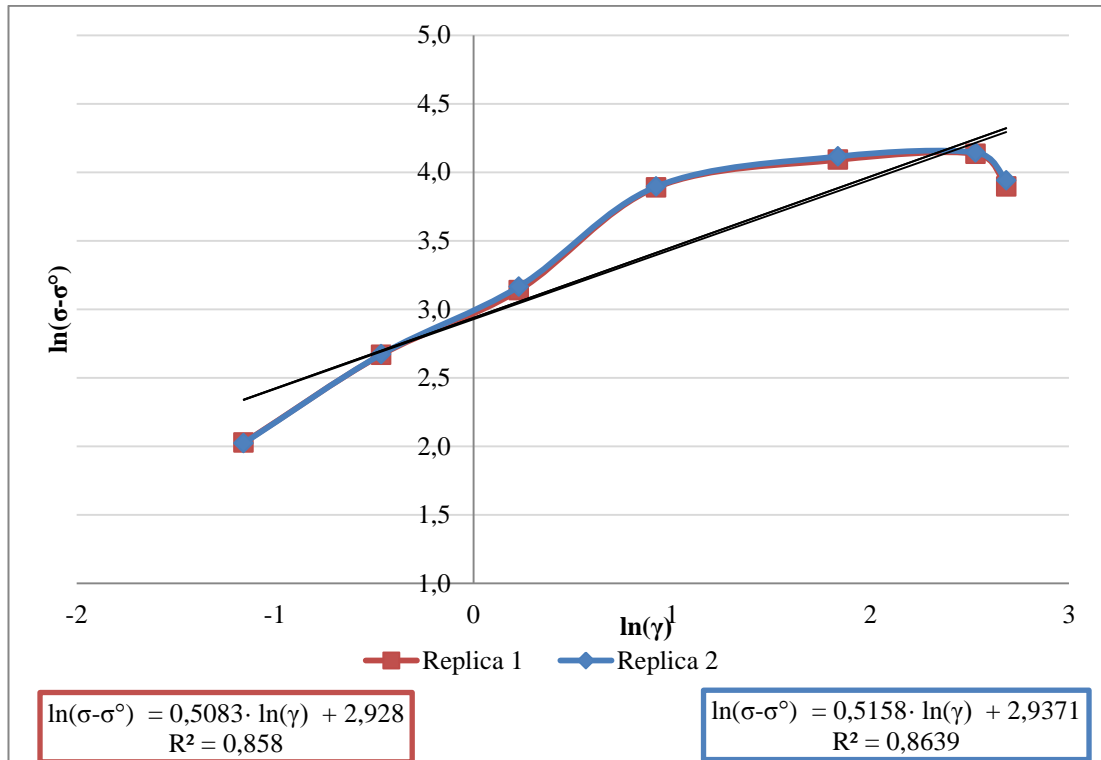


Figura 12. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chía

Tabla 14. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chía

Parámetros	Réplica 1	Réplica 2
a	2,93	2,94
b	0,51	0,52
r	0,93	0,93
R ²	0,86	0,86
n	0,51	0,52
k (Pa·s ⁿ)	18,69	18,86

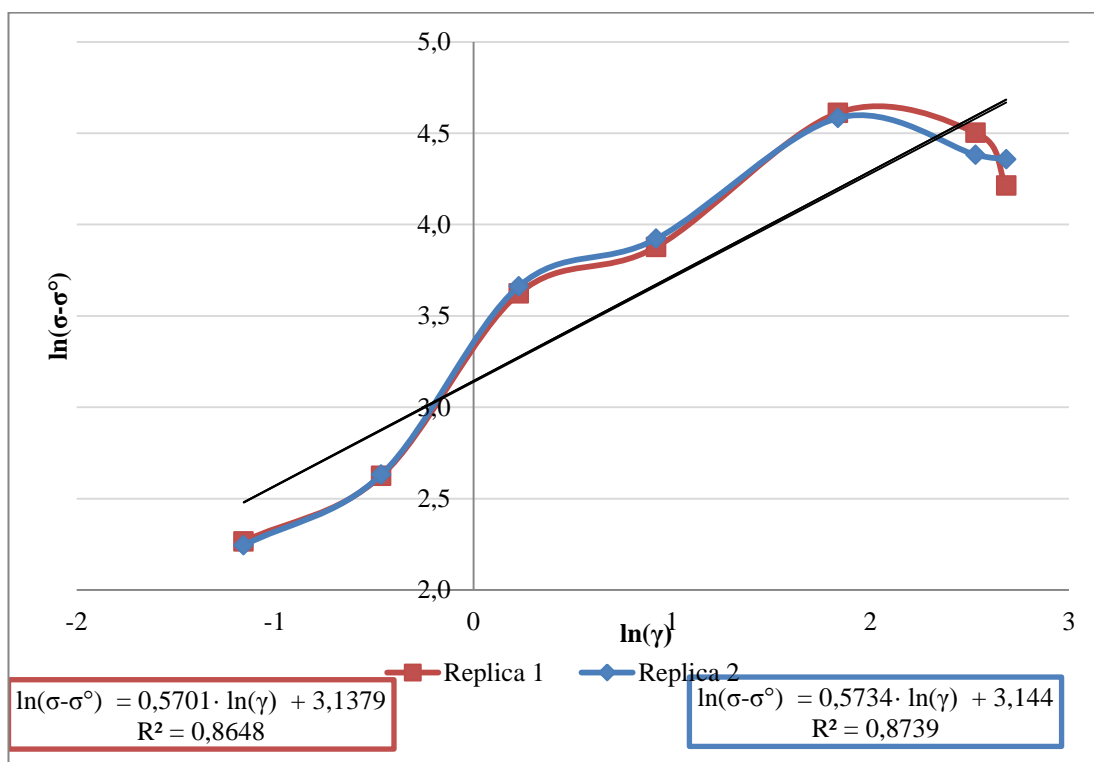


Figura 13. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chía

Tabla 15. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chía

Parámetros	Réplica 1	Réplica 2
a	3,14	3,14
b	0,57	0,57
r	0,93	0,93
R ²	0,86	0,87
n	0,57	0,57
k (Pa·s ⁿ)	23,06	23,20

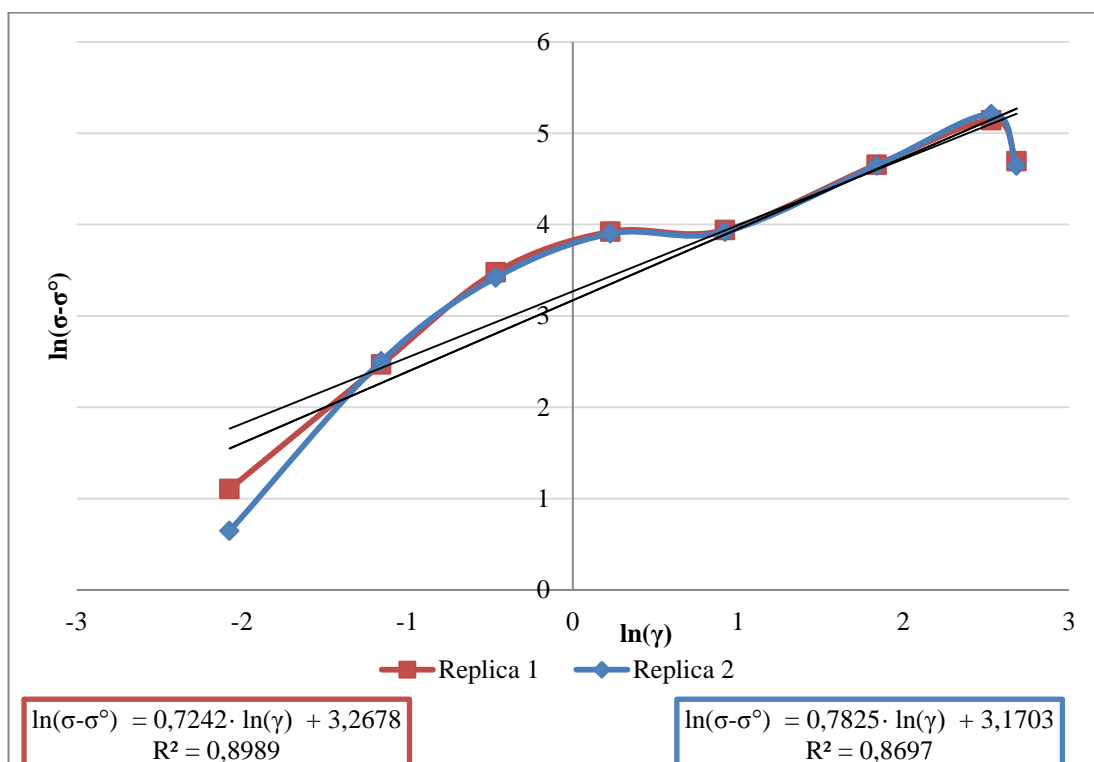


Figura 14. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MMC10: mayonesa con 1 g·kg⁻¹ de mucílago de chía

Tabla 16. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 1 g·kg⁻¹ de mucílago de chía

Parámetros	Réplica 1	Réplica 2
a	3,27	3,17
b	0,72	0,78
r	0,95	0,93
R ²	0,90	0,87
n	0,72	0,78
k (Pa·s ⁿ)	26,25	23,81

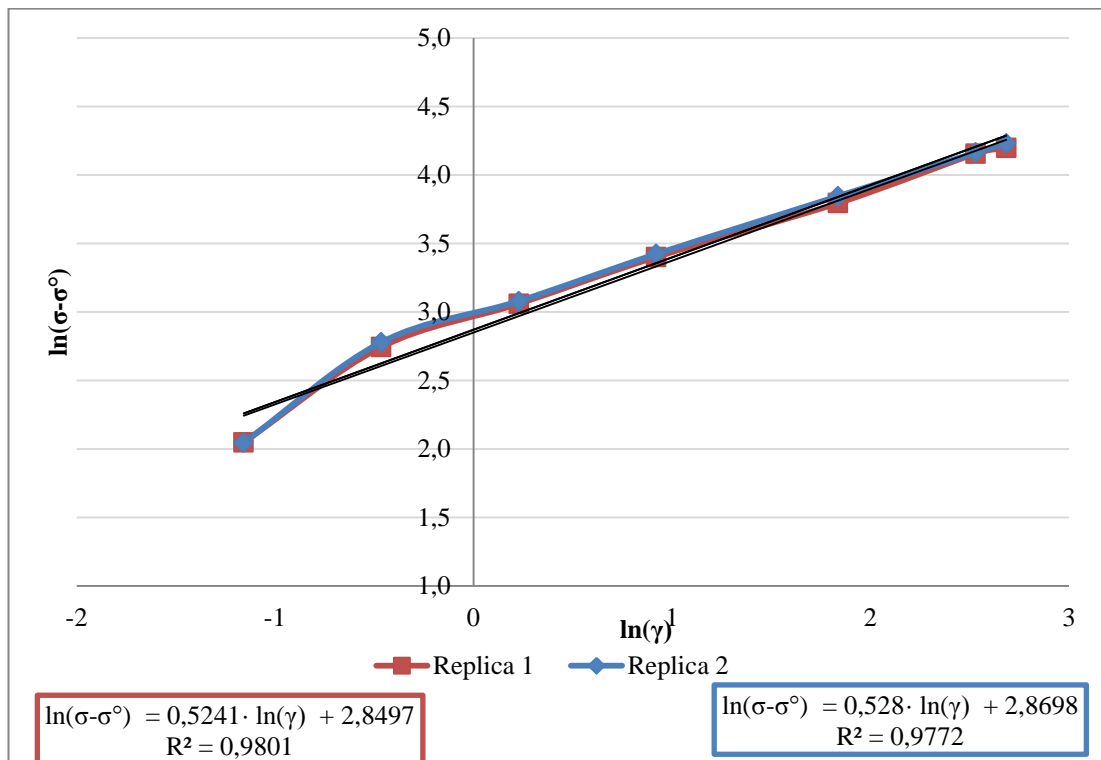


Figura 15. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar.

Tabla 17. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar

Parámetros	Réplica 1	Réplica 2
a	2,85	2,87
b	0,52	0,53
r	0,99	0,99
R ²	0,98	0,98
n	0,52	0,53
k (Pa·s ⁿ)	17,28	17,63

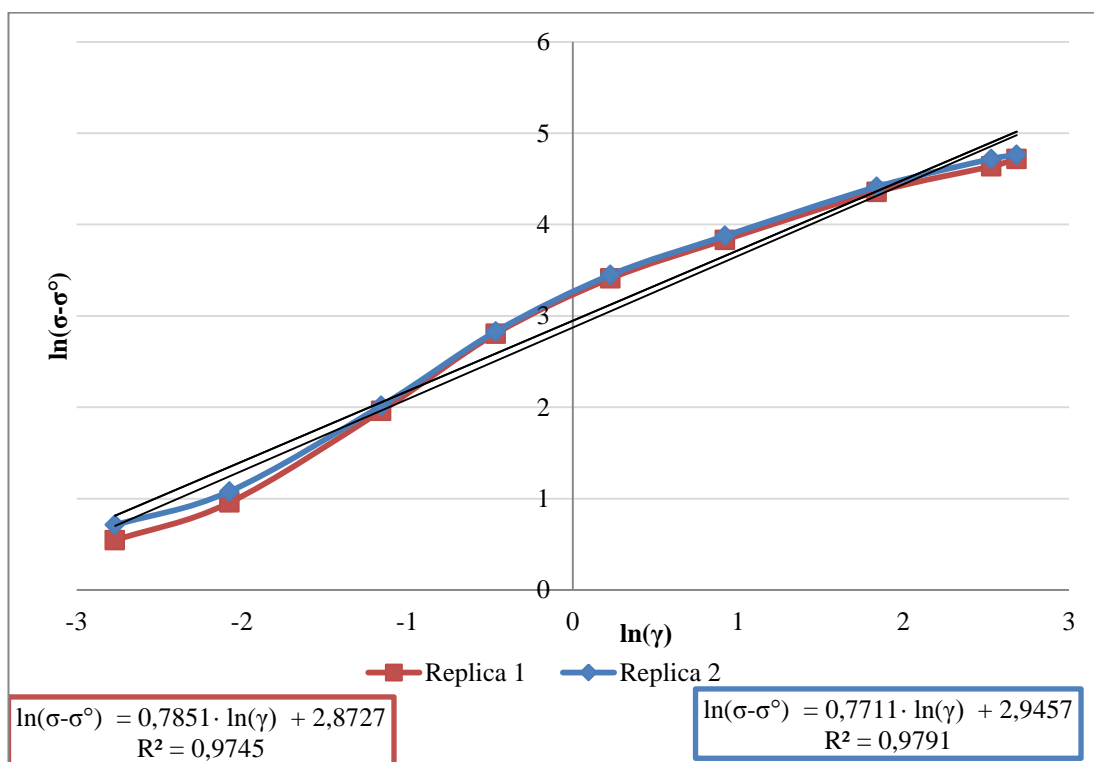


Figura 16. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar.

Tabla 18. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar

Parámetros	Réplica 1	Réplica 2
a	2,87	2,95
b	0,79	0,77
r	0,99	0,99
R ²	0,97	0,98
n	0,79	0,77
k (Pa·s ⁿ)	17,68	19,02

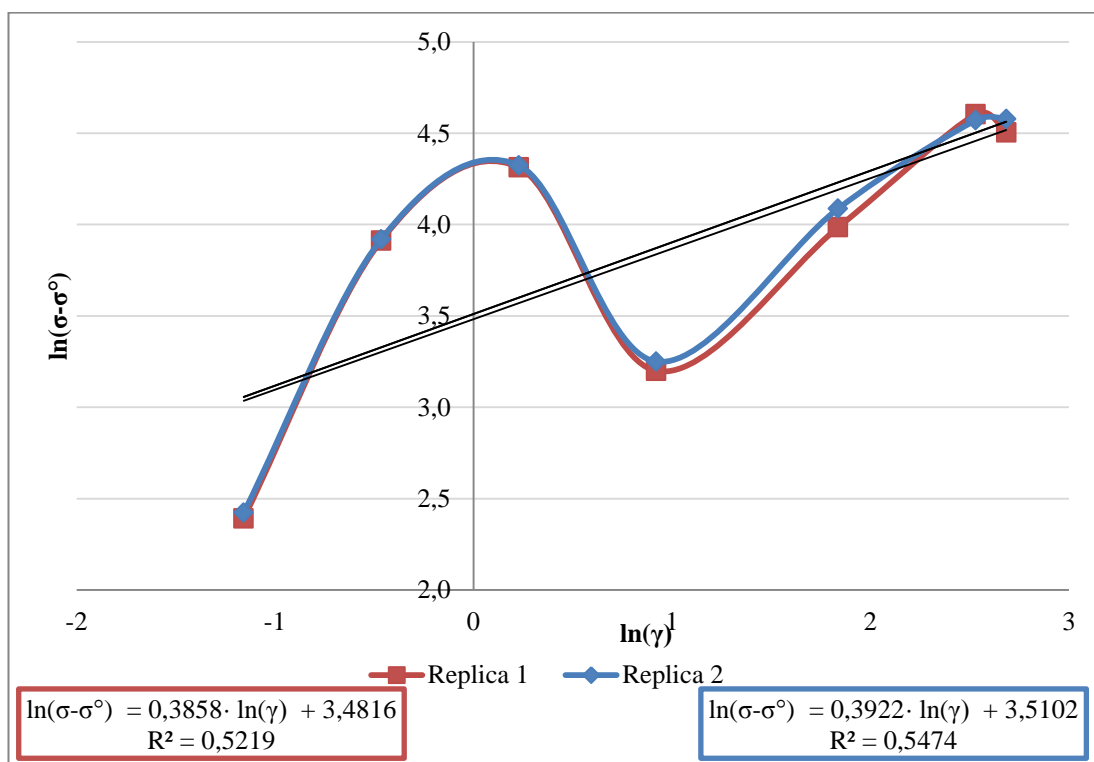


Figura 17. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar.

Tabla 19. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar

Parámetros	Réplica 1	Réplica 2
a	3,48	3,51
b	0,39	0,39
r	0,72	0,74
R ²	0,52	0,55
n	0,39	0,39
k (Pa·s ⁿ)	32,51	33,45

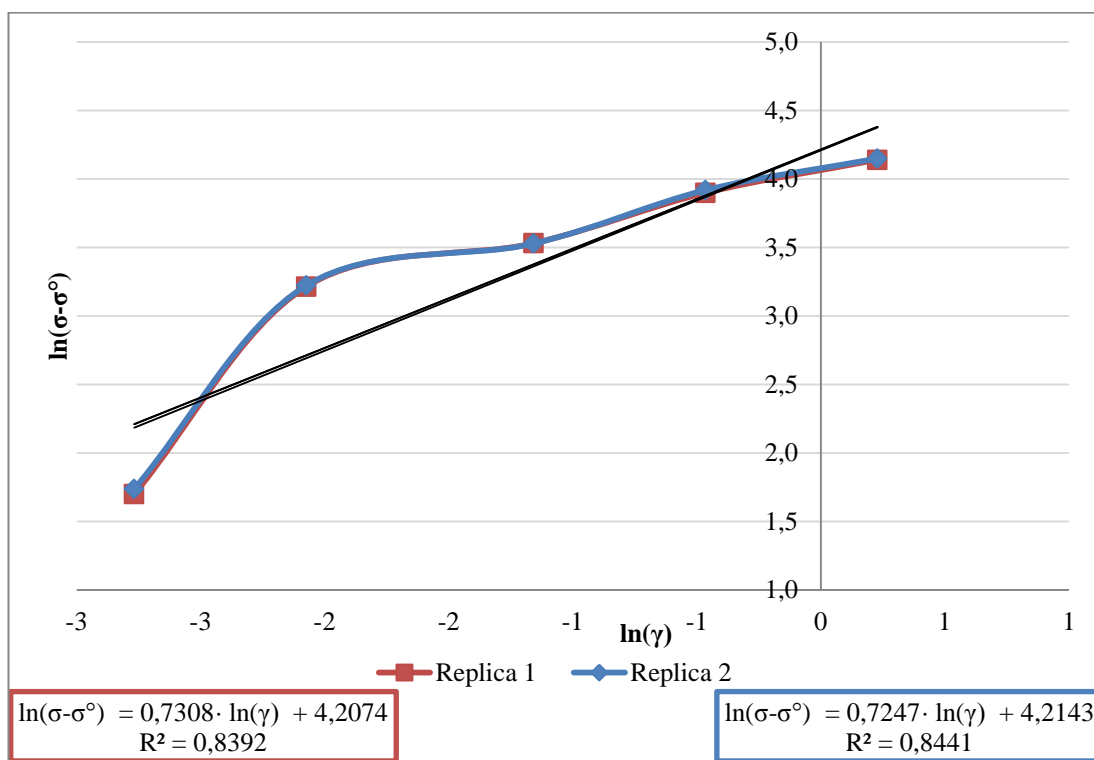


Figura 18. Linealización para la determinación de índice de consistencia (k) e índice de comportamiento al flujo (n); MGG10: mayonesa con 1 g·kg⁻¹ de goma guar

Tabla 20. Parámetros reológicos de la mayonesa formulada con 1 g·kg⁻¹ de goma guar

Parámetros	Réplica 1	Réplica 2
a	4,21	4,21
b	0,73	0,72
r	1,00	0,99
R ²	0,99	0,99
n	0,73	0,72
k (Pa·s ⁿ)	67,18	67,64

ANEXO F

RESUMEN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS

Tabla 21. Valores de índice de consistencia (k) (Pa.sⁿ) para cada formulación de mayonesa

Tratamientos	Réplica 1	Réplica 2	*Media	*s.d.
MSE	7,79	7,62	7,71	0,12
MMC02	9,09	9,91	9,50	0,58
MMC05	18,69	18,86	18,78	0,12
MMC07	23,06	23,20	23,13	0,10
MMC10	26,25	23,81	25,03	1,73
MGG02	17,28	17,63	17,46	0,25
MGG05	17,68	19,02	18,35	0,95
MGG07	32,51	33,45	32,98	0,67
MGG10	67,18	67,64	67,41	0,33

*Valores promedio y *desviación típica (s.d.) de 2 repeticiones. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar.

Tabla 22. ANOVA para el índice de consistencia (k) (Pa.sⁿ)

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	5085,55	8	635,694	1078,49	0,0000
B:Réplica	0,144346	1	0,144346	0,24	0,6340
RESIDUOS	4,71544	8	0,58943		
TOTAL (CORREGIDO)	5090,41	17			

Tabla 23. Valores de índice de comportamiento al flujo (n) para cada tratamiento de mayonesa

Tratamientos	Réplica 1	Réplica 2	*Media	*s.d.
MSE	0,76	0,81	0,78	3,39E-02
MMC02	0,66	0,67	0,66	8,35E-03
MMC05	0,51	0,52	0,51	5,30E-03
MMC07	0,57	0,57	0,57	2,32E-03
MMC10	0,72	0,78	0,75	4,12E-02
MGG02	0,52	0,53	0,53	2,75E-03
MGG05	0,79	0,77	0,78	9,86E-03
MGG07	0,39	0,39	0,39	4,50E-03
MGG10	0,73	0,72	0,73	4,33E-03

*Valores promedio y *desviación típica (s.d.) de 2 repeticiones. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar.

Tabla 24. ANOVA para el índice de comportamiento al flujo (n)

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	0,313546	8	0,0391932	135,66	0,0000
B:Réplica	0,000788045	1	0,000788045	2,73	0,1372
RESIDUOS	0,00231128	8	0,00028891		
TOTAL (CORREGIDO)	0,316645	17			

ANEXO G

ANÁLIS ESTADÍSTICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO A PARTIR DE LA ACEPTABILIDAD DE LA CONSISTENCIA

Tabla 25. Datos obtenidos de la valoración de la aceptabilidad de todos los tratamientos más un control externo (mayonesa Maggie)

Catadores	Tratamientos	Respuesta	Catadores	Tratamientos	Respuesta	Catadores	Tratamientos	Respuesta
C1	MMC05	5	C16	MGG05	5	C31	MMC02	4
C1	MMC10	5	C16	MSE	4	C31	MGG05	4
C2	MSE	5	C17	MGG07	4	C32	MGG07	5
C2	Maggie	5	C17	MMC05	4	C32	MMC05	4
C3	MGG02	5	C18	MMC10	2	C33	MMC10	2
C3	MGG10	4	C18	MSE	5	C33	Maggie	4
C4	MMC07	4	C19	Maggie	4	C34	MGG02	4
C4	MMC02	5	C19	MGG02	4	C34	MGG10	4
C5	MGG05	4	C20	MGG10	2	C35	MMC07	4
C5	MSE	2	C20	MMC07	3	C35	MMC02	2
C6	MGG07	2	C21	MMC02	5	C36	MGG05	4
C6	MMC05	4	C21	MGG05	5	C36	MGG07	2
C7	MMC10	4	C22	MSE	4	C37	MMC05	3
C7	MSE	4	C22	MGG07	4	C37	MMC10	3
C8	Maggie	3	C23	MMC05	4	C38	Maggie	3
C8	MGG02	4	C23	MMC10	5	C38	MGG02	4
C9	MGG10	4	C24	MSE	4	C39	MGG10	3
C9	MMC07	3	C24	Maggie	5	C39	MMC07	4
C10	MMC02	3	C25	MGG02	3	C40	MMC02	3
C10	MGG05	5	C25	MGG10	5	C40	MGG05	5
C11	MSE	5	C26	MMC07	4	C41	MGG07	4
C11	MGG07	5	C26	MMC02	4	C41	MMC05	5
C12	MMC05	4	C27	MGG05	5	C42	MMC10	5
C12	MMC10	4	C27	MGG07	4	C42	Maggie	5
C13	MSE	3	C28	MMC05	4	C43	MGG02	5
C13	Maggie	4	C28	MMC10	4	C43	MGG10	4
C14	MGG02	4	C29	Maggie	4	C44	MMC07	4
C14	MGG10	5	C29	MGG02	2	C44	MMC02	3
C15	MMC07	5	C30	MGG10	2	C45	MGG05	5
C15	MMC02	5	C30	MMC07	5	C45	MGG07	5

MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar.

Tabla 26. Análisis de varianza para la aceptabilidad de la consistencia de la mayonesa para cada tratamiento con un control externo (mayonesa Maggie)

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	9,76396	9	1,08488	1,52	0,1792
B:Catadores	44,9306	44	1,02115	1,43	0,1368
RESIDUOS	25,736	36	0,71489		
TOTAL (CORREGIDO)	76,9889	89			

Tabla 27. Test LSD Fisher, 95 %, para la aceptabilidad de la consistencia de la mayonesa para cada tratamiento con un control externo (mayonesa Maggie)

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
MGG10	9	3,66667	A
MMC10	9	3,77778	A
MMC02	9	3,77778	A
MGG07	9	3,88889	A B
MGG02	9	3,88889	A B
MMC07	9	4,0	A B
MSE	9	4,0	A B
MMC05	9	4,11111	A B
Maggie	9	4,11111	A B
MGG05	9	4,66667	B

MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar.

ANEXO H

DATOS Y RESULTADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS A 5, 25 Y 35 °C

Tabla 28. Consumo de tiosulfato de sodio y peso de las muestras de mayonesa elaboradas con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar durante el estudio de vida útil

Temperatura (°C)	Tiempo (días)	(mL NaOH)		Peso (g)	
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
5	0	0,3	0,4	5,0171	5,3960
	3	0,3	0,4	5,2213	5,0645
	6	0,4	0,5	5,1801	5,1094
	9	0,6	0,6	5,6743	5,1451
	12	0,7	0,7	5,0299	5,2527
	15	0,8	0,9	5,7665	5,2674
	18	1,1	1	5,2648	5,1295
20	0	0,3	0,4	5,1796	5,3847
	3	0,6	0,5	5,2110	5,0723
	6	0,8	0,7	5,1087	5,1950
	9	1,1	1,2	5,2918	5,1504
	12	1,5	1,5	5,0280	5,1134
	15	1,8	1,7	5,8462	5,9328
	18	2,3	2,2	5,4761	5,7934
35	0	0,3	0,4	5,0248	5,3632
	3	0,8	0,8	5,5668	5,0892
	6	1,2	1,3	5,3024	5,8479
	9	1,6	1,5	5,1586	5,3115
	12	2,3	2,4	5,2307	5,7239
	15	3,1	3,1	5,6284	5,2028
	18	4,2	4,2	5,2820	5,1621

Tabla 29. Evolución en el tiempo del índice de peróxidos (meq O₂·kg⁻¹) de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar durante los estudios de vida útil llevados a cabo a 5, 20 y 35 °C.

Temperatura (°C)	Tiempo (días)	Réplica 1	Réplica 2	*Media	*s.d.
5 °C	0	3,5877	4,4477	4,0177	0,6081
	3	3,4474	4,7389	4,0931	0,9132
	6	4,6331	5,8715	5,2523	0,8757
	9	6,3444	6,9969	6,6707	0,4614
	12	8,3501	7,9959	8,1730	0,2504
	15	8,3239	10,2517	9,2878	1,3632
	18	12,5361	11,6970	12,1166	0,5933
20 °C	0	3,4752	4,4571	3,9661	0,6943
	3	6,9085	5,9145	6,4115	0,7029
	6	9,3957	8,0847	8,7402	0,9270
	9	12,4721	13,9795	13,2258	1,0659
	12	17,8998	17,6008	17,7503	0,2114
	15	18,4735	17,1926	17,8330	0,9058
	18	25,2004	22,7845	23,9925	1,7083
35 °C	0	3,5822	4,4749	4,0286	0,6312
	3	8,6225	9,4317	9,0271	0,5722
	6	13,5788	13,3381	13,4584	0,1702
	9	18,6097	16,9444	17,7770	1,1776
	12	26,3827	25,1577	25,7702	0,8662
	15	33,0467	35,7500	34,3983	1,9115
	18	47,7092	48,8173	48,2633	0,7836

*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de 2 repeticiones

Tabla 30. Análisis de varianza para el índice de peróxidos (meq O₂·kg⁻¹) de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar durante el estudio de vida útil a 5, 20 y 35 °C.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Temperatura °C	767,575	2	383,787	9,19	0,0038
B:Tiempo (días)	1301,62	6	216,936	5,20	0,0075
RESIDUOS	501,002	12	41,7502		
TOTAL (CORREGIDO)	2570,19	20			

ANEXO I

**DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN DEL
PROCESO DE DETERIORO (INCREMENTO DEL ÍNDICE DE
PERÓXIDOS) DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE LA
MAYONESA ELABORADA CON $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DE GOMA GUAR**

Tabla 31. Evolución en el tiempo del índice de peróxidos (IP) de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar. Transformación de los valores de IP para el cálculo del orden de reacción.

Temperatura (°C)	Tiempo (h)	IP (meqO₂·kg⁻¹)	ln (IP)	1/IP
5	0	4,0177	1,3907	0,2489
	72	4,0931	1,4093	0,2443
	144	5,2523	1,6587	0,1904
	216	6,6707	1,8977	0,1499
	288	8,1730	2,1008	0,1224
	360	9,2878	2,2287	0,1077
	432	12,1166	2,4946	0,0825
20	0	3,9661	1,3778	0,2521
	72	6,4115	1,8581	0,1560
	144	8,7402	2,1679	0,1144
	216	13,2258	2,5822	0,0756
	288	17,7503	2,8764	0,0563
	360	17,8330	2,8811	0,0561
	432	23,9925	3,1777	0,0417
35	0	4,0286	1,3934	0,2482
	72	9,0271	2,2002	0,1108
	144	13,4584	2,5996	0,0743
	216	17,7770	2,8779	0,0563
	288	25,7702	3,2492	0,0388
	360	34,3983	3,5380	0,0291
	432	48,2633	3,8767	0,0207

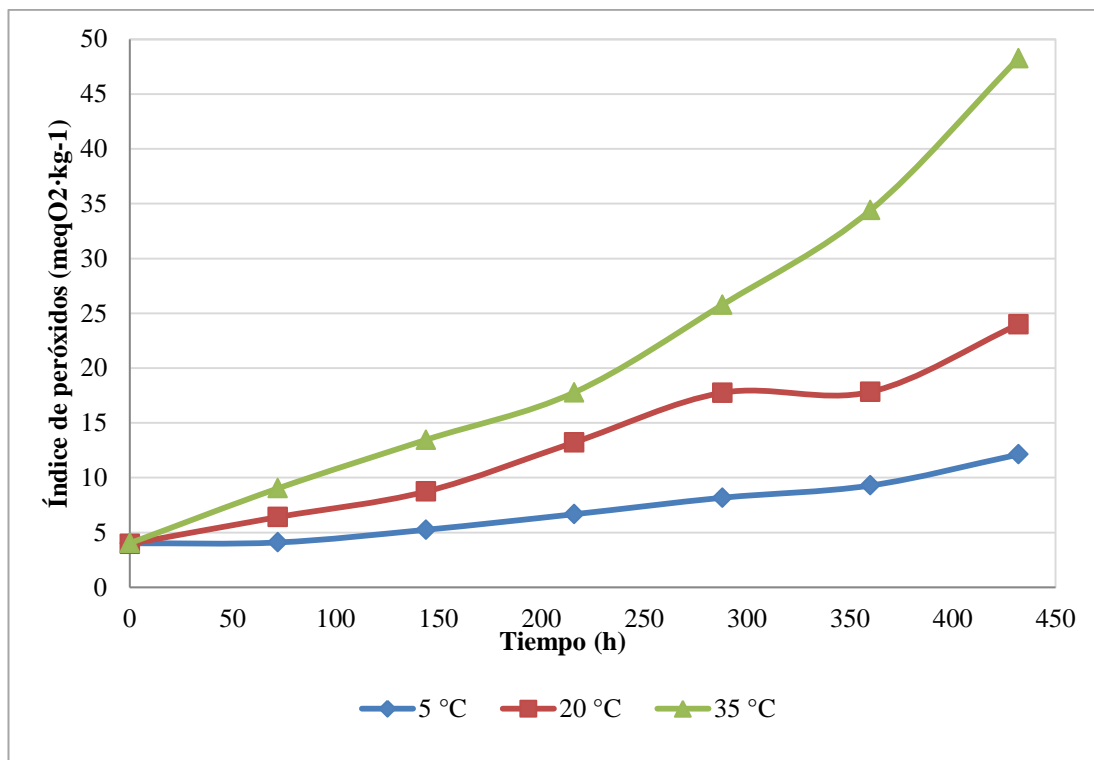


Figura 19. Linealización del índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar

Tabla 32. Ecuaciones cinéticas de orden 0 y coeficientes de determinación para el índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar

Temperatura (°C)	Ecuaciones	R ²
5	$\text{IP} = 3,0580 + 0,0187 t$	0,9487
20	$\text{IP} = 3,2815 + 0,0456 t$	0,9741
35	$\text{IP} = 0,8435 + 0,0971 t$	0,9507

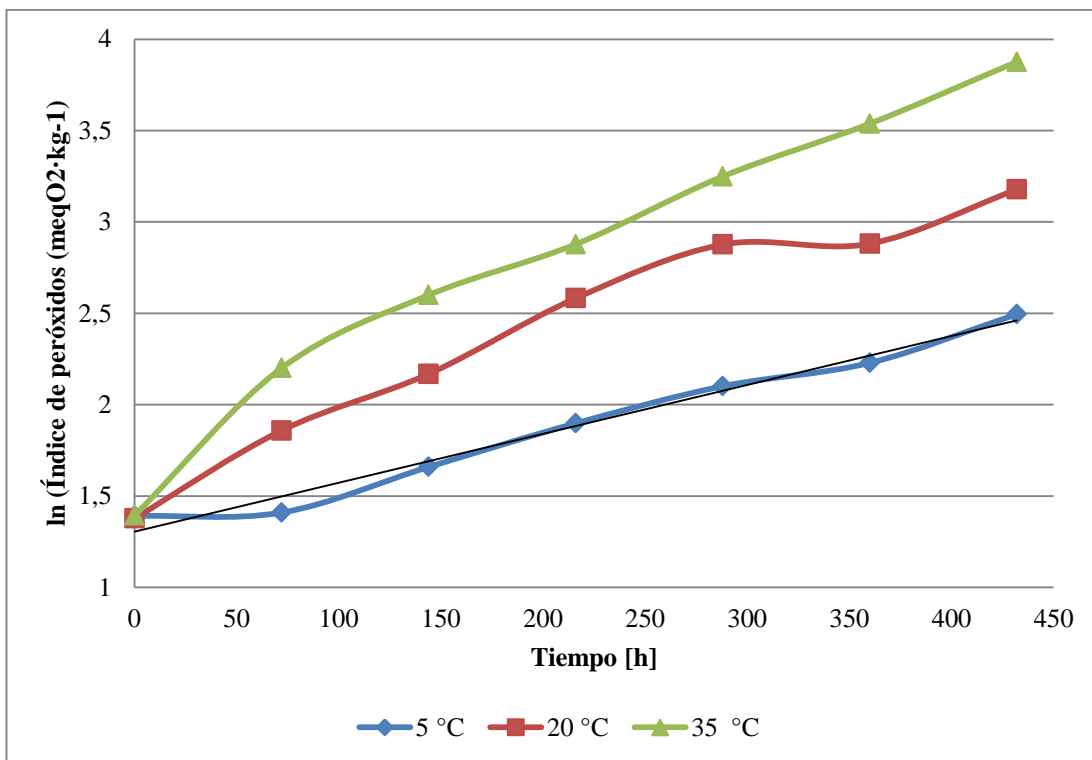


Figura 20. Linealización del logaritmo neperiano del índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar.

Tabla 33 Ecuaciones cinéticas de orden 1 y coeficientes de determinación para el logaritmo neperiano del índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar.

Temperatura (°C)	Ecuaciones	R ²
5	$\ln \text{IP} = 1,3052 + 0,0027 t$	0,9814
20	$\ln \text{IP} = 1,5436 + 0,0040 t$	0,9549
35	$\ln \text{IP} = 1,6648 + 0,0053 t$	0,9671

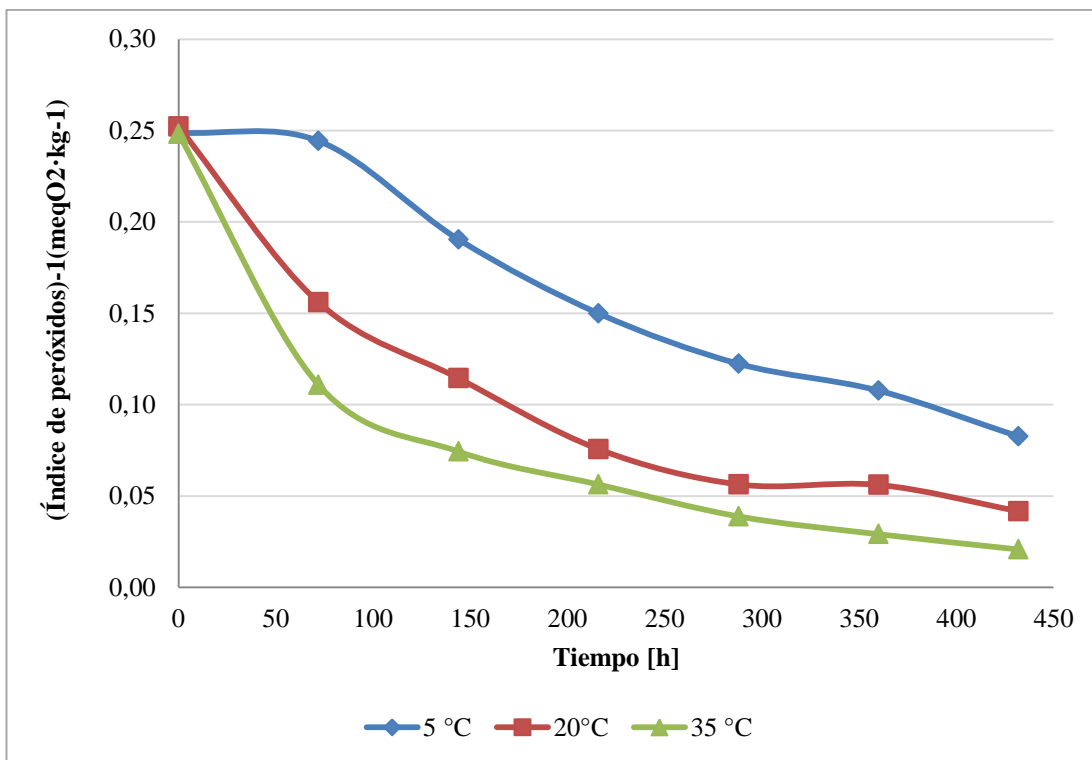


Figura 21. Linealización del inverso del índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar.

Tabla 34. Ecuaciones cinéticas de orden 2 y coeficientes de determinación para el inverso del índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C, para la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar.

Temperatura (°C)	Ecuaciones	R ²
5	$1/\text{IP} = 0,2538 - 0,0004$	0,9666
20	$1/\text{IP} = 0,2027 - 0,0004$	0,8324
35	$1/\text{IP} = 0,1770 - 0,0004$	0,7379

ANEXO J

CÁLCULO DE VIDA ÚTIL

Método de determinación de ecuaciones de cinética de reacción

Mediante la Figura 22 se obtuvieron las ecuaciones cinéticas y los valores de velocidad de reacción (k) para cada temperatura, dichos datos se encuentran representados en la Tabla 35.

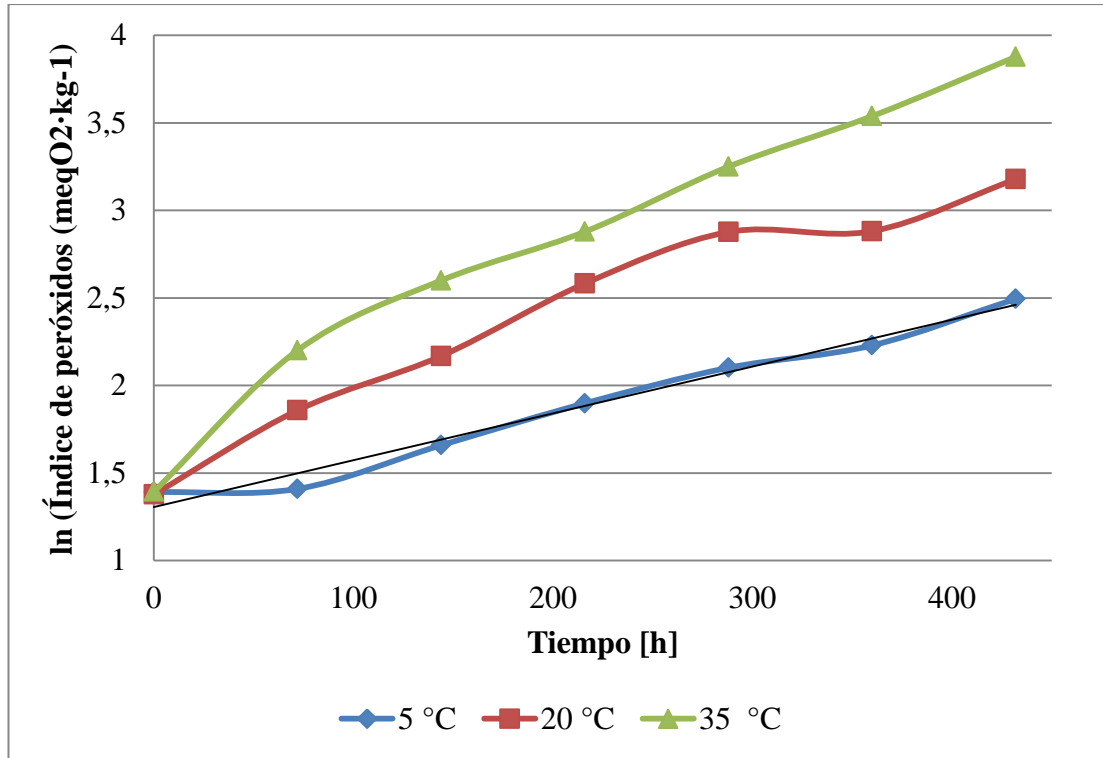


Figura 22. Linealización del logaritmo neperiano del índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) en función del tiempo (h) a 5, 20 y 35 °C

Tabla 35. Ecuaciones cinéticas y valores de k (constante de velocidad de reacción)

Temperatura (°C)	Ecuación	k (h^{-1})
5	$\ln \text{IP} = 1,3052 + 0,0027 t$	0,0027
20	$\ln \text{IP} = 1,5436 + 0,0040 t$	0,0040
35	$\ln \text{IP} = 1,6648 + 0,0053 t$	0,0053

Para la determinación de vida útil en tiempo, se despeja (t) de las ecuaciones planteadas en la Tabla 35. Obteniendo para cada temperatura el valor de horas de vida útil de la mayonesa (Tabla 36).

Tabla 36. Valores de tiempo de vida útil para cada temperatura

T (°C)	Ecuación	Vida útil Horas
5	$\ln IP = 1,3052 + 0,0027 t$	371
20	$\ln IP = 1,5436 + 0,0040 t$	186
35	$\ln IP = 1,6648 + 0,0053 t$	118

Determinación de la energía de activación

Se aplicó la ecuación de Arrhenius (Ecuación 5) para lo cual se linealizó la logaritmación de la constante de velocidad (k) (Tabla 37), frente al inverso del tiempo (Figura 23). Resultando la ecuación lineal para el posterior cálculo de E_a .

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \right) \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde,

k: Constante de velocidad de reacción (h^{-1})

A: Factor de frecuencia

E_a : Energía de activación ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)

R: Constante de los gases ideales ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

T: Temperatura absoluta (K)

Tabla 37. Valores de velocidad de reacción y temperatura

T (°C)	T (K)	1/T (K^{-1})	k (h^{-1})	ln (k)
5	278,15	0,0036	0,0027	-5,9239
20	293,15	0,0034	0,0040	-5,5103
35	308,15	0,0032	0,0053	-5,2316

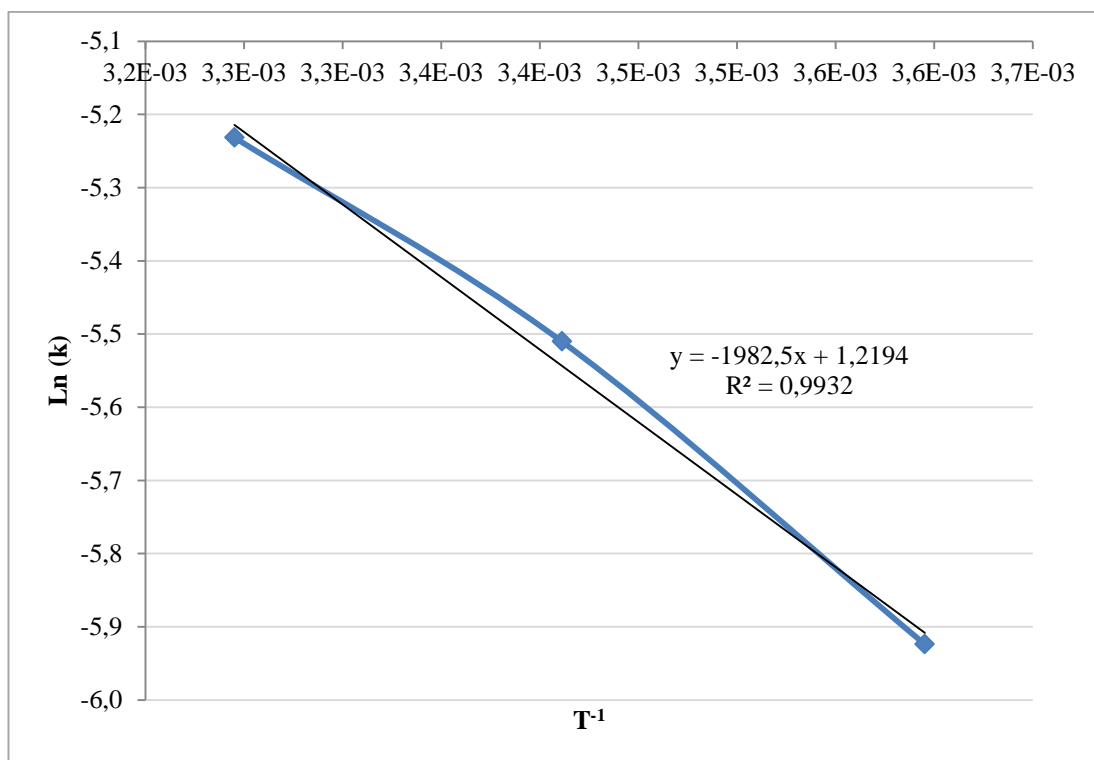


Figura 23. Logaritmación de la constante de velocidad frente al inverso de la temperatura

La ecuación que se obtiene es:

$$\ln k = -1982,5 \cdot \frac{1}{T} + 1,2194$$

En donde:

$$b = \frac{-E_a}{R}$$

$$-1982,5 \text{ } ^\circ K = \frac{-E_a}{8,314 \text{ (} J \cdot mol^{-1} \cdot ^\circ K^{-1} \text{)}}$$

$$E_a = 16482,5050 \text{ (} J \cdot mol^{-1} \text{)}$$

ANEXO K

**DATOS Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA MAYONESA
PARA EL MEJOR TRATAMIENTO (MGG05, mayonesa con 0,5
g·kg⁻¹ de goma guar) EN COMPARACIÓN CON DOS MUESTRAS
COMERCIALES (Maggie® – Alacena®)**

Tabla 38. Datos obtenidos de las cataciones para el parámetro de color de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar (MGG05) en comparación con 2 muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)

Catador	Parámetro	Muestra	Calificación	Catador	Parámetro	Muestra	Calificación	Catador	Parámetro	Muestra	Calificación
C1	Color	Maggie	4	C1	Color	*MGG05	5	C1	Color	Alacena	2
C2	Color	Maggie	4	C2	Color	MGG05	4	C2	Color	Alacena	2
C3	Color	Maggie	4	C3	Color	MGG05	5	C3	Color	Alacena	2
C4	Color	Maggie	5	C4	Color	MGG05	4	C4	Color	Alacena	1
C5	Color	Maggie	4	C5	Color	MGG05	3	C5	Color	Alacena	1
C6	Color	Maggie	4	C6	Color	MGG05	3	C6	Color	Alacena	2
C7	Color	Maggie	4	C7	Color	MGG05	3	C7	Color	Alacena	2
C8	Color	Maggie	4	C8	Color	MGG05	3	C8	Color	Alacena	2
C9	Color	Maggie	5	C9	Color	MGG05	3	C9	Color	Alacena	1
C10	Color	Maggie	4	C10	Color	MGG05	3	C10	Color	Alacena	2
C11	Color	Maggie	5	C11	Color	MGG05	3	C11	Color	Alacena	1
C12	Color	Maggie	5	C12	Color	MGG05	4	C12	Color	Alacena	1
C13	Color	Maggie	4	C13	Color	MGG05	3	C13	Color	Alacena	2
C14	Color	Maggie	4	C14	Color	MGG05	3	C14	Color	Alacena	2
C15	Color	Maggie	4	C15	Color	MGG05	4	C15	Color	Alacena	2
C16	Color	Maggie	4	C16	Color	MGG05	3	C16	Color	Alacena	1
C17	Color	Maggie	4	C17	Color	MGG05	3	C17	Color	Alacena	2
C18	Color	Maggie	5	C18	Color	MGG05	4	C18	Color	Alacena	2
C19	Color	Maggie	4	C19	Color	MGG05	3	C19	Color	Alacena	1
C20	Color	Maggie	5	C20	Color	MGG05	3	C20	Color	Alacena	2

Tabla 39. Análisis de varianza para las cataciones para el parámetro de color de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar en comparación con 2 muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	73,2333	2	36,6167	114,99	0
B:Catador	5,6	19	0,294737	0,93	0,5586
RESIDUOS	12,1	38	0,318421		
TOTAL (CORREGIDO)	90,9333	59			

Tabla 40. Datos obtenidos de las cataciones para el parámetro de olor de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar (MGG05) en comparación con dos muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)

Catador	Parámetro	Muestra	Calificación	Catador	Parámetro	Muestra	Calificación	Catador	Parámetro	Muestra	Calificación
C1	Olor	Maggie	4	C1	Olor	MGG05	3	C1	Olor	Alacena	1
C2	Olor	Maggie	4	C2	Olor	MGG05	3	C2	Olor	Alacena	2
C3	Olor	Maggie	4	C3	Olor	MGG05	2	C3	Olor	Alacena	5
C4	Olor	Maggie	5	C4	Olor	MGG05	2	C4	Olor	Alacena	3
C5	Olor	Maggie	4	C5	Olor	MGG05	2	C5	Olor	Alacena	3
C6	Olor	Maggie	4	C6	Olor	MGG05	2	C6	Olor	Alacena	3
C7	Olor	Maggie	5	C7	Olor	MGG05	4	C7	Olor	Alacena	2
C8	Olor	Maggie	5	C8	Olor	MGG05	2	C8	Olor	Alacena	3
C9	Olor	Maggie	5	C9	Olor	MGG05	3	C9	Olor	Alacena	3
C10	Olor	Maggie	4	C10	Olor	MGG05	2	C10	Olor	Alacena	2
C11	Olor	Maggie	5	C11	Olor	MGG05	4	C11	Olor	Alacena	2
C12	Olor	Maggie	5	C12	Olor	MGG05	2	C12	Olor	Alacena	2
C13	Olor	Maggie	3	C13	Olor	MGG05	1	C13	Olor	Alacena	1
C14	Olor	Maggie	3	C14	Olor	MGG05	2	C14	Olor	Alacena	2
C15	Olor	Maggie	4	C15	Olor	MGG05	3	C15	Olor	Alacena	1
C16	Olor	Maggie	4	C16	Olor	MGG05	3	C16	Olor	Alacena	2
C17	Olor	Maggie	3	C17	Olor	MGG05	2	C17	Olor	Alacena	2
C18	Olor	Maggie	4	C18	Olor	MGG05	3	C18	Olor	Alacena	2
C19	Olor	Maggie	3	C19	Olor	MGG05	2	C19	Olor	Alacena	1
C20	Olor	Maggie	3	C20	Olor	MGG05	2	C20	Olor	Alacena	1

Tabla 41. Análisis de varianza para las cataciones para el parámetro de olor de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar en comparación con dos muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	41,7333	2	20,8667	39,12	0
B:Catador	20,1833	19	1,06228	1,99	0,0349
RESIDUOS	20,2667	38	0,533333		
TOTAL (CORREGIDO)	82,1833	59			

Tabla 42. Datos obtenidos de las cataciones para el parámetro de sabor de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar (MGG05) en comparación con 2 muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)

Catador	Parámetro	Muestra	Calificación	Catador	Parámetro	Muestra	Calificación	Catador	Parámetro	Muestra	Calificación
C1	Sabor	Maggie	4	C1	Sabor	*MGG05	5	C1	Sabor	Alacena	4
C2	Sabor	Maggie	4	C2	Sabor	MGG05	3	C2	Sabor	Alacena	3
C3	Sabor	Maggie	4	C3	Sabor	MGG05	4	C3	Sabor	Alacena	3
C4	Sabor	Maggie	4	C4	Sabor	MGG05	5	C4	Sabor	Alacena	3
C5	Sabor	Maggie	4	C5	Sabor	MGG05	3	C5	Sabor	Alacena	3
C6	Sabor	Maggie	4	C6	Sabor	MGG05	5	C6	Sabor	Alacena	3
C7	Sabor	Maggie	3	C7	Sabor	MGG05	4	C7	Sabor	Alacena	2
C8	Sabor	Maggie	4	C8	Sabor	MGG05	5	C8	Sabor	Alacena	3
C9	Sabor	Maggie	1	C9	Sabor	MGG05	4	C9	Sabor	Alacena	5
C10	Sabor	Maggie	4	C10	Sabor	MGG05	5	C10	Sabor	Alacena	3
C11	Sabor	Maggie	3	C11	Sabor	MGG05	4	C11	Sabor	Alacena	4
C12	Sabor	Maggie	4	C12	Sabor	MGG05	4	C12	Sabor	Alacena	3
C13	Sabor	Maggie	4	C13	Sabor	MGG05	4	C13	Sabor	Alacena	2
C14	Sabor	Maggie	3	C14	Sabor	MGG05	2	C14	Sabor	Alacena	3
C15	Sabor	Maggie	4	C15	Sabor	MGG05	4	C15	Sabor	Alacena	3
C16	Sabor	Maggie	4	C16	Sabor	MGG05	5	C16	Sabor	Alacena	3
C17	Sabor	Maggie	3	C17	Sabor	MGG05	5	C17	Sabor	Alacena	2
C18	Sabor	Maggie	4	C18	Sabor	MGG05	4	C18	Sabor	Alacena	3
C19	Sabor	Maggie	2	C19	Sabor	MGG05	4	C19	Sabor	Alacena	3
C20	Sabor	Maggie	4	C20	Sabor	MGG05	5	C20	Sabor	Alacena	3

Tabla 43. Análisis de varianza para las cataciones para el parámetro de sabor de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar en comparación con 2 muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	13,3	2	6,65	10,23	0,0003
B:Catador	10,4	19	0,547368	0,84	0,648
RESIDUOS	24,7	38	0,65		
TOTAL (CORREGIDO)	48,4	59			

Tabla 44. Datos obtenidos de las cataciones para el parámetro de consistencia de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar (MGG05) en comparación con dos muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)

Catador	Parámetro	Muestra	Calificación	Catador	Parámetro	Muestra	Calificación	Catador	Parámetro	Muestra	Calificación
C1	Consistencia	Maggie	4	C1	Consistencia	*MGG05	4	C1	Consistencia	Alacena	3
C2	Consistencia	Maggie	4	C2	Consistencia	MGG05	5	C2	Consistencia	Alacena	5
C3	Consistencia	Maggie	4	C3	Consistencia	MGG05	4	C3	Consistencia	Alacena	4
C4	Consistencia	Maggie	4	C4	Consistencia	MGG05	5	C4	Consistencia	Alacena	3
C5	Consistencia	Maggie	4	C5	Consistencia	MGG05	4	C5	Consistencia	Alacena	3
C6	Consistencia	Maggie	4	C6	Consistencia	MGG05	4	C6	Consistencia	Alacena	3
C7	Consistencia	Maggie	4	C7	Consistencia	MGG05	4	C7	Consistencia	Alacena	5
C8	Consistencia	Maggie	4	C8	Consistencia	MGG05	3	C8	Consistencia	Alacena	3
C9	Consistencia	Maggie	5	C9	Consistencia	MGG05	4	C9	Consistencia	Alacena	4
C10	Consistencia	Maggie	4	C10	Consistencia	MGG05	4	C10	Consistencia	Alacena	4
C11	Consistencia	Maggie	3	C11	Consistencia	MGG05	4	C11	Consistencia	Alacena	4
C12	Consistencia	Maggie	5	C12	Consistencia	MGG05	5	C12	Consistencia	Alacena	4
C13	Consistencia	Maggie	4	C13	Consistencia	MGG05	5	C13	Consistencia	Alacena	4
C14	Consistencia	Maggie	4	C14	Consistencia	MGG05	4	C14	Consistencia	Alacena	4
C15	Consistencia	Maggie	4	C15	Consistencia	MGG05	5	C15	Consistencia	Alacena	4
C16	Consistencia	Maggie	4	C16	Consistencia	MGG05	4	C16	Consistencia	Alacena	3
C17	Consistencia	Maggie	4	C17	Consistencia	MGG05	4	C17	Consistencia	Alacena	4
C18	Consistencia	Maggie	3	C18	Consistencia	MGG05	4	C18	Consistencia	Alacena	4
C19	Consistencia	Maggie	4	C19	Consistencia	MGG05	4	C19	Consistencia	Alacena	3
C20	Consistencia	Maggie	4	C20	Consistencia	MGG05	4	C20	Consistencia	Alacena	4

Tabla 45. Análisis de varianza para las cataciones para el parámetro de consistencia de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar (MGG05) en comparación con dos muestras comerciales (Maggie® – Alacena®)

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	2,03333	2	1,01667	4,15	0,0234
B:Catador	7,65	19	0,402632	1,65	0,0943
RESIDUOS	9,3	38	0,244737		
TOTAL (CORREGIDO)	18,9833	59			

ANEXO L

ESTIMACIÓN DE COSTO DE PRODUCCION DE MAYONESA PARA EL MEJOR TRATAMIENTO (MGG05, mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar)

Tabla 46. Precios unitarios de materiales directos e indirectos para la elaboración de mayonesa.

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)
Huevos de gallina	Gramos	45	0,10
Aceite	Centímetros cúbicos	1000	2,00
Vinagre	Centímetros cúbicos	1000	2,15
Sal	Gramos	1000	0,30
Pimienta	Gramos	1000	2,20
Mostaza	Gramos	1000	2,75
Frascos de vidrio	Unidades	1	0,25
Etiquetas	Unidades	1	0,01
Goma guar	Gramos	1000	30,00

Tabla 47. Materiales directos e indirectos para la elaboración de 50 kg de mayonesa.

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio total (USD)
Huevos de gallina	Gramos	10750	23,89
Aceite	Centímetros cúbicos	16250	32,50
Vinagre	Centímetros cúbicos	4500	9,68
Sal	Gramos	1000	0,30
Pimienta	Gramos	250	0,55
Mostaza	Gramos	250	0,69
Frascos de vidrio	Unidades	250	62,50
Etiquetas	Unidades	250	2,50
Goma guar	Gramos	25	0,75
		Sub – Total (USD)	133,35

Tabla 48. Equipos y utensilios

Equipo	Costo (USD)	Vida útil (años)	Costo anual (USD)	Costo día (USD)	Costo hora (USD)	Horas de uso	Costo uso (USD)
Balanza 2 Kg	250,00	10	25	0,07	0,0029	1	0,0029
Batidora industrial	310,00	10	31	0,08	0,0035	4	0,0142
Cocina industrial	220,00	10	22	0,06	0,0025	1	0,0025
Refrigerador	550,00	10	55	0,15	0,0063	24	0,1507
Mesas	350,00	5	70	0,19	0,0080	5	0,0400
Utensilios varios	170,00	5	34	0,09	0,0039	4	0,0155
						Sub - Total (USD)	0,2300

Tabla 49. Suministros

Servicio	Unidad	Consumo	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Agua	m ³	5	0,89	4,45
Luz	kw-h	20	0,20	4,00
Gas	Kg	4	1,00	4,00
			Sub - Total (USD)	12,45

Tabla 50. Equipos y utensilios

Personas	Sueldo (USD)	Costo día (USD)	Costo hora (USD)	Horas utilizadas	Total (USD)
1	360,00*	18,00	2,25	8	18,00
				Sub - Total (USD)	18,00

*Incluye beneficios de ley

Tabla 51. Costos de producción de 50 kg de mayonesa en envases de 200 g

Rubros	Valor (USD)
1. Materiales directos e indirectos	133,35
2. Equipos y utensilios	0,23
3. Suministros	12,45
4. Personal	18,00
Total	164,03
Costo de producción unitario (200 g)	0,82

ANEXO M

**RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y DE
GRASA**




UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400987 Correo: laconal@hotmail.com

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:15-135						ROI-5.10.06
Solicitud Nº: 15-135						Pág: 1 de 1
Fecha recepción: 09 junio 2015			Fecha de ejecución de ensayos: 09 -11 junio 2015			
Información del cliente:						
Empresa:			C.I./RUC: 1719996736			
Representante: María Luisa Maldonado Haro			Cel: 0998769092			
Dirección: Atis y Victor Hugo			Email: marihu.ldu@outlook.com			
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Mayonesa			Peso: 2u x 250g			
Marca comercial: n/a			Tipo de envase: vidrio			
Lote: n/a			No de muestras: una			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente:			Refrigeración: X		Congelación:	
			Almac. en Lab: 7 días			
Cierres seguridad: Ninguno: X			Intactos:		Rotos:	
			Muestreo por el cliente: 09 junio 2015			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Mayonesa	13515426	Ninguno	*Grasa	PE08-5.4-FQ, AOAC Ed 19, 2012 2003.06	%	26.0
			*E. Coli	PE-01-5.4-MB AOAC 991.14. Ed 19, 2012	UFC/g	<10
			*Salmonella	AOAC 998.09 Ed 19, 2012/INEN 1529-15-2009	En 25g	No detectado
			*Staphylococcus aureus	AOAC 2001.05/2003.07 - 2003.08/2003.11 Ed 19, 2012	UFC/g	<10
Conds. Ambientales: 19.2 °C; 51%HR						
				 DIRECTORA DE CALIDAD Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad		
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						GR

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

ANEXO N

HOJAS DE CATA

Tabla 52. Hoja de cata para la valoración de aceptabilidad de todos los tratamientos más un control externo.

HOJA DE CATA

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Instrucciones: Sírvase degustar las muestras. Marque con un X el parámetro al cual corresponda su respuesta.

Parámetros		MUESTRAS		
CONSISTENCIA	5	Agrada mucho		
	4	Agrada		
	3	Ni agrada ni desagrada		
	2	Desagrada		
	1	Desagrada mucho		

Observaciones: _____

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Fuente: Saltos (2010).

Tabla 53. Hoja de cata para la valoración de aceptabilidad de todos los tratamientos más dos muestras comerciales.

HOJA DE CATA

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Instrucciones: Sírvase degustar las muestras. Marque con un X el parámetro al cual corresponda su respuesta.

Parámetros		MUESTRAS		
COLOR	Muy intenso			
	Intenso			
	Ni débil ni intenso			
	Débil			
	Muy débil			
OLOR	Muy intenso			
	Intenso			
	Ni débil ni intenso			
	Débil			
	Muy débil			
SABOR	Agrada mucho			
	Agrada			
	Ni agrada ni desagrada			
	Desagrada			
	Desagrada mucho			
CONSISTENCIA	Muy consistente			
	Consistente			
	Ni fluido ni consistente			
	Fluido			
	Muy fluido			

Observaciones: _____

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Fuente: Saltos (2010).

ANEXO O

FOTOGRAFÍAS

Extracción del mucílago de chía



Figura 24. Semillas de chía

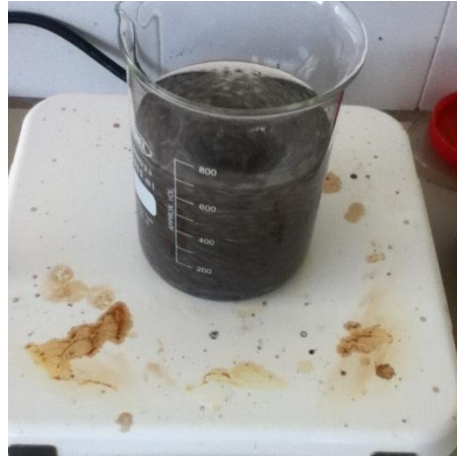


Figura 25 Agitación de 1:20 chía – agua



Figura 26 Tamizado

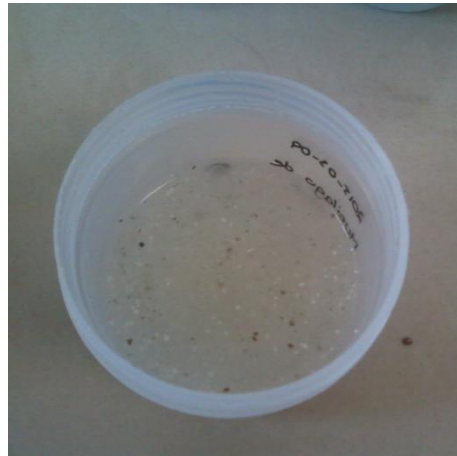


Figura 27. Mucílago de chía

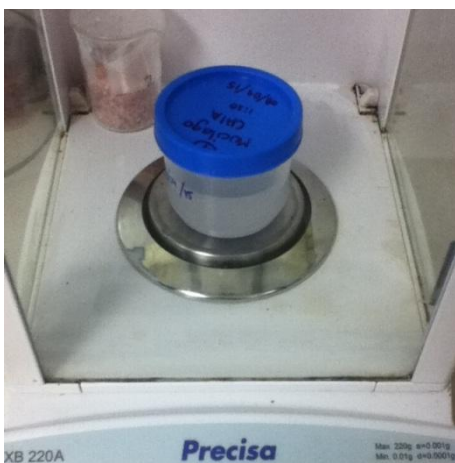


Figura 28. Pesado previo a la liofilización

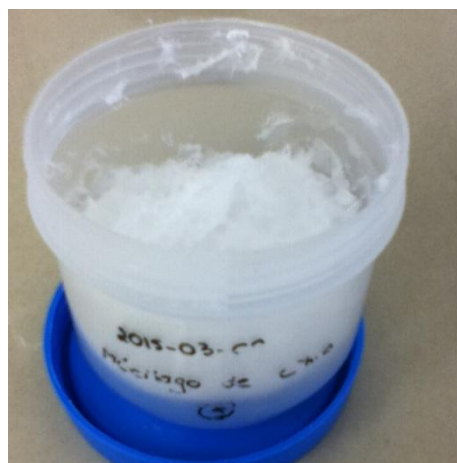


Figura 29. Mucílago liofilizado

Determinación de viscosidad y pH



Figura 30. Viscosímetro rotacional Brookfield marca Quimis

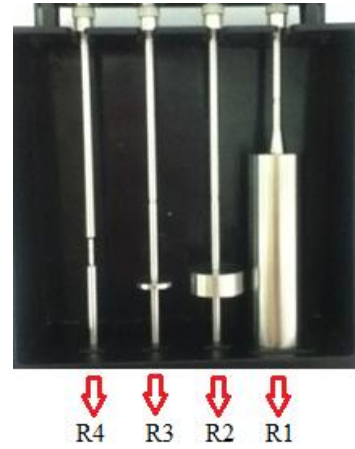


Figura 31. Rotores



Figura 32. Determinación de viscosidad



Figura 33. Determinación de pH

Determinación de vida útil

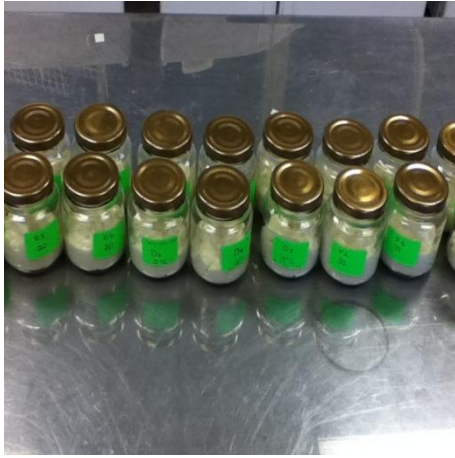


Figura 34. Muestras en cámara a 20 °C



Figura 35. Muestras en cámara a 35 °C



Figura 36. Muestras en cámara a 5 °C



Figura 37. Reactivos utilizados IP



Figura 38. Materiales utilizados IP



Figura 39. Preparación de la muestra



Figura 40. Agitación y evaporación



Figura 41. Decantación, fase acuosa
Fase oleosa



Figura 42. Separación fase oleosa



Figura 43. Centrifugación



Figura 44. Evaporación

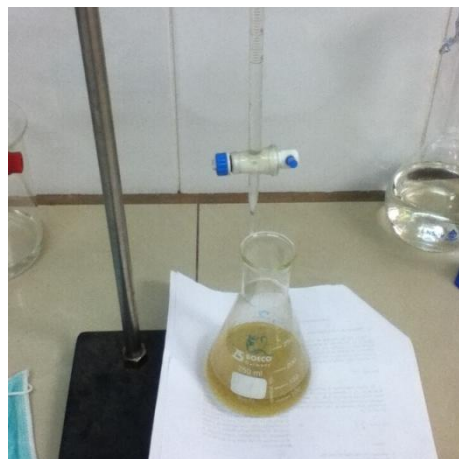


Figura 45. Titulación

Análisis Sensorial – Cataciones



Figura 46. Muestras para catación



Figura 47. Panel de cata

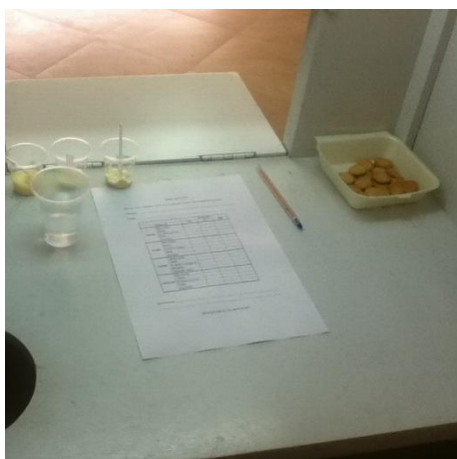


Figura 48. Panel de cata preparado

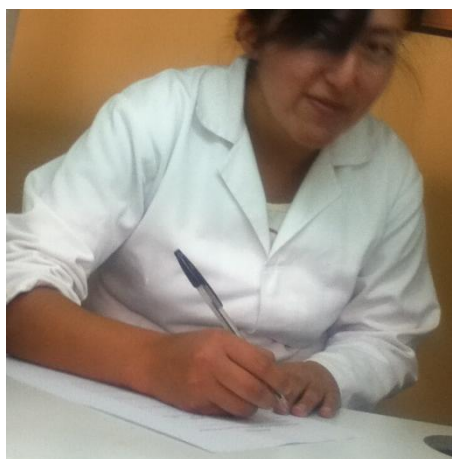


Figura 49. Catadora semi entrenada

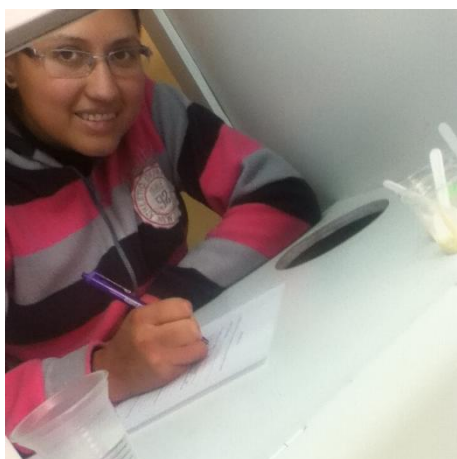


Figura 50. Catadora semi entrenada



Figura 51. Catadora semi entrenada

ANEXO P

NORMATIVAS

ANEXO P1

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA
NTE INEN 2 295:2010**

ANEXO P2
CODEX STAN 168 – 1989