



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS
CARACTERISTICAS FINALES DEL ROMPOPE**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A
V A R I N I A L O P E Z R A M I R E Z



MEXICO, D.F.



**EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA**

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Paginación

Discontinua

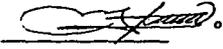
JURADO ASIGNADO

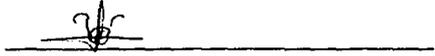
PRESIDENTE FRANCISCA ITURBE CHIÑAS
VOCAL AMELIA MA. DE GPE. FARRES GONZALEZ SARAY
SECRETARIO ARMANDO SANTOS MORENO
1er. SUPLENTE LAURA PATRICIA PÉREZ CACEP
2do. SUPLENTE LUZ SANDRA SÁNCHEZ DEL ANGEL

LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHAPINGO. DEPTO. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL. LABORATORIO DE PRODUCTOS LÁCTEOS.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. FACULTAD DE QUÍMICA. CONJUNTO E. LABORATORIOS 321-322.

ASESOR DEL TEMA: M. en C. Armando Santos Moreno 

SUPERVISOR TÉCNICO: M. en C. Ma. Carmen Ybarra Moncada 

SUSTENTANTE: Varinia López Ramírez 



AGRADECIMIENTOS

Enlistar a cada una de las personas a las que debo la realización de este trabajo, sería una labor interminable, y temo la omisión de alguna de ellas, por eso a todas ellas, les digo simplemente GRACIAS, por cada sonrisa, por su ayuda desinteresada, por cada consejo y observación hecha, por cada lagrima y cada aplauso, por todo su amor, comprensión y coraje. Sólo puedo decirles que valió la pena.





DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, mis hermanos y a mi sobrina, por todo su amor y apoyo incondicional.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación profesional que me brindo.

A la Universidad Autónoma Chapingo por haberme permitido realizar este trabajo en esta casa de estudio.

A cada uno de mis profesores, por todos sus conocimientos impartidos.

A todos mis amigos, por las experiencias vividas.



INDICE

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
III. ANTECEDENTES	5
3.1 Situación de la industria láctea en México	5
3.2 Rompopo	8
3.3 Reseña histórica del rompopo	9
3.4 Producción de rompopo en México	10
3.5 Propiedades generales de los constituyentes del rompopo	12
3.5.1 Características de la leche.....	13
3.5.1.1 Carbohidratos de la leche.....	13
Degradación de la lactosa por el calor	14
3.5.1.2 Lípidos de la leche	14
Composición de los triglicéridos	15
Fosfolípidos de la leche	15
Sustancias insaponificables	16
Propiedades físicas de la grasa de la leche	16
3.5.1.3 Proteínas de la leche	17
Caseínas	17
3.5.1.4 Sales minerales en la leche	18
3.5.1.5 Vitaminas de la leche	19
3.5.1.6 Enzimas de la leche	19
3.5.1.7 Cambios en la leche por aplicación de calor.....	19
3.5.2 Características del huevo	20
3.5.2.1 Composición química del huevo	21
3.5.2.1.1 Composición de la cáscara	22
3.5.2.1.2 Composición de la clara	22
3.5.2.1.3 Composición de la yema	24
Pigmentos de la yema	25

Calidad de la yema	26
Propiedades emulsificantes de la yema	27
Coagulación de la yema	27
3.5.3 Características del azúcar	28
3.5.4 Características del alcohol etílico	29
3.5.5 Características de los aditivos	30
3.5.5.1 Sorbato de potasio	30
3.5.5.2 Benzoato de sodio	30
3.5.5.3 Colorante artificial	31
3.5.5.4 Esencia de canela	31
3.6 Puntos críticos de control en la elaboración del rompopo.....	32
3.7 Factores que influyen en la calidad del rompopo.....	35
3.7.1 Precipitación de la lactosa	35
3.7.2 Implicaciones de la conservación por tratamiento térmico	35
3.7.2.1 Textura	36
3.7.2.2 Color	36
Reacción de Maillard	36
3.7.2.3 Sabor	38
3.7.2.4 Actividad del agua	39
IV. OBJETIVOS	40
V. HIPÓTESIS	40
VI. JUSTIFICACIÓN	40
VII. METODOLOGÍA	40
7.1 Ubicación del área de trabajo	40
7.2 Materiales y equipos	41
7.3 Método de elaboración del rompopo	41
7.4 Diseño Experimental	44
7.4.1 Variables respuesta evaluadas	44
7.5 Análisis de la leche y del rompopo	45
7.6 Análisis de marcas comerciales	45
7.7 Evaluación Sensorial	45

VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
8.1 Análisis de la leche	46
8.2 Análisis del rompopo	47
8.2.1 Acidez titulable	47
8.2.2 Extracto etéreo	50
8.2.3 Sólidos totales	54
8.2.4 Cenizas	56
8.2.5 Contenido proteico	58
8.2.6 Grados Brix.....	61
8.2.7 Textura	64
8.3 Análisis de marcas comerciales.....	66
8.4 Evaluación sensorial	67
IX. CONCLUSIONES	69
X. RECOMENDACIONES	71
XI. BIBLIOGRAFÍA	72
XII. ANEXOS	A
I. Métodos de análisis	
II. Formato de cuestionario	
III. Método estadístico para el análisis de resultados.	
IV. Análisis de resultados de la evaluación sensorial	
V. Resultados. Análisis de Varianza.	
VI. Prueba de Tukey	
VII. Gráfico determinación de textura	

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción nacional anual de leche	6
Cuadro 2. Potencial productivo	7
Cuadro 3. Valor de la producción de leche de vaca fluida (1995-2000)	7
Cuadro 4. (NOM-V-23-1983) Especificaciones físicas y químicas del rompopo	9
Cuadro 5. Producción nacional de Rompopo (1988-1995).....	11
Cuadro 6. Precio promedio por litro de leche de vaca fluida al productor (1992-1998)....	12
Cuadro 7. Valor de la producción nacional de Rompopo (1988-1995).....	12
Cuadro 8. Composición química del huevo por 100 g. de fracción comestible.....	22
Cuadro 9. Principales proteínas en la clara	23
Cuadro 10. Constituyentes de la yema de huevo.....	24
Cuadro 11. Riesgos en la materia prima.....	33
Cuadro 12. Riesgos durante el proceso.....	34
Cuadro 13. Riesgos durante el envasado del producto.....	35
Cuadro 14. Principales sabores generados en la reacción de Maillard.....	39
Cuadro 15. Diseño de tratamientos	44
Cuadro 16. Medias del análisis de la leche	46
Cuadro 17. Valores estimados de medias para la variable respuesta acidez titulable..	50
Cuadro 18 Valores estimados de medias para la variable respuesta extracto etéreo...	54
Cuadro 19. Valores estimados de medias para la variable respuesta sólidos totales....	55
Cuadro 20. Valores estimados de medias para la variable respuesta cenizas.....	58
Cuadro 21. Valores estimados de medias para la variable respuesta proteínas.....	61
Cuadro 22. Valores estimados de medias para la variable respuesta grados Brix.....	63
Cuadro 23. Valores estimados de medias para la variable respuesta textura.....	65
Cuadro 24. Valores promedio para los parámetros determinados en los doce tratamientos propuestos	66
Cuadro 25. Resultado del análisis aplicado a ocho marcas comerciales	67
Cuadro 26. Resultados de la prueba de nivel de agrado.....	67
Cuadro 27. Nivel de agrado	68
Cuadro 28. Corrección de grados refractométricos	ANEXO I

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mensual de rompopo en miles de litros (1988-1995)	11
Figura 2. Estructura de los fosfolípidos de la leche	16
Figura 3. Estructura interna del huevo	21
Figura 4. Rutas de la reacción de Maillard	38
Figura 5. Método de elaboración del rompopo	43
Figura 6. Diagrama de dispersión por tratamiento de ácido láctico	46
Figura 7. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para la variable acidez titulable en rompopo	49
Figura 8. Interacción de los factores acidez*azúcar (A*Z), permaneciendo fijo el factor yema de huevo para la variable acidez titulable en rompopo.....	49
Figura 9. Diagrama de dispersión por tratamiento del contenido de extracto etéreo	51
Figura 10. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para la variable extracto etéreo en rompopo	52
Figura 11. Interacción de los factores yema de huevo*azúcar (Z*Y), permaneciendo fijo el factor acidez inicial de la leche	53
Figura 12. Diagrama de dispersión por tratamiento de sólidos totales	55
Figura 13. Diagrama de dispersión por tratamiento de cenizas	56
Figura 14. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para la variable cenizas en rompopo.....	57
Figura 15. Diagrama de dispersión por tratamiento de contenido proteico	59
Figura 16. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para la variable contenido proteico.....	60
Figura 17. Diagrama de dispersión por tratamiento de grados Brix.....	62
Figura 18. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para la variable grados Brix en el rompopo	63
Figura 19. Diagrama de dispersión por tratamiento de textura	64

I. RESUMEN

El rompopo es un licor constituido por leche de vaca, azúcar, yema de huevo, alcohol y canela, cuya forma de elaboración fue transmitida de generación en generación, modificándose a través del tiempo de acuerdo a la región, las costumbres locales, los ingredientes disponibles y la idiosincrasia de las órdenes religiosas, encontrando actualmente diversidad de recetas para su elaboración sin que existan reportes de mediciones del producto final.

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo, donde se elaboró rompopo con base en un método propuesto por el M. en C. Armando Santos Moreno, modificándose la acidez de la leche (**A**) (15, 10 y 7.5°D), la cantidad de yema de huevo (**Y**) (3 y 4 piezas/L) y azúcar (**Z**) (300 y 400 g/L) en la formulación. Al producto final se le determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: acidez titulable, extracto etéreo, sólidos totales, cenizas, proteína, grados Brix e instrumentalmente se determinó su textura. Un panel de cien consumidores evaluó, mediante prueba de nivel de agrado y preferencia los atributos sensoriales, apariencia, textura, sabor y color, frente una marca comercial.

El diseño experimental que se implementó para reducir la variabilidad de los resultados debido a las características de las materias primas fue factorial asimétrico en bloques completos, en donde la combinación de factores (**A**, **Y**, **Z**) y niveles generaron doce tratamientos, de los cuales se efectuaron tres réplicas. Para el análisis e interpretación de los resultados se utilizó el modelo lineal para un diseño factorial asimétrico, el cual conduce a un análisis de varianza, empleando un nivel de significancia $\alpha=0.05$. Se realizó la comparación de medias con el método Tukey tanto de los factores como de las interacciones de los mismos. Se obtuvieron los siguientes resultados: para acidez titulable, extracto etéreo y proteína, las medias de los factores así como las interacciones de estos son altamente significativas excepto para las interacciones Yema*Azúcar, Acidez*Azúcar y Acidez*Yema*Azúcar; por otro lado, para las variables sólidos totales y textura, los factores que son estadísticamente significativos son el factor Azúcar e Yema, en cada caso; para cenizas son altamente significativos los factores Acidez, Azúcar y las interacciones Yema*Acidez y Azúcar*Yema, mientras que para grados Brix lo es el factor Acidez y la interacción Acidez*Yema. De acuerdo con los resultados obtenidos tras el análisis

fisicoquímico y estadístico, fue seleccionado el tratamiento No. 1, cuya combinación de factores (**Acidez_{15%}**, **Yema_{31022%}**, **Azúcar_{30%}**) permite obtener una reducción en costos y manipulación dentro del proceso de elaboración para la realización de evaluación sensorial, donde el rompopo de marca comercial fue preferido (79%) sobre el tratamiento seleccionado y el nivel de agrado señalado por el panel fue, “me gusta bastante” y “me gusta ligeramente”, respectivamente, para todos los atributos evaluados hubo diferencia significativa ($\alpha = 0.05$).

Palabras Clave: Rompopo, Leche, Huevo, Acidez y Azúcar.

II. INTRODUCCIÓN

El rompopo es un licor constituido de leche, yemas de huevo, azúcar, alcohol y canela. Su elaboración tradicional se atribuye a manos conventuales. Aunque no se tiene referencia exacta de cuándo es la primera vez que se elabora en México, sí se sabe que este licor se degustaba en las tertulias del convento de Santa Clara (Chapa, 1999).

La leche es un líquido segregado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, tras el nacimiento de la cría; de color blanco y opaco, sabor dulce y pH cercano a la neutralidad (Alais, 1988). Tiene gran importancia debido a que es una materia prima de gran variedad de productos alimenticios. Desde el punto de vista comercial, los aspectos más importantes en la composición de la leche son su contenido de grasa, sólidos grasos y no grasos, cuya proporción afecta la calidad de los productos lácteos. Desde el punto de vista fisicoquímico, la leche es un producto complejo y resulta imprescindible conocer su estructura para comprender las transformaciones que se producen en ella y en los diferentes productos lácteos durante la aplicación de los tratamientos industriales a los que son sometidos (Amiot, 1991).

El huevo de gallina está constituido por un 8-11% de cáscara (en donde el calcio es el elemento principal), un 56-61% de clara (esencialmente constituida por agua) y un 27-32% de yema (Fennema, 1993). La yema, por su parte, es una emulsión de grasa en agua, con extracto seco del 50%, del cual el 30% es proteína y el 70% son lípidos. Los lípidos contienen 65% de triglicéridos, 30% de fosfolípidos y 4% de colesterol (Santos, 1995).

El azúcar de mesa o sacarosa es un disacárido de glucosa y fructosa, es el edulcorante más utilizado en toda clase de productos alimenticios. Su fórmula empírica es $C_{12}H_{22}O_{11}$ y su peso molecular es 342. Además funde a unos 170-180° C y es muy soluble en agua. Se hidroliza en soluciones ácidas, en concentraciones altas proporciona características de textura en ciertos productos alimenticios, por ejemplo, jarabes (Madrid, 1991).

Dado que la industria láctea de nuestro país atraviesa por un período de crisis, no puede satisfacer la demanda de leche fluida para consumo lo que incrementa la importación de leche en polvo descremada. Es necesario buscar alternativas para incrementar la disponibilidad de leche en

el país. Los sistemas de producción de leche a nivel pequeño productor representan una opción viable para alcanzar este objetivo; además de la implementación de un programa productivo para la elaboración de productos lácteos con las características de la producción industrial.

La presente investigación propone establecer las características de las materias primas a emplear y su influencia sobre la calidad final del rompopo, así como estandarizar el proceso de elaboración del rompopo y orientar al productor rural, para que con la utilización de materias primas a su alcance automatice la producción del rompopo.

III. ANTECEDENTES

3.1 Situación actual de la industria láctea en México

Nuestro país se encuentra entre los principales productores de leche en el mundo. Ocupó en 1994 el lugar número 15 con 7.5 millones de toneladas métricas. Aún a pesar de la amplia variedad de productos lácteos que existen en el mercado, el consumo per cápita de leche y derivados en México es realmente bajo. Esta es una situación desafortunada, cuya raíz se encuentra en un insuficiente abasto y en una reducida accesibilidad económica de amplios sectores sociales (Mendoza, 1997).

De la leche que se comercializa en México, el 28% se hace como leche fluida sin procesar; el abasto social se eleva al 18% y la leche comercial el 54% restante. De esta última el 75% corresponde a leche pasteurizada UHT y el resto a leche en polvo, concentrada y evaporada. Los establecimientos registrados en el segmento agroindustrial ascendieron a 10,873 en 1995, de los cuales 9,000 se dedican a la producción de helados y paletas. En cuanto a empresas más especializadas, se cuentan con 108, cuya actividad principal es la pasteurización y 18 que elaboran leche condensada, evaporada y en polvo; el resto de las empresas (1,390) lo constituyen aquéllas que se dedican a la elaboración de queso, crema, mantequilla y otros derivados lácteos cuya manufactura se realiza artesanalmente (García, 1997), donde el rompope no está exento.

Actualmente, la industria láctea del país se encuentra seriamente deprimida debido a que atraviesa por una de las peores crisis de su historia reciente. Es incapaz de satisfacer la demanda nacional de leche fresca y sus derivados, prueba de ello son las importaciones de leche en polvo, necesarias para cubrir la demanda de este producto (Castelán, A, Mathewman, R., 1997), mismas que influyen en la producción anual, también afectada por el efecto de las políticas de precio, (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción nacional anual de leche.

Año	Miles de litros
1987	6 200 980
1988	6 519 171
1989	5 577 309
1990	6 141 545
1991	6 717 115
1992	6 974 269
1993	7 404 078
1994	7 320 213
1995	7 398 598
1996	7 586 422
1997	7 848 105
1998	8 315 711
1999	8 877 314
2000	9 323 963

Fuente: Centro de Estadística Agropecuaria (CEA). SAGAR, 2001.

Debido al gran volumen de las importaciones, actualmente México es considerado como el principal comprador de leche descremada en polvo (LDP) en el mundo. Las importaciones por sí solas absorben el 12% del valor de las importaciones del subsector pecuario, indicador que lo convierte en el principal alimento de importación con un volumen total de 279 mil toneladas por un valor de 554.5 millones de dólares.

El consumo aparente de leche en México para 1996 fue de 10 656 millones de litros; la producción nacional fue complementada con 3 137 millones de litros, con lo cual el 30% de la demanda se cubrió con la importación de leche en polvo descremada. La FAO considera que el consumo per cápita debe de ser de 193 litros (0.5 litros/día); en México, ni la población urbana alcanza esa cifra. Para lograr los requerimientos de consumo, la producción anual debería de ser de 80% superior a la producción actual, por lo que existe un déficit entre el consumo y la producción que se ve complementado con la importación anual de miles de litros de leche en polvo (Santos, 1998).

De acuerdo a cifras reportadas por el FIRA-Banco de México (1990), el 25% del hato nacional de ganado productor de leche lo constituye la lechería familiar, el 67% la lechería tropical y sólo 8% la lechería especializada (Cuadro 2). El hato total de vacas productoras de leche es de 4.9 millones de cabezas. El ganado especializado representa el 8% del hato lechero y

aporta el 25% de la producción. Las explotaciones lecheras tradicionales, con el 25% del hato, producen el 45% del total de la leche. El ganado de doble propósito, con el 67% del hato lechero, aporta el 30% del total de la leche que se produce (Chauvet, 1997).

Cuadro 2. Potencial productivo.

<i>Sistema de producción</i>	<i>Miles de vacas</i>	<i>%</i>	<i>Miles de litros potenciales</i>	<i>Litros por vaca actual</i>	<i>Litros por vaca posible</i>
Especializado	392	8	1 830	4.7	4.7
Tradicional	612	12.5	2 879	2.7	4.7
Tradicional	612	12.5	1 652	2.7	2.7
Doble propósito	3 283	67	4 925	0.7	1.5
TOTAL	4 899		11 259		

La industria lechera especializada en México fue particularmente afectada por la crisis económica de 1994, que al igual que muchos otros sectores productivos del país vieron reducidos sus márgenes de ganancia y operación (Cuadro 3). Los factores que influyeron de manera determinante en la crisis del sector lechero fueron el aumento indiscriminado en el precio de la mayoría de los insumos necesarios para la producción, como alimentos concentrados, semen, vaquillas de reemplazo y otros elementos que en su mayoría eran importados. Aunado a esto, la devaluación del peso y el control en el precio de la leche determinaron en muchos casos la quiebra de grandes explotaciones lecheras, ya que era más redituable vender el ganado y tener el dinero en el banco que continuar con la producción de leche. De esta manera muchos hatos lecheros fueron vendidos o sacrificados iniciándose así el proceso de desmantelación de la planta productiva de leche del país (Castelán, A, Mathewman, R., 1997).

Cuadro 3. Valor de la producción de leche de vaca fluida (1995-2000)

Año	Miles de pesos
1995	10,894,596.00
1996	17,754,222.00
1997	20,372,539.00
1998	23,796,755.00
1999	26,404,552.00
2000	29,725,151.00

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

Ante el aumento de los precios internacionales de la LDP y la disminución de los excedentes para exportación, es de vital importancia para el país encontrar alternativas viables para incrementar la productividad de los sistemas tradicionales de producción de leche (lechería familiar y lechería tropical) en México, ya que éstos subsisten en un país donde el modelo de producción intensiva de leche ha quedado reducido a su mínima expresión.

3.2 Rompoke

En el capítulo VII correspondiente a Licores artículo 1098 de la Ley General de Salud se señala: "Se entiende por rompoke el licor obtenido por cocción de mezclas de leches frescas, evaporadas o deshidratadas y un mínimo de 3 % de yemas de huevo fresco o su equivalente en yema deshidratada, y alcoholización posterior con espíritu neutro, alcohol de calidad o alcohol común, o con algunas bebidas alcohólicas con canela, vainilla o vainillina, almendra, naranjas, limones, coco u otro producto vegetal inocuo.

Con objeto de mejorar la estabilización de los ingredientes se permitirá el empleo de un máximo de 2% de almidones o féculas y otros espesantes permitidos en la cantidad que autorice la Secretaría.

La concentración alcohólica del rompoke embotellado deberá ser entre 10° G.L y 14° G.L.

En la elaboración del rompoke queda permitido el empleo de conservadores, saborizantes naturales o artificiales de acuerdo a lo que señale la norma correspondiente." (Secretaría de Salud, 1997)

Por su parte, la norma mexicana correspondiente a esta bebida (NOM-V-23-1983), define al rompoke como el producto obtenido por la cocción de mezcla de leche de fresca y entera de vaca, o de cualquier otra leche procesada de vaca; yema fresca; deshidratada o congelada, huevo de gallina, azúcar, almidones o féculas y saborizantes naturales o artificiales autorizados por la Secretaría de Salud; posteriormente alcoholizado con alcohol etílico potable o una bebida alcohólica destilada y colorantes naturales y artificiales (SECOFI, 1983). Las especificaciones físicas y químicas que debe de cumplir el rompoke según esta norma se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Especificaciones físicas y químicas del rompopo de acuerdo con la NOM-V-23-1983.

ESPECIFICACIONES	MINIMO	MAXIMO
Grados Brix	24	50
Grado alcohólico G.L. real a 288 K (15°C) (% de alcohol en volumen a 288K (15°C))	10	15
Sólidos totales g/100 cm ³	24	
Cenizas g/100 cm ³	0.4	
Acidez (como ácido láctico (g/100 cm ³))		0.17
Reductores totales g/100 cm ³ (dato en sacarosa)	24	50
Fécula %		3
Proteínas %	2.3	
Extracto etéreo (grasas) %	2.5	

3.3 Reseña histórica del Rompopo

La elaboración de rompopo surge en los conventos europeos, principalmente españoles, en donde la comida cotidiana variaba según el convento, pero en ninguno se podría considerar como demasiado abundante o elaborada. No ingerían lácteos durante el adviento, ni durante la cuaresma, las vigiliass, los ayunos o los viernes del año (Long, J. 1997).

Se puede decir que el rompopo surge como una "necesidad", en virtud de que en los siglos XIV y XV la clara de huevo se usaba de manera abundante para la pintura mural y de caballete como mordente (o adherente). Este uso de los huevos motivó que dentro de los conventos surgieran recetas en donde se incluyeran yemas de huevo, de ahí nacen los Marquezotes (pan de yema de huevo). Estos usos de la yema eran de muy corta vida de anaquel, el dulce pierde su calidad muy rápidamente y el pan se acidifica rápidamente. Entonces las monjas, buscando conservar y usar adecuadamente las yemas y en vista de abundancia de la leche, inician la manufactura del rompopo, bebida adecuada para los inviernos europeos (Mastreata, 2000). Otros de los productos que se elaboran a partir de yemas de huevo y que surgieron a raíz de este mismo aspecto son las yemitas, cocadas (antes empanaditas), productos en los cuales se aprovechaba el color amarillo de las yemas para colorear estos productos (Lavín, 2000).

En la Nueva España las reglas en los conventos fueron, salvo excepciones, herencia directa de España pero adaptadas a las necesidades americanas, a la mente criolla de quienes teniendo sangre española ya se sentían diferentes a sus padres. De aquí el interés de estas comunidades como centros de adaptación donde la cocina tradicional permitida por las ordenes religiosas y de las congregaciones se fueron moldeando a las necesidades locales, a los ingredientes disponibles y a la idiosincrasia americana (Concuera de Mancera, 1990). Así, de las cocinas de los conventos de monjas salieron las mejores recetas de la colonia. Los chiles en nogada, el mole poblano, el rompopo y la gran variedad de dulces poblanos son algunos de los platillos conventuales que han pasado a ser tradicionales de la comida mexicana (Long, J. 1997).

Existe otro argumento para el surgimiento del rompopo en la Nueva España y éste se fundamenta en la embriaguez, la cual, con la llegada de los españoles se incrementó debido a la introducción del vino, los aguardientes peninsulares y el alambique para la elaboración de aguardientes locales. Durante la colonia, se producían alrededor de 80 clases de bebidas alcohólicas, pero la mayoría de estas fueron prohibidas con el pretexto de proteger la salud y bienestar del pueblo. En el fondo de esta prohibición existían razones económicas que motivaron la producción de otras bebidas alcohólicas, por ejemplo, la *caspiroletta*, preparada con leche, huevos, canela y aguardiente, que podría ser la precursora del rompopo y que dio tanta fama a algunos conventos de monjas (Santa Clara) en años posteriores al 1664 (Long, 1997).

3.4 Producción de rompopo en México

La producción del rompopo en nuestro país está por debajo de la producción de otros productos lácteos, encabezados por la leche fluida, seguida de la de los quesos, el yogurt, la crema y la manteca. El consumo de rompopo se ubica en un grupo reducido de productos a base de leche, como son algunas golosinas (jamoncillo, natilla, etc.) y la cajeta, entre otros (Pérez, 1998).

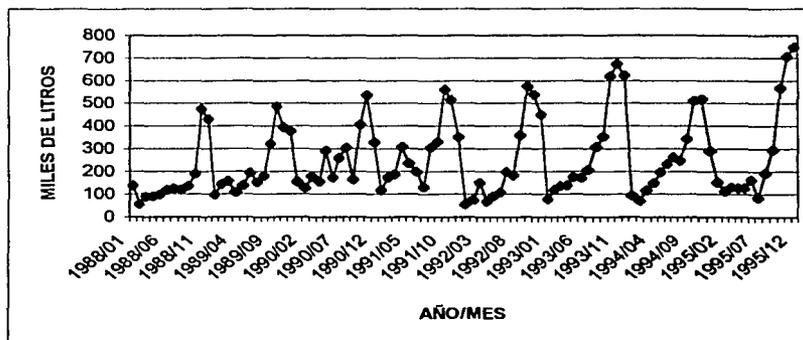
La producción de rompopo reportada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) para el período de 1988-1995 se presenta en el Cuadro 5, en dicho reporte se puede observar que no existe un aumento en la producción anual, advirtiéndose una reducción en la producción de los años 1992 y 1994.

Cuadro 5. Producción nacional de rompope (1988-1995)

Año	Miles de litros
1988	2077
1989	2769
1990	3090
1991	3428
1992	2865
1993	3616
1994	3042
1995	3421

Fuente: INEGI, Encuesta Industrial, 1995.

La misma encuesta industrial reporta la producción mensual durante este mismo período donde la producción reporta un incremento en el último trimestre de cada año (Figura 1).



Fuente: INEGI, Encuesta Industrial Mensual, 1995.
p/ Cifras preliminares a partir de la fecha que se indica

Figura 1. Producción mensual de rompope en miles de litros (1988-1995)

El valor en miles de pesos de la producción de rompope depende básicamente del precio de la leche de vaca (la cual ha sido pagada en el medio rural a precios realmente bajos al productor, Cuadro 6).

Cuadro 6. Precio promedio por litro de leche de vaca fluida al productor. (1992-1998)

Año	Pesos
1992	0.99
1993	1.04
1994	1.08
1995	1.47
1996	2.34
1997	2.60
1998	2.86
1999	2.97
2000	3.19

Fuente: Cámara Nacional de Industriales de la Leche, 1998.

No obstante, el valor de la producción del rompopo está influenciado por el precio de la leche de vaca descremada (ingrediente principal que utilizan las empresas que manufacturan rompopo a gran escala) y que durante período 1992-1994 reporta una disminución en el valor del costo de producción como reflejo de la reducción en la misma (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valor de la producción nacional de Rompopo

Año	Miles de pesos (a precios corrientes)
1988	7 979
1989	13 706
1990	15 890
1991	22 269
1992	20 032
1993	25 315
1994	21 952
1995	34 052

Fuente: INEGI. Encuesta Industrial, 1995.

3.5 Propiedades generales de los constituyentes del rompopo

Las características fisicoquímicas del rompopo dependen de las características y propiedades fisicoquímicas iniciales de las materias primas que se emplean para la producción de esta bebida alcohólica, además de la transformación de las mismas durante la elaboración del rompopo.

3.5.1 Características de la leche

La leche es el líquido segregado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, contiene los nutrientes necesarios para el desarrollo del recién nacido. La leche es un líquido opaco, de color blanco a blanco amarillento, color que está determinado por la dispersión y absorción de la luz por las gotitas de grasas y las micelas de proteína, su sabor es ligeramente dulce y su olor es característico (Belitz, 1985). Su composición química dependerá de factores como: ciclo de lactación, alimentación, clima y raza.

La leche es un sistema coloidal constituido por una solución acuosa de lactosa (5%), sales (0.7%) y muchos otros elementos en estado de disolución, en donde se encuentran las proteínas (3.2%) en estado de suspensión y la materia grasa en estado de emulsión. El extracto seco total de la leche es por término medio del 13.1% y el extracto seco desengrasado del 9.2%. El pH de la leche recién obtenida es de 6.6-6.7 (Fennema, 1993). La valoración de la acidez es la determinación analítica más frecuente en la tecnología lechera. La acidez es un parámetro bastante constante en la leche y su aumento indica una anormalidad.

La acidez de valoración global de la leche, expresada en porcentaje de ácido láctico puede variar entre el 0.10 y el 0.30%. La mayor parte de las leches tienen una acidez del 0.14 al 0.17%. Los componentes naturales de la leche que contribuyen a la acidez son los fosfatos (0.09%), las caseínas (0.05-0.08%), el resto de las proteínas (0.01%), los citratos (0.01%) y el dióxido de carbono (0.01%) (Amiot, 1991).

Otra forma de representar el valor de acidez es el de grado Dornic, que es el número de décimas de c.c. de hidróxido de sodio (NaOH, 0.1N) utilizada para valorar 10 c.c. de leche en presencia de fenofaleína (Alais, 1988). De donde:

1° D = 1 mg de ácido láctico en 10 c.c. de leche, es decir, 0.1 g/L, o 0.01% de ácido láctico.

3.5.1.1 Carbohidratos de la leche

Los carbohidratos de la leche se encuentran libres en solución en la fase acuosa de la leche y unidos principalmente a las proteínas; entre ellos están la lactosa, polisacáridos, glucosaminas, etc. La lactosa (4-O-β-D-galactopiranosil-D-glucopiranososa) es el componente más

abundante y constante de la leche, cuyo dulzor es aproximadamente la quinta parte del que posee la sacarosa, contribuye al sabor característico de la leche. En la leche se encuentran ambos isómeros de la lactosa, α y β .

La lactosa es el factor limitante en la producción de leche, es decir, que la cantidad de leche que se produce depende de la síntesis de la lactosa. Por otra parte, la lactosa es el componente más lábil ante la acción de los microorganismos; diversas bacterias la transforman en ácido láctico y otros ácidos orgánicos, (Santos, 1998).

La lactosa es poco soluble en agua (aproximadamente, diez veces menos que la sacarosa) y cristaliza muy rápido. En las condiciones de tratamiento más frecuentes, es decir, a temperaturas menores a 93.5°C , si la lactosa está en solución sobresaturada, cristaliza en forma α -monohidratada. A temperaturas superiores a 93.5°C la lactosa α es más soluble que la lactosa β y en consecuencia, es esta última la que cristaliza en forma β -anhidra.

Degradación de la lactosa por calor

El empardamiento de la leche durante el calentamiento se debe a la reacción entre el grupo aldehído de la lactosa y el grupo amino de las proteínas (reacción de Maillard) o a la polimerización (caramelización) de las moléculas de la lactosa. También es posible que la lactosa se descomponga por oxidación en ácidos orgánicos, lo que explicaría en parte el aumento de acidez que se produce durante la esterilización de la leche evaporada. En medio alcalino, la termodestrucción de la lactosa puede dar lugar a la aparición de un color gris, más o menos oscuro, que se observa con frecuencia en los procesos de cocción (Amiot, 1991).

3.5.1.2 Lípidos de la leche

La composición lipídica de la leche bovina es la más compleja que se conoce, además es el constituyente más variable de la leche. Está constituida por triglicéridos (97-98%) pero también contiene lípidos complejos, como fosfolípidos (0.8-1.0%) y cerebrósidos. Asimismo, la fracción grasa incluye esteroides, como el colesterol y sus precursores, así como ácidos grasos libres.

Los lípidos se encuentran dispersos en la leche en forma de glóbulos de 2-3 μm rodeados de una membrana; éstos son muy inestables y es fácil extraerlos sin modificar los demás componentes de la leche

Composición de los triglicéridos de la grasa de la leche

Los triglicéridos son ésteres del glicerol y de ácidos grasos alifáticos. Los radicales ácidos R pueden ser idénticos o diferentes (glicéridos mixtos). La naturaleza de los ácidos grasos R y sus proporciones respectivas diferencian los diversos cuerpos grasos y determinan sus propiedades. La materia grasa de la leche presenta tres características distintivas:

1. Gran variedad de ácidos grasos, se han identificado sesenta.
2. Los ácidos grasos saturados constituyen entre el 55 y el 60% y los insaturados, entre 30 y 35%.
3. Gran proporción de ácidos grasos volátiles de bajo peso molecular y, en especial, de ácido butírico, característica que le confiere elevado índice de saponificación (Alais, 1988).

Fosfolípidos de la leche

La leche contiene pequeñas cantidades de fosfolípidos (0.8-1.0%) que comprende fundamentalmente lecitinas (35%), cefalinas (40%) y fosfoesfingolípidos (25%) (Figura 1). Debido a la presencia simultánea en su molécula de una cadena de ácidos grasos, ácido fosfórico y aminas cuaternarias, las lecitinas son hidrófilas y lipófilas; esta doble afinidad o anfifilia explica las propiedades emulsificantes de la lecitina, cuyo papel fundamental es asegurar la estabilidad de la emulsión de triglicéridos en la fase acuosa de la leche. Por otro lado, la anfifilia confiere a la lecitina propiedades tensodepresoras, lo cual explica en gran parte la formación de espuma por agitación de la leche. La lecitina se encuentra unida a la proteína y al colesterol del glóbulo de grasa (Santos, 1998).

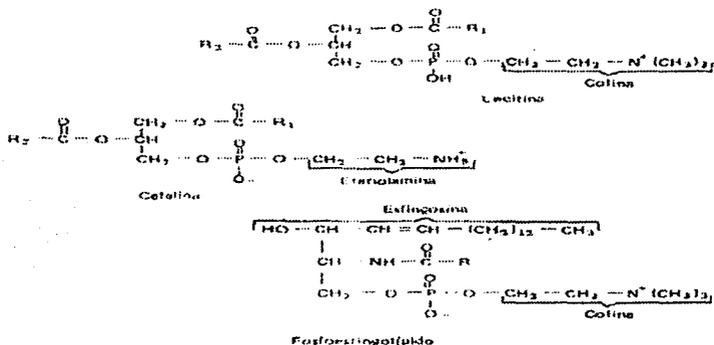


Figura 2. Estructura de los fosfolípidos de la leche

Los ácidos grasos que forman parte de los fosfolípidos y de los cerebrósidos son ácidos insaturados de cadenas largas, lo que, unido al grupo fosfórico, les hace muy sensibles a la oxidación. Los fosfolípidos son el origen del gusto a oxidado que aparece frecuentemente en la leche y productos lácteos (Alais, 1988).

Sustancias insaponificables

Bajo este título se agrupan ciertos constituyentes de los lípidos que no reaccionan con el hidróxido de sodio (NaOH) o con el hidróxido de potasio (KOH) para formar jabones y que después de la saponificación son insolubles en agua en medio alcalino, pero solubles en disolventes orgánicos no miscibles con el agua. Estas sustancias forman numerosos y variados compuestos, a pesar de que en conjunto representan únicamente el 1% de la materia grasa. Los principales son: esteroides, carotenoides y tocoferoles (Santos, 1998).

Propiedades físicas de la grasa de leche

La densidad varía según la composición de ácidos grasos de los triglicéridos, la naturaleza y cantidad de la materia insaponificable presente y la temperatura. Los puntos de solidificación y fusión no están bien definidos, pues el cambio de estado se produce en un margen de 5° C. Este límite tan amplio indica que en la leche hay glicéridos líquidos a 0° C y otros que se funden a temperaturas superiores a 60° C, lo que resulta en una solución de grasas de alto punto de fusión.

3.5.1.3 Proteínas de la leche

La leche contiene 30-35 g/L de proteína de alta calidad nutritiva. Las proteínas de la leche se clasifican en caseínas y proteínas del suero. Todas las caseínas forman un complejo esférico singular estable altamente hidratado, conteniendo fosfato cálcico, denominado micela.

Las caseínas precipitan a pH 4.6 y las otras no precipitan con las caseínas a menos de que previamente hayan sido desnaturalizadas por el calor u otros tratamientos. Las proteínas del suero o lactosuero incluyen a las lactalbúminas y las lactoglobulinas. Las albúminas y globulinas se consideran generalmente proteínas simples a pesar de que se ha demostrado que contienen grupos glucídicos o lipídicos. Las caseínas son fosfoproteínas. Las proteínas del lactosuero son más ricas que la caseína en los tres aminoácidos más importantes en la alimentación humana: lisina, metionina y triptofano. También son ricas en aminoácidos sulfurados, lo que influye en su estabilidad frente al calor.

Caseínas

La caseína de la leche está formada por fosfo-caseinato cálcico y se han encontrado diversas fracciones que la constituyen, entre las que destacan; caseína α_s , β , κ y λ . Las caseínas α y β son sensibles al ion calcio, mientras que las caseínas κ tienen un papel estabilizante de las micelas de caseína frente al ion calcio. Las caseínas α son las más ricas en fósforo y en ácidos libres. Su punto isoelectrico es el más bajo (pH 4.1). Las caseínas β son solubles a baja temperatura (2° C). Contienen menos fósforo pero son más ricas en azufre que las caseínas α , tienen su punto isoelectrico a pH 4.9. Las caseínas α pueden separarse de las caseínas β por su diferente solubilidad en urea. A una concentración de 4.6 M, las caseínas α son insolubles, mientras que las caseínas β precipitan a una concentración de 1.7 M.

Las caseínas κ son proteínas solubles en presencia de una alta concentración de iones calcio, son pobres en fósforo, además, son el sustrato específico de la acción proteolítica del cuajo y están constituidas por un segmento terminal aminado que es la para-kappa-caseína, caracterizada por residuos hidrófobos de carácter básico, es decir, electropositivos. El otro segmento terminal es un carboxilo glicopeptídico muy hidrófilo, de carácter ácido y, en

consecuencia electronegativo. Las caseínas λ son las más heterogéneas de la fracción caseínica. Todas están relacionadas con las variantes genéticas de las caseínas β (Amiot, 1991).

Las proteínas coloidales de la leche están cargadas negativamente. Cualquier incremento de iones negativos (fosfatos o citratos) tiene como efecto aumentar la estabilidad de las proteínas en la mayor parte de las leches, mientras que el aumento de iones de calcio neutraliza las cargas negativas y en consecuencia, tiene un efecto desestabilizante sobre las proteínas.

Por otro lado, debe de considerarse el efecto del calor sobre las proteínas de la leche, ya que éste altera el equilibrio salino de la leche, porque tanto el calcio como el fósforo coloidales tienden a separarse de la micela de caseína y precipitar en forma de fosfato tricálcico. Los tratamientos a temperaturas superiores a la de pasteurización pueden coagular las albúminas y globulinas. La vulnerabilidad de las proteínas al calor varía en el siguiente orden decreciente: lactoglobulinas, lactalbúmina y caseínas. También en las condiciones siguientes: 70° C/30min o a 75° C/3 min., se promueve la liberación de grupos sulfhidrilos, originándose una disminución en el potencial óxido-reducción y una mayor resistencia de la leche al desarrollo de gustos de oxidación, así como también la aparición del gusto a cocido es una consecuencia inevitable de este fenómeno.

3.5.1.4 Sales minerales en la leche

Las sales de la leche constan principalmente de cloruros, fosfatos, citratos y bicarbonatos de sodio, potasio, calcio y magnesio. Las sales, componentes inorgánicos de la leche, no deben confundirse con la ceniza, que está constituida por los óxidos de los minerales resultantes de la combustión. La distribución del calcio, magnesio, fosfato y citrato entre la fase soluble y coloidal y sus interacciones con las proteínas de la leche son factores importantes en la estabilidad de los productos lácteos (Fennema, 1993). Las cenizas de la leche no adulterada se componen de (todos los valores como porcentajes de las cenizas totales): K₂O 25.5, Na₂O 9.0, CaO 22.5, MgO 2.6, Fe₂O₃ 0.2, P₂O₅ 25.7, SO₃ 3.0, Cl 14.3 y trazas de bicarbonato (Egan, 1996).

3.5.1.5 Vitaminas de la leche

La leche figura entre los alimentos que contienen la variedad más completa de vitaminas, sin embargo, las proporciones en las que se encuentran presentes no cumplen los requerimientos diarios para estos micronutrientes. En la leche encontramos vitaminas asociadas a la fracción grasa (liposolubles) y otras en la fracción acuosa (hidrosolubles).

Entre las vitaminas liposolubles que se pueden encontrar en la leche están la vitamina A, D y E, mientras que entre las vitaminas hidrosolubles destacan: la vitamina B₂ (riboflavina), la niacina, la vitamina B₆ (piridoxina), el ácido pantoténico, la vitamina B₁₂ (cianocobalamina), la tiamina y el ácido ascórbico (Santos, 1998).

3.5.1.6 Enzimas de la leche

Aunque presentes en pequeñas cantidades, las enzimas pueden influir de forma importante en la estabilidad de los productos lácteos. Las proteasas y lipasas son particularmente importantes debido a sus efectos sobre el aroma y la estabilidad de las proteínas. Algunas de las enzimas de la leche del tipo albúmina se concentran en la membrana del glóbulo de grasa y entre ellas están las reductasas aldehídicas, las fosfatasas, etc. Es difícil determinar el origen de las enzimas, ya que las bacterias que se encuentran por lo común en la leche, producen enzimas semejantes a las que se sintetizan en las glándulas mamarias. La actividad enzimática de la leche depende del pH y de la temperatura. La elevación de la temperatura a más de 70° C provoca su destrucción (Fennema, 1993).

3.5.1.7 Cambios en la leche por aplicación de calor

Durante la elaboración del rompopo se someten los ingredientes a tratamiento térmico, lo cual modifica sus características, mismas pueden ser reversibles e irreversibles, como:

- La pérdida de CO₂ la cual se presenta a cualquier aumento de temperatura, pero depende en gran parte de la presión de la leche durante el calentamiento.
- Parte del calcio y del fosfato pasan del estado de solución al coloidal; aunque estos cambios son reversibles los tiempos de relajación son grandes. Los cambios implicados afectan algo al tamaño y a las propiedades de las micelas de caseína.

-
- La solubilidad de la mayoría de las proteínas del suero disminuye como consecuencia de la desnaturalización térmica, lo que en gran parte está relacionado con las micelas de caseína. Comienza a observarse por encima de los 60° C.
 - Las inmunoglobulinas pierden su capacidad de inhibir las bacterias y de aglutinar por el frío los glóbulos grasos.
 - Los enzimas se inactivan a temperaturas mayores de 50° C, pero varía mucho dependiendo de cada una.
 - A temperaturas mayores de 60° C se forman grupos sulfhidrilo libres y también algo de ácido sulfhídrico (Walstra, 1984).
 - El calor puede descomponer la lactosa en diversos ácidos orgánicos o neutralizar los grupos amino de las proteínas.
 - El fosfato tricálcico puede precipitar y produce un aumento de acidez debido a la disociación de los radicales fosfato (Amiot, 1991).

3.5.2 Características del huevo

El huevo de gallina es un producto altamente consumido en México. En el año 2000 se reportó una producción de 1, 749, 503 toneladas (Fuente: SAGARPA, 2000). Su alta demanda se debe principalmente a su bajo costo comparado con otras fuentes de proteínas de origen animal, como la leche, carne de res, pollo y pescado. Además, es muy cotizado por su calidad nutrimental, ya que tienen los valores más altos de digestibilidad, valor biológico, proteína neta utilizable y relación de eficiencia proteica (PER = 4.2); comparados a la leche de vaca (PER = 3.2), carne de res (PER = 2.4), pescado (PER = 3.1) y puerco (PER = 2.9) (Santos, 1995).

El huevo (Figura 3) está envuelto por una cáscara caliza de 0.2-0.4 mm de espesor, de carácter poroso, de color blanco o entre amarillo y marrón. La cáscara comprende el 11% del contenido total del huevo y está revestida interiormente por dos finas membranas que constituyen una envoltura; ambas telillas se separan entre sí parcialmente en el polo obtuso para constituir la cámara de aire. Esta mide en el huevo fresco unos 5 mm de espesor y aumenta a medida que el huevo envejece; la medición del tamaño de la cámara de aire puede utilizarse para determinar la edad de los huevos. La clara de huevo (porción líquida blanquecina, abarca la porción

mayoritaria del huevo con 58%) es un fluido acuoso, ligeramente amarillento, compuesto por tres capas de diferente viscosidad. Envuelta por la clara se encuentra la yema (que comprende el 31% de la constitución total del huevo), de forma esferoidal, se fija mediante las chalazas, se sitúa el disco germinal (blastodermo), que adopta el aspecto de mancha blanquecina. La yema está constituida por una serie de capas amarillentas y blancuzcas, que alternan concéntricamente, (Belitz, 1985). El peso medio del huevo es de 58g, pero los factores más importantes que influyen en las diferencias de peso y proporción del cascarón, la clara y la yema son: la edad del ave, la alimentación, temperatura, ciclo de luz e influencia genética (Santos, 1995).

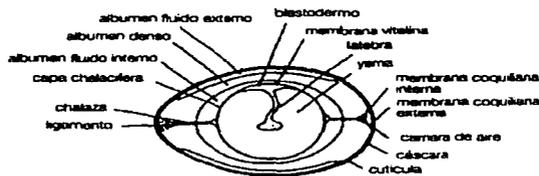


Figura 3. Estructura interna del huevo.

Por sus propiedades funcionales, el huevo contribuye con estructura, consistencia y textura de algunos alimentos procesados, tales como pasteles, galletas, mayonesas, flanes, etc, (Santos, 1995).

3.5.2.1 Composición química del huevo

El huevo está compuesto en su mayor parte de agua, con aproximadamente 75%. Del total de sólidos, alrededor del 47.4 y 48.7% son proteínas y lípidos, respectivamente, y el 4% restante lo forman carbohidratos, cenizas, colesterol y vitaminas, principalmente (Cuadro 8).

La clara contiene el 77.5% del agua, la yema el 71.7% del total de sólidos del huevo. De las proteínas disponibles en el huevo el 52% se encuentra en la clara y el resto en la yema. En la clara está el 67.3% de carbohidratos totales y en la yema el 32.7% restante (Santos, 1995).

Cuadro 8. Composición química del huevo por 100 g de fracción comestible.

Componente	Huevo entero(%)	Clara(%)	Yema (%)
Agua	74.7	89.3	49.2
Proteínas	12.0	9.4	16.2
Lípidos totales	12.3	0.03	34.1
Carbohidratos totales.	1.1	1.1	1.0
Carbohidratos libres.	0.3	0.4	0.2
Cenizas	0.98	0.69	1.65
Colesterol	0.49	-	1.37
Vitamina A (UI)*	220.0	-	800.0
Vitamina D (UI)**	36.0	-	170.0
Vitamina E (mg)	1.0	-	3.9
Vitamina K (mg)	Trazas	-	Trazas
Vitamina B ₁₂ (mg)	1.1	Trazas	3.2
Biotina (µg)	18.3	5.1	40.8
Colina (mg)	820.0	Trazas	1110.0
Ácido fólico (mg)	0.03	Trazas	0.07
Inositol (mg)	15.0	4.0	34.0
Niacina (mg)	0.09	0.1	0.06
Ácido pantoténico (mg)	1.4	0.1	4.9
Vitamina B ₆ (mg)	0.14	Trazas	0.35
Vitamina B ₂ (mg)	0.32	0.25	0.48
Vitamina B ₁ (mg)	0.09	Trazas	0.25

* 1UI de Vit. A = 0.3 µg de Vit. A = 0.6 µg de β-caroteno.

** 1UI de Vit. D = 0.025 µg de Vit. D.

3.5.2.1.1 Composición de la cáscara

Como término medio, la cáscara está conformada por 1.6% de agua, 3.3% de proteínas (que constituyen su trama), y un 95.1 % de minerales, fundamentalmente carbonato cálcico (93.6% del total mineral) en forma de calcita; las otras sales presentes son: carbonato de magnesio y fosfato tricálcico (aproximadamente, un 0.8 % cada una). Globalmente, el calcio representa un 37.3% del peso total de la cáscara, el carbonato supone el 58%, y el fósforo y el magnesio el 0.35% cada uno. El único oligoelemento presente en cantidad significativa es el manganeso (7 ppm) (Sauer, 1993).

3.5.2.1.2 Composición de la clara

La clara está compuesta, en casi su totalidad, por agua y proteínas. La variabilidad del contenido en proteína (9.7-10.6%), que es el componente mayoritario de los sólidos en la clara, se

atribuye principalmente a la edad del ave. El contenido lipídico (0.03% es insignificante comparado con el de la yema. Los carbohidratos de la clara, cuya tasa es de alrededor del 1%, están tanto unidos a proteínas como en estado libre. La glucosa representa, aproximadamente el 98% de los carbohidratos en estado libre (alrededor del 0.5%), esta glucosa constituye la primera fuente de energía utilizable por el embrión (Fennema, 1993).

La clara de huevo es un líquido pseudoplástico cuya viscosidad depende de la edad del ave, fuerza de cizalla y temperatura (Stadelman *et al.*, 1977). La tensión superficial (de una solución al 12.5%, de pH 7.8 y a 24° C) es de 49.9 $\text{din} \cdot \text{cm}^{-1}$. El pH de la clara es en el huevo fresco de 7.6-7.9 y aumenta hasta 9.7 durante el almacenado de acuerdo con la temperatura y como consecuencia de la difusión del CO_2 disuelto a través de la cáscara (Belitz, 1985).

Cada una de las proteínas contenidas en la clara (Cuadro 9) es conocida por sus propiedades específicas, funcionales o nutricionales.

Cuadro 9. Principales proteínas en la clara.
(porcentaje sobre la materia seca de la misma)

Proteína	%
Ovoalbúminas	54
Conalbúminas	13
Covomucoides	11
Ovoglobulinas	8
Lisozima	3.5
Ovomucinas	1.5
Flavoproteína	0.8
Avidina	0.05
Otras proteínas	8.15

- Las ovoalbúminas (las más importantes desde una perspectiva ponderal), son desnaturalizadas por el calor y adquieren, cuando se calientan, una notable rigidez, (coagulación).
- Las globulinas y la lisozima son las que permiten la formación de espuma después del batido (clara montada). La ovomucina participa en la estabilidad de la espuma
- La lisozima y la ovomucina, son también responsables de la estructura en gel del albumen (clara) denso.
- Las conalbúminas fijan el hierro y las flavoproteínas.

- e. La avidina es una anti-biotina (únicamente en estado crudo).
- f. Los ovomucoides son, por su parte, inhibidores de tripsina.

Desde un punto de vista bioquímico, todas las proteínas mencionadas son de hecho, glicoproteínas ácidas, con dos excepciones: la avidina (glicoproteína alcalina) y la lisozima (holoproteína alcalina) (Sauver, 1993).

3.5.2.1.3 Composición de la yema

La yema del huevo es una emulsión de aceite en agua, con una cifra de extracto seco próxima al 50%, del cual el 30% es proteína y el 70% son lípidos, (Santos, 1995). Los lípidos contienen 65% de triglicéridos, 30% de fosfolípidos (de los cuales el 73% es fosfatidilcolina, 15% fosfatidiletanolamina, 5.8% lisofosfatidilcolina, 2.5% esfingomielina, 2.1% lidoposfatidiletanolamina, 0.9% plasmalógeno y 0.6 % inositol fosfolípido); y 4% de colesterol, (Stadelman, 1986).

La yema es un líquido pseudoplástico, no newtoniano, cuya viscosidad depende de la fuerza de cizalla. La tensión superficial es de 44 $\text{din}\cdot\text{cm}^{-1}$ (25° C). El valor del pH es de 6.0 y, a diferencia de lo que sucede con la clara, durante almacenamientos prolongados sólo asciende de 6.4 a 6.9 (Belitz, 1985).

La yema es una fuente de lípidos fácilmente dispersables en el agua, y que permiten la emulsión de otras sustancias. Estas propiedades se deben al alto contenido en fosfolípidos y al importante hecho de que todos los lípidos (incluidos los triglicéridos) están asociados a dos proteínas, al menos: la vitelina y la vitelina (Cuadro 10).

Cuadro 10. Constituyentes de la yema de huevo (porcentaje de la materia seca.)

Lípidos	63
Proteínas	33
Livetinas	4 a 10
Fosvitina	5 a 6
Vitelina	4 a 15
Vitelenina	8 a 9
Minerales	2.1
Vitaminas	1.5
Glucosa libre	0.4

Por medio de centrifugación pueden separarse en tres fracciones los constituyentes de la yema.

- a. Una fracción lipoproteica de baja densidad (lipovitelina de baja densidad) que contiene un 90% de lípidos; de ellos, la casi totalidad de los triglicéridos. Esta fracción representa, aproximadamente dos tercios de la materia seca de la yema.
- b. Una fracción de mayor densidad que sedimenta en forma de gránulos. Supone el 23% de la materia seca total. Contiene la totalidad de la fosvitina así como las lipovitelinas de alta densidad (lipoproteínas). Estas últimas contienen un 18% de lípidos repartidos, casi por igual entre triglicéridos y fosfolípidos.
- c. Una fracción de proteínas solubles que contiene, principalmente, las livetinas y algunas trazas de otras proteínas séricas.

Pigmentos de la yema.

El color amarillo anaranjado de la yema de huevo se debe a la presencia de pigmentos cuyo origen está en los vegetales consumidos por la gallina. El nivel en que aparecen en el huevo refleja directamente la cantidad de los mismos que ha ingerido el ave, en general, se presentan a un nivel de 13-15 mg/g de yema, destacando los carotenoides, muy parecidos por su estructura, a la vitamina A. Muchos de ellos son xantofilas, y entre los que se encuentran con más frecuencia:

- a. La *luteína* (que constituye el 75% de los pigmentos de la alfalfa y el 53% de los del maíz amarillo).
- b. La *zeaxantina* (que supone el 29% de los pigmentos del maíz)

La obtención de una coloración fuerte, a partir únicamente de pigmentos amarillos, no es fácil dado que la respuesta de coloración es un fenómeno saturable. En este sentido, cuando el aporte alimentario de xantofilas supera las 20 ppm, el contenido en pigmentos de la yema también aumenta, pero la apreciación visual del color se estabiliza. Para poder superar este inconveniente, se utilizan pequeñas cantidades (1 ppm) de pigmentos rojos. Cuando se añaden a las dietas 15 ppm de xantofilas, que aseguran ya una buena coloración amarilla de fondo y permiten obtener una coloración naranja constante de la yema.

No se puede aplicar este método en todos los casos; por ejemplo, a las yemas destinadas a ser deshidratadas, dado que los pigmentos rojos son poco estables al calor. En este caso sólo se utilizan pigmentos amarillos y la coloración de la yema se establece en "equivalentes β -caroteno". Las fuentes de pigmentos más utilizadas, son:

a. Pigmentos amarillos

a.1 Naturales: la alfalfa y sus derivados (concentrado proteico), el maíz amarillo y el gluten de maíz, algas, pétalos de cempoal (clavel de la India) y caléndulas.

a.2 Sintéticos: Ester de apo-caroteno

b. Pigmentos rojos

Extracto de pimiento picado molido, cantaxantina, citraxantina.

A medida que en la dieta se sustituye cada vez más el maíz por el trigo y se descarta la alfalfa, por razones energéticas, se hace más necesario recurrir a fuentes de pigmentos muy concentrados o a pigmentos de síntesis con el fin de evitar que disminuya la coloración de la yema (Sauver, 1993).

Es frecuente que una pigmentación muy fuerte de las yemas vaya acompañada por una reducción del contenido en vitamina A de las mismas. Ello es debido a que, a nivel incorporación en el huevo, se establece una competencia entre la mencionada vitamina y las xantofilas.

Calidad de la yema

El concepto de calidad, en el caso de la yema, abarca dos aspectos distintos:

a. Sus propiedades físicas.

b. Su color

La ingestión de aceite de algodón da lugar a otra anomalía estructural en la yema; en efecto, el mencionado aceite contiene dos ácidos grasos, estercúlico y malválico, que originan un bloqueo del proceso de desaturación del ácido esteárico. En consecuencia, éste no puede convertirse en ácido oleico y, por ello, el contenido en ácido esteárico de la yema pasa del 7 al 30%, con lo que la yema adquiere un aspecto gomoso o pastoso.

La coloración de la yema es, después del “color de la cáscara” y la “frescura del producto”, el tercer criterio de calidad más citado por los consumidores (Sauer, 1993).

Propiedades emulsificantes de la yema

La yema es por si misma un ejemplo natural de emulsión aceite/agua. Los compuestos responsables de este efecto son la lecitina y la lisolecitina, ambos actúan como agentes emulsificantes en sistemas en donde son incorporados, la mayonesa es una ejemplo clásico de emulsión estabilizada por la yema de huevo (McWilliams, 1989). Aunque se atribuye la mayor propiedad emulsificación del huevo a las proteínas, lipoproteínas y fosfolípidos, la capacidad de emulsificación del huevo se reduce cuando se agregan fosfolípidos. La adición de lecitina o cefalina baja la eficiencia de la lecitina-proteína, ya existente en el huevo, como emulsificante, (Santos, 1995).

Las propiedades emulsionantes de la yema son afectadas cuando se le aplican tratamientos térmicos como en yemas acidificadas (de pH 6.2 a 5.0) y pasteurizadas a 60°C, en donde la capacidad emulsionante se pierde; el congelamiento y almacenamiento incrementan el daño. Existen estudios que refieren que la capacidad de los lípidos de la yema de huevo aumentan su capacidad emulsionante cuando se combinan con lecitinproteína.

Sin embargo, la estabilidad de una emulsión de este tipo la determinan los cambios que se producen a lo largo de la vida de la emulsión como son la resistencia a la coalescencia de las gotitas de aceite dispersadas en el agua. El decremento en la viscosidad de la yema debida a dilución puede influenciar la pérdida de estabilidad de las emulsiones pero la reducción del contenido de sólidos es probablemente el principal factor. Por otra parte, la estabilidad de las emulsiones puede mejorarse significativamente por la adición de 0.05% de lactilato de sodio, de igual manera, con la acetilación de las lipoproteínas de la yema, (Stadelman, 1986).

Coagulación de la yema

Las proteínas de la yema forman un líquido espeso que no fluye cuando es calentado, pues empieza a solidificarse con una textura harinosa.

El mecanismo de gelatinización no ha sido bien determinado, pero una hipótesis habla de que cuando la yema se congela, se concentra a tal nivel que se precipita la lipovitelina. Las proteínas de baja densidad del plasma (LDL) son las que se encuentran involucradas en el proceso, debido a la alteración en la estructura del agua. Otra hipótesis dice que la fosvitina y el calcio actúan como puentes en los agregados de proteínas. La gelatinización de la yema se debe a las proteínas de baja densidad (LDL) (Santos, 1995).

3.5.3 Características del azúcar

Con el nombre de azúcar (sacarosa) se designa al producto obtenido industrialmente de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) y de otras plantas sacarinas, en suficiente estado de pureza para la alimentación humana. Es el edulcorante más utilizado en toda clase de productos alimenticios, su fórmula empírica es $C_{12}H_{22}O_{11}$ y su peso molecular es 342, funde a unos 170-180°C, es muy soluble en agua y se hidroliza en soluciones ácidas (Madrid, 1991).

La composición química de las diversas presentaciones del azúcar depende del grado de refinado. El azúcar refinado contiene prácticamente el 100% de sacarosa, mientras el azúcar de remolacha contiene además del 96% de sacarosa, <1.4% de humedad, 0.9% de cenizas y 1.5% de sustancias orgánicas no azucaradas; el azúcar moreno, el 98.8% de sacarosa, 0.70% de humedad, 0.20% de cenizas y 0.29% de sustancias orgánicas no azucaradas, (Belitz, 1985).

La sacarosa es un disacárido (D-glucopiranosil-($\alpha \rightarrow \beta$)-D-fructofuranosa). Dado que la glucosa y la fructuosa están unidas a través de sus grupos hemiacetálicos, la sacarosa es un azúcar no reductor. En condiciones ácidas suaves con incremento de la temperatura o por acción del enzima invertasa la sacarosa se hidroliza y da lugar a los monosacáridos componentes. Este fenómeno se conoce como inversión y a la mezcla resultante, azúcar invertido. Debido al efecto de la hidrólisis sobre las propiedades ópticas de la disolución los valores de rotación óptica específica de la sacarosa, de la glucosa y de la fructuosa son +66.5°, +52.7° y -92.4°, respectivamente, por lo que, como podemos ver la solución dextrorrotatoria de sacarosa da lugar a una disolución levorrotatoria de azúcar invertido.

Las proporciones relativas de azúcar en disolución y cristales de azúcar no disuelto en disoluciones saturadas de azúcar en disolución y cristales de azúcar no disuelto en disoluciones saturadas de azúcar (jarabes) controlan la TEXTURA de los centros cremosos de bombones y otros dulces similares (Ocultate, 1984).

Los disacáridos, al igual que los polisacáridos, no son capaces de atravesar la pared intestinal y no son aprovechables, por tanto, como fuente de energía a no ser que sean previamente hidrolizados a monosacáridos, los cuales pasan rápidamente del tracto intestinal al torrente sanguíneo. La sacarosa, al entrar en el intestino delgado, es hidrolizada por la enzima invertasa en la pared intestinal. De los productos de la hidrólisis, la D-glucosa es absorbida rápidamente, mientras que la D-fructuosa libre lo es más lentamente. Parte de esta D-fructuosa es convertida en D-glucosa en el propio intestino, pero el 85% de ella se convierte en glucosa o se metaboliza directamente sólo después de alcanzar el hígado por la vía de la circulación portal. Si se inyecta sacarosa por vía intravenosa, ésta es excretada directamente por el riñón, puesto que la sangre no contiene invertasa (Fennema, 1993).

3.5.4 Características del alcohol etílico

El alcohol etílico o etanol destinado a consumo como bebida se obtiene sobre todo a partir de patatas, cereales y melazas. Para fermentación se utilizan levaduras de destilación, en particular especies de alto poder fermentativo. Después de una fermentación que suele durar 48 horas, el alcohol presente en el sustrato fermentado es destilado. A tal fin se utilizan destiladores sencillos o bien aparatos de funcionamiento continuo en columna de uno o dos cuerpos. Estos últimos permiten obtener directamente alcohol de elevado grado (hasta de 94%).

La purificación (rectificación del alcohol bruto puede realizarse de manera discontinua (periódica) o continua. En la rectificación periódica se comienza por diluir al 42% el alcohol bruto para facilitar la separación del aceite de fúsel, aunque también puede efectuarse la purificación sin diluir. El producto obtenido, etanol casi puro del 94.4%, constituye el alcohol primario idóneo para consumir como aguardiente.

El alcohol etílico es un derivado oxigenado de los hidrocarburos alifáticos con la siguiente composición 52% carbono, 35% oxígeno y 13% hidrógeno. El alcohol es un líquido incoloro, de sabor fuerte, fácilmente inflamable y menos denso que el agua (Hubert, 1989). Como el alcohol tiene la propiedad de precipitar las proteínas y el rompopo contiene una cantidad considerable de estas macromoléculas es indispensable adicionar el alcohol al final del proceso y a temperatura ambiente.

3.5.5 Características de los aditivos

3.5.5.1 Sorbato de potasio

El sorbato de potasio es la sal de potasio del ácido sórbico ($\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH=CH-COOH}$), ampliamente utilizados en alimentación como conservantes. La acción antimicrobiana del ácido sórbico se debe a la inhibición de diversas enzimas deshidrogenasas, formando enlaces covalentes entre los dobles enlaces y los grupos sulfhidrilo. Comúnmente en la industria alimenticia se utiliza el sorbato de potasio, ya que éste es más soluble en agua que el ácido sórbico. Es un conservante fungicida y bactericida, se ha demostrado que controla el desarrollo de *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium botulinum* y otros. Su actividad es dependiente del pH es efectivo por debajo de pH 6.5. Se puede emplear una combinación de sorbato de potasio y propionato de sodio dando lugar a una acción sinérgica, o combinación de sorbato de sodio con benzoato de sodio (Ruiz, 1994).

En el caso del rompopo, el sorbato de potasio se incorpora directamente al producto final, de tal manera que la proporción en el mismo sea de 0.05%.

3.5.5.2 Benzoato de Sodio

El ácido benzoico y sus sales son una familia de conservadores químicos ampliamente utilizados, presentan acción antimicrobiana frente a levaduras y hongos y en menor medida ante las bacterias. Debido a que la solubilidad del ácido es baja (3.4 g/L a 25° C), en su lugar se prefiere utilizar el benzoato de sodio (55 g/L a 25° C), que una vez en el alimento se convierte en la forma del ácido no disociado; la dosis letal media de la sal es de 4.07 g/kg (vía oral en ratas). Estos compuestos no causan problemas de toxicidad en el hombre a una concentración baja (< 0.5 g de benzoato de sodio al día), ya que se eliminan en la orina como ácido hipúrico (y en caso

de grandes dosis como derivados del ácido glucurónico), al reaccionar con la glicina en la reacción de destoxificación.

El benzoato de sodio es relativamente inactivo a valores de pH próximos a la neutralidad aumentando su actividad conforme aumenta la acidez. El pH al cual el benzoato sódico tiene mayor eficacia es ácido (2.5-4.0) por lo cual se emplea en la mayoría de los casos en combinación con otros conservantes. (La proporción recomendada de este conservador es de 0.05% con respecto al producto final (Ruiz, 1994).

3.5.5.3 Colorante artificial

A pesar de que las yemas de huevo aportan color a determinados productos alimenticios en donde se adicionan, la proporción en la que son incorporadas en el rompopo no permite una coloración amarilla característica de este producto, por lo que, es necesario el adicionar un colorante artificial, para corregir variaciones de color en la preparación y almacenamiento del rompopo. Comparados con los colorantes naturales, los artificiales tienen una mayor capacidad colorante, una mayor estabilidad y es más fácil normalizar el matiz y la intensidad del color, (Wong, 1989)

Los colorantes artificiales se comercializan en forma de líquido, polvo, dispersión y pasta, por conveniencia en este proceso se elige la adición de un colorante en polvo (hidrosoluble), color yema de huevo, el cual se adiciona al final del proceso. La proporción del mismo depende del color final que se desee.

3.5.5.4 Esencia de Canela (*Cinamomum aromaticum*)

La canela es la corteza de ciertos árboles de hoja perenne; es de color marrón rojiza a un marrón cuero, dependiendo de la especie. La especie entera consiste en largos canutillos delgados de corteza de árbol. De las diferentes especies de canela, la *Cinamomun cassia* Presl (o canela China) presenta un sabor más dulce que el de otras variedades y posee un alto contenido de aceite volátil con un 85-90% de aldehído cinámico.

La canela se comercializa industrialmente atendiendo a su cantidad de aceite. Se recomiendan tres tipos que contienen los siguientes niveles de aceite esencial: 1.5 a 2.0%, 2.0-

2.5% y 2.5-3.0%. Cuanto más alto es el contenido de aceite mayor es el precio de la canela. El calor de la molienda es perjudicial para el contenido de aceite de la canela. La molienda criogénica, no obstante, retiene más volátiles.

La Asociación Americana del Comercio de Especies (ASTA) ha establecido que los límites de humedad sugeridos para todas las especies de *Cinnamomum* sean del 14%. La canela de mejor calidad debe tener unos niveles de cenizas totales y cenizas ácido insolubles menores del 5 y del 1% respectivamente (*Tainter et al, 1993*)

La esencia de canela se añade al rompo con el fin de aromatizarlo a una dosificación de 0.01 mL por litro de rompo.

3.6 Puntos críticos de control en la elaboración de rompo

En la industria alimentaria se producen gran cantidad y diversidad de productos alimentarios para su distribución y venta, a menudo en distintos países. Sería imposible, y en ocasiones destructivo, comprobar todos y cada uno de los productos elaborados para asegurarse de que cumplen todos los requerimientos de seguridad y calidad. En lugar de ello, el técnico aplica programas de garantía de calidad para asegurarse de que los productos alimentarios cumplan los requisitos necesarios y se ajusta a la legislación alimentaria en vigor.

La garantía de calidad se basa en el uso de sistemas de análisis aleatorio en puntos críticos de control. En éstos, el material que se está procesando y el proceso en sí deben ser conocidos para identificar los riesgos asociados con cada paso para así definir los puntos críticos de control. En resumen, un punto crítico de control es una operación o etapa del proceso que debe ser controlada y/o monitoreada para evitar un riesgo, el que se define como la probabilidad potencial de que un factor biológico, químico o físico, cause un daño a la salud del consumidor (NOM-128-SSA1-1994). Por ejemplo, la leche, alimento rico en proteínas, es nutritiva tanto para el ser humano como para ciertos microorganismos, y es un medio en el cual éstos pueden estar presentes. Algunos microorganismos son inoocuos, mientras que otros pueden producir enfermedades como la tuberculosis. No obstante, las bacterias patógenas como las causantes de la tuberculosis mueren por acción del calor, de modo que, por ley, es obligado calentarla a 63° C durante 30 minutos como parte del proceso de pasteurización. También se sabe que los huevos

pueden ser portadores del microorganismo *Salmonella* asociado a las intoxicaciones alimentarias. La escala y riesgo de contaminación en la industria alimentaria, donde se juntan muchos huevos para obtener huevo batido como ingrediente, hacen que éste sea un punto crítico de control, y los huevos deban ser pasteurizados por obligación legal. En México, la norma oficial mexicana (NOM-159-SSA1-1996), establece que el tratamiento de pasteurización del huevo líquido debe de tener la relación tiempo-temperatura que permita la destrucción de los microorganismos patógenos, la norma señala un valor puntual de esta relación: 64.5° C durante 2.5 min.

De acuerdo con lo anterior, los riesgos que se presentan durante cada etapa del proceso de fabricación del rompope requieren de su eliminación o reducción hasta niveles aceptables, para garantizar al consumidor un alimento seguro y de calidad. Cabe resaltar que la reducción del número de riesgos se da cuando partimos de materia prima de buena calidad, es decir, que no esté contaminada o dañada. Los riesgos que se involucran son de tres tipos: biológico, físico y químico (Cuadro 11).

Cuadro 11. Riesgos en la materia prima.

Biológico	Físico	Químico
<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de origen (microorganismos de la vaca) • Contaminación con piel, ubre, etc. • Contaminación en el transporte, con superficies vivas y utensilios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación con materia extraña por manejo e impurezas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos de medicamentos • Presencia con residuos tóxicos

Fuente: Bettison y Rees, 1991

De acuerdo el tipo de riesgo será la medida preventiva a tomar. En el caso de la leche se deben realizar pruebas de plataforma (acidez, pH, densidad, etc.) y sensoriales (color blanco, olor fresco y agradable), la temperatura de recepción de 4-10° C y libre de materia extraña.

Para el caso de los aditivos, se debe llevar un registro microbiológico y fisicoquímico, para cada uno de los mismos. En el azúcar las pruebas son de tipo sensorial y determinación de humedad. Para el huevo deben realizarse un muestreo al azar en el lote del producto y determinar

sensorialmente la calidad de la yema de huevo (color y olor, principalmente). Esencialmente se deben de llevar a cabo buenas prácticas de higiene durante la recepción y análisis de la materia prima.

Durante la elaboración del rompope, los riesgos son de la misma naturaleza (Cuadro 12), pero su prevención o eliminación requiere de otras medidas. Por ejemplo, se requiere trabajar con equipo y utensilios limpios y desinfectados. Se recomienda lavar los utensilios inmediatamente después de usarlos (Estañol, 1999).

En esta etapa del proceso el control de la temperatura durante el calentamiento es muy importante, ya que de esta manera se garantiza la reducción y eliminación del crecimiento microbiano, así como también la precipitación de proteínas (principalmente de la yema del huevo) y que afectaría en la calidad sensorial del producto debido a la formación de pequeños grumos.

Cuadro 12. Riesgos durante el proceso.

Biológico	Físico	Químico
<ul style="list-style-type: none"> • Supervivencia de bacterias. • Contaminación por un mal manejo del producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación con materia extraña por manejo. • Control de la temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Desnaturalización de proteínas • Empleo de materias primas y colorantes no autorizados.

Fuente: Bettison y Rees, 1991

El envasado del producto tiene implícitos riesgos que de no controlarse pueden afectar la vida de anaquel del producto, ya que por un mal manejo del rompope durante el envasado podemos tener contaminación cruzada en las superficies de trabajo o en el material de empaque. Por lo que se recomienda mantener las superficies de trabajo limpias y efectuar buenas prácticas de manufactura (Cuadro 13).

Cuadro 13. Riesgos durante el envasado del rompopo.

Biológico	Físico	Químico
<ul style="list-style-type: none">• Contaminación por parte del equipo y utensilios.• Contaminación cruzada.	<ul style="list-style-type: none">• Contaminación con materia extraña por manejo.• Sellado del envase defectuoso.	<ul style="list-style-type: none">• Presencia de compuestos tóxicos y metales pesados.• Utilizar concentraciones inadecuadas de conservadores.

Fuente: Bettison y Rees, 1991

3.7 Factores que influyen en la calidad del rompopo

3.7.1 Precipitación de la lactosa

Este defecto se identifica por la textura arenosa que tiene el producto, cuando precipita la lactosa, el cuál puede diferenciarse del ocasionado por la coagulación de las proteínas, porque en dicho caso los grumos que se forman son más o menos elásticos, blandos y gomosos, mientras que para la lactosa se forman cristales duros. Este defecto en el rompopo es mínimo debido a que dentro de la elaboración del producto la capacidad de disolución de la lactosa no disminuye de tal forma que se permita la formación de cristales de lactosa, esto gracias a que la evaporación de la leche durante la elaboración del rompopo es mínima (Estañol, 1999).

3.7.2 Implicaciones de la conservación por tratamiento térmico

La aplicación del tratamiento térmico para la destrucción de microorganismos y la conservación de alimentos es un principio establecido. La intensidad del tratamiento térmico depende de la composición y de las características físicas del producto y es el resultado de una relación de tiempo y de temperatura. Por lo tanto, las reacciones que se efectúan durante el procesado y almacenamiento son, por consiguiente, los factores que establecen la calidad del producto en términos de características sensoriales como de aporte de nutrientes al consumidor. Los cambios que tienen lugar durante el almacenamiento son generalmente lentos, en comparación con las reacciones químicas que se generan durante el procesamiento que pueden ser deseables o no, y resultan con frecuencia más importantes que las que tienen lugar durante el almacenamiento. Entre las principales reacciones inducidas por el calor destaca la reacción de Maillard, que influye en el color y sabor del producto, así como también sobre sus cualidades nutritivas (Bettison, 1994).

3.7.2.1 Textura

La textura parece ser relativamente estable durante el almacenamiento de los alimentos procesados mediante el calor. Sin embargo, existen influencias importantes sobre la textura de los alimentos calentados, que son el resultado de los cambios estructurales de las proteínas. Incluso con un tratamiento térmico ligero se presentan cambios conformacionales en la estructura terciaria de las proteínas, la que puede producir transformaciones en las propiedades químicas y físicas de las proteínas debido a pérdidas de solubilidad, elasticidad y flexibilidad. Este mecanismo provoca también la inactivación de enzimas y la descomposición de toxinas proteicas y de factores antinutricionales. Tras su desnaturalización, las proteínas pueden formar agregados estables que con frecuencia tienen efectos importantes sobre las propiedades de los alimentos. Provocan turbidez y determinan la aparición de un precipitado o gel, que alterará mucho la capacidad de retención de agua y que puede conducir también a una mayor estabilidad térmica, por ejemplo, la β -lactoglobulina cuando se une a la κ -caseína (Bettison, 1994).

3.7.2.2 Color

El color de un alimento viene determinado por la presencia y la estabilidad de algunos pigmentos naturales o añadidos y por el desarrollo de algún tipo de coloración durante el procesamiento y almacenamiento. Aunque en el rompo el desarrollo del color es mínimo durante la elaboración del mismo, requiere de la adición de un colorante artificial que le proporcione el color al cual el consumidor está acostumbrado, que es muy estable ya que no cambia a lo largo del almacenamiento.

Reacción de Maillard

Las reacciones de Maillard se presentan en los alimentos siempre que coexisten azúcares reductores y proteínas, péptidos, aminoácidos o aminas, especialmente a altas temperaturas o a bajas actividades de agua, (Belitz, 1985). Las reacciones de pardeamiento no enzimático de los productos alimenticios son consecuencia de la degradación de los azúcares y de las interacciones de las sustancias originadas. En presencia de los grupos amino libres y azúcares se producen las reacciones amino-azucaradas o reacciones de Maillard; los aminoácidos, péptidos y proteínas se condensan con los azúcares y actúan como catalizadores propios para la enolización y deshidratación. Las reacciones tienen lugar en condiciones de calentamiento más suaves (que las reacciones de caramelización) y a pH próximo a la neutralidad (Walstra, 1984).

La primera parte de la reacción se encuentra bastante bien definida y supone la condensación de los grupos carbonilo procedentes de los carbohidratos reducidos con grupos amino libres procedentes de las proteínas y el reordenamiento para producir compuestos de Amadori (1-amino-1-desoxicetosa), lo que determina pérdidas en la calidad nutritiva de la proteína, sin afectar a las propiedades sensoriales de manera importante (Figura 4). La segunda etapa es más compleja y determina la formación de numerosos productos. La tercera etapa y final de la reacción se caracteriza por la formación de melanoidina, que es un pigmento de color castaño (Bettison, 1994)

Los principales reaccionantes potenciales de la leche son la lactosa y los residuos de lisina de las proteínas; el suero lácteo libre de proteína, obtenido por calentamiento a 80° C y a pH de 5.5, sólo se pardea ligeramente al someterlo subsiguientemente al calentamiento a 120° C y pH de 5.5 a 7.5. Las manifestaciones de las reacciones de pardeamiento que afectan la utilidad de los productos lactológicos son producción de sustancias de color marrón, fluorescencia, sabores extraños, aumento del poder reductor a pH 6.5 o menor y disminución de la lisina disponible. (Walstra, 1984).

Las medidas para evitar la reacción de Maillard (que en algunos productos alimenticios no es deseable) son disminución del pH, el empleo de temperaturas lo más bajas posible y evitar el intervalo crítico de actividades de agua durante la manipulación y almacenamiento de los alimentos, así como el uso de azúcares no reductores y la adición de sulfito (Belitz, 1985).

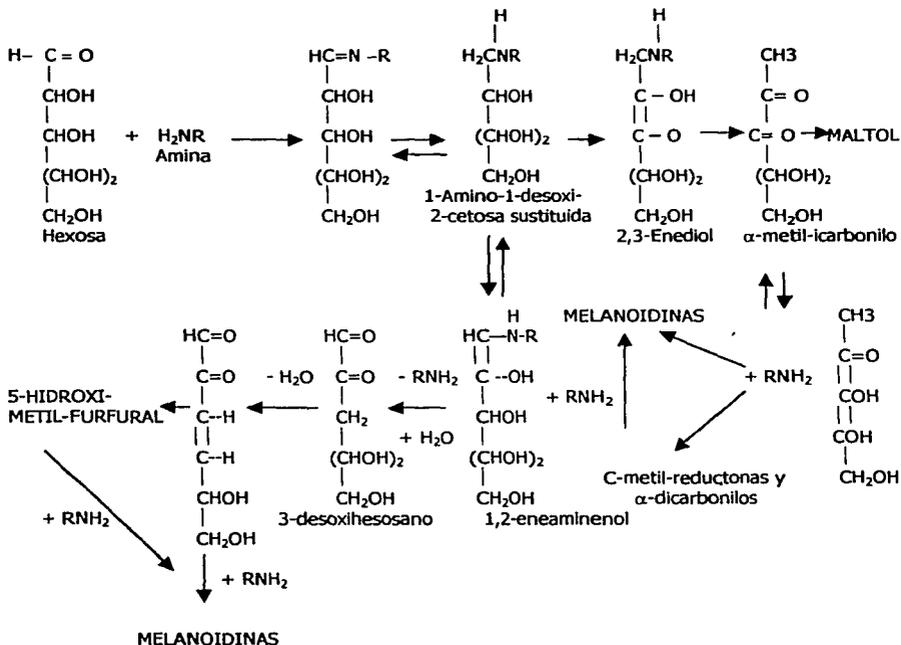


Figura 4. Rutas de la reacción de Maillard

3.7.2.3 Sabor

En general, la conservación mediante el calor no altera significativamente los sabores básicos: dulces, amargos, ácidos o salados. Los cambios principales pueden presentarse por compuestos volátiles con sabor. Una fuente importante de compuestos volátiles es la oxidación de los lípidos, misma que puede producirse tanto durante el tratamiento como durante el almacenamiento, cuando existe oxígeno molecular, metales, incremento en la temperatura de almacenamiento y luz que la promuevan.

Por otra parte, estos compuestos volátiles con sabores desagradables proceden de productos generados en la segunda etapa de la reacción de Maillard (degradación de Strecker), (Cuadro 14).

Cuadro 14. Principales sabores generados por la reacción de Maillard.

Producto que determina el sabor	Ejemplo	Sabor
<ul style="list-style-type: none"> • Compuestos nitrogenados heterocíclicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pirazinas 	<ul style="list-style-type: none"> • A nuez o propio del horneado.
<ul style="list-style-type: none"> • Enolonas cíclicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Maltol 	<ul style="list-style-type: none"> • Caramelo
<ul style="list-style-type: none"> • Policarbonilos 	<ul style="list-style-type: none"> • Piruvaldehído 	<ul style="list-style-type: none"> • Quemado, aromas picantes
<ul style="list-style-type: none"> • Monocarbonilos 	<ul style="list-style-type: none"> • Aldehídos de Strecker 	<ul style="list-style-type: none"> • Aromas cetónicos y aldehídicos.

Fuente: Bettison y Res, 1991.

3.7.2.4 Actividad del agua

El agua desempeña un papel importante en la estabilidad de los alimentos; actúa como disolvente en reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas. La actividad del agua es una medida de la disponibilidad del agua para participar en tales reacciones (Lewis, 1987), disminuye por todos los solutos contenidos en el alimento. Muchas reacciones que intervienen en el deterioro de los alimentos están influenciados por la actividad de agua. La retención de agua por parte del alimento, puede explicarse por las pequeñas cantidades de agua ligada, fuertemente estructurada, así como también a la presión osmótica creada por la presencia de solutos en los sistemas celulares, que se comportan como una membrana semipermeable.

A pH ácido y básico la retención de agua aumenta, pues se manifiestan las repulsiones electrostáticas, ya sean entre grupos -NH_3^+ , o entre los grupos -COO^- o -PO_4^{2-} . Estas variaciones de hidratación en función del pH se ven atenuadas en presencia de sales (Linden, 1996).

IV. OBJETIVOS

Objetivo General

- Establecer una opción de utilización de la leche de vaca mediante la elaboración de rompope a través de una metodología aplicable a un sistema rural.

Objetivos Particulares

- Evaluar la influencia de la acidez de la leche, la cantidad de azúcar y yema de huevo adicionadas en las características finales del rompope. Así como las interacciones entre los niveles de acción de cada uno de los factores propuestos.
- Evaluar sensorialmente el producto (tratamiento elegido al azar), frente una marca comercial

V. HIPÓTESIS

Existe diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de adición de cada uno de los factores (acidez inicial de la leche, cantidad de yema de huevo y azúcar), sobre las variables de respuesta evaluadas.

VI. JUSTIFICACIÓN

Mediante esta investigación se busca incrementar la producción del rompope y que los productores rurales vean en su elaboración una opción factible que les permita incrementar su mercado e ingresos y dejando de ser una actividad complementaria convirtiéndose en una actividad primaria.

Con la determinación de la composición bromatológica del rompope se pretende ofrecer datos de referencia que permitan conocer la calidad y características del mismo.

VII. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

7.1 Ubicación del área de trabajo

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Productos Lácteos del Departamento de Ingeniería Agroindustrial (DIA) de la Universidad Autónoma de Chapingo en conjunto con el laboratorio 322 del conjunto E de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

7.2 Materiales y equipos

Se empleó leche pasteurizada de vaca (raza Holstein) y huevo de gallina procedente de la Unidad Tecnológica Lechera y la granja avícola de la Universidad Autónoma Chapingo, respectivamente, además de azúcar refinada, alcohol etílico (94%) y aditivos (sorbato de potasio, benzoato de sodio, colorante artificial y esencia de canela, de la marca Accites, Aditivos y Esencias, S.A.)

Durante el desarrollo experimental se empleó material de cristalería de uso común en el laboratorio, además de los siguientes aparatos: balanza granataria, balanza analítica con precisión de $\pm 0.001\text{g}$ de la marca OHAUS, mufla NEY, estufa de calentamiento, estufa de calentamiento al vacío, unidad de digestión y de destilación Büchi, B-426 y B-316 (para la determinación del contenido proteínico), texturometro TA-XT2 (Texture Analyser).

7.3 Método de elaboración

El método de elaboración de rompope que se implementó es una propuesta del M. en C. Armando Santos Moreno, producto de una recopilación de diferentes tipos de manufactura del rompope por productores rurales de la región central de la República Mexicana (Figura 5). La unidad experimental propuesta fue de 3 litros de producto.

El primer paso en la elaboración del rompope es el acondicionamiento de la leche, es decir, establecer la acidez titulable inicial (15, 10 ó 7.5° D), según tratamiento, empleando para este fin bicarbonato de sodio (NaHCO_3), con base en la siguiente fórmula (Santos, 1995):

$$D = \frac{L \times (A_1 - A_d) \times E}{PM_{a1}} \times 1000$$

Donde:

- ❖ D = Cantidad de neutralizante (g.)
- ❖ L = Cantidad de leche (litros)
- ❖ A_1 = Acidez de la leche por unidad
- ❖ A_d = Acidez deseada por unidad
- ❖ E = Equivalente del neutralizante
- ❖ PM_{a1} = Peso molecular del ácido láctico

Posteriormente se sometió a calentamiento la leche (previa disolución del bicarbonato de sodio, NaHCO_3), hasta una temperatura de 98° C, se adicionó el azúcar y al mismo tiempo se

retiró un litro de leche de la mezcla y se enfrió hasta temperatura ambiente. Esta porción de la mezcla se emplea para batir las yemas, las cuales se separaron cuidadosamente de las claras, con objeto de evitar la precipitación de proteínas procedentes de la clara del huevo y evitar la formación de sabores y olores indeseables en el producto.

A la porción que continua bajo calentamiento se le monitoreó el porcentaje de sólidos solubles en la mezcla y cuando alcanzó el 50% de sólidos solubles, se le adicionaron las yemas batidas en la leche enfriada, mediante agitación constante, para evitar la formación de grumos.

La mezcla final continuó en calentamiento (no rebasando nunca los 100° C) hasta alcanzar 50% de sólidos solubles. En este punto se le adicionaron los conservadores (sorbato de potasio y benzoato de sodio, ambos en una proporción de 0.05%) y el colorante artificial amarillo (0.5%).

Finalmente, se enfrió el producto y se le adicionó alcohol etílico (para consumo humano, 94%), en una proporción de 10%v/v y se aromatizó con esencia de canela (0.01 mL/L) y se envasó.

Según tratamiento (15, 10, 7.5° D)

AJUSTE DE ACIDEZ DE LA LECHE

Se usa NaHCO_3 diluido en leche

CALENTAMIENTO

Según tratamiento (300 ó 400 g/L)

ADICIÓN DE AZÚCAR (98° C)

CONTINUAR CALENTAMIENTO

RETIRAR DE LA MEZCLA 1L DE LECHE Y ENFRIAR A TEMPERATURA AMBIENTE.

ADICION DE LAS YEMAS (3 ó 4 piezas/L)

MEZCLAR

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES

a 50% de sólidos solubles

FINALIZAR CALENTAMIENTO

ADICION DE LOS CONSERVADORES Y COLORANTE

ENFRIAMIENTO (30-40°C)

ADICIÓN DE ALCOHOL (10% v/v)

ENVASADO

Figura 5. Método de elaboración de rompopo

Fuente: Santos, A. 1995.

7.4 Diseño Experimental

Este trabajo se desarrolló bajo un **Diseño Experimental Factorial Asimétrico** en un esquema de bloques completos al azar, en donde la combinación de factores y niveles generan doce tratamientos con tres repeticiones cada uno. En el Cuadro 15 se presenta el diseño de tratamientos.

El modelo lineal para el análisis e interpretación de las observaciones es:

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_{ijk} + \beta_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- ❖ y_{ijkl} : Efecto de la respuesta de la variable evaluada en el bloque l-ésimo con el tratamiento ijk -ésimo. ($i = 0, 1, 2$; $j = 0, 1$; $k = 0, 1$)
- ❖ μ : Media general.
- ❖ τ_{ijk} : Efecto del ijk -ésimo tratamiento
- ❖ β_l : Efecto del l-ésimo bloque
- ❖ ε_{ijkl} : Error aleatorio; $\varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2)$, σ^2 desconocida.

Cuadro 15. Diseño de tratamientos

Tratamiento	Acidez (A) (°Dornic)	Yema de huevo (Y) (piezas)	Azúcar (Z) (g)	Codificación del tratamiento
1	15	3	300	A ₁₅ Y ₃ Z ₃₀₀
2	15	3	400	A ₁₅ Y ₃ Z ₄₀₀
3	15	4	300	A ₁₅ Y ₄ Z ₃₀₀
4	15	4	400	A ₁₅ Y ₄ Z ₄₀₀
5	10	3	300	A ₁₀ Y ₃ Z ₃₀₀
6	10	3	400	A ₁₀ Y ₃ Z ₄₀₀
7	10	4	300	A ₁₀ Y ₄ Z ₃₀₀
8	10	4	400	A ₁₀ Y ₄ Z ₄₀₀
9	7.5	3	300	A _{7.5} Y ₃ Z ₃₀₀
10	7.5	3	400	A _{7.5} Y ₃ Z ₄₀₀
11	7.5	4	300	A _{7.5} Y ₄ Z ₃₀₀
12	7.5	4	400	A _{7.5} Y ₄ Z ₄₀₀

Nota: Las cantidades están referidas a un litro de producto.

7.4.1 Variables respuesta evaluadas

Las variables respuesta evaluadas fueron:

1. Contenido de sólidos totales (A.O.A.C., 1995).
2. Determinación de extracto etéreo (Método de Mojonier modificado A.O.A.C., 1995).

-
3. Contenido de cenizas, (A.O.A.C, 1995).
 4. Acidez titulable, (A.O.A.C., 1995).
 5. Contenido proteínico (Método Kjeldahl, A.O.A.C., 1995)
 6. Índice de refracción (Grados Brix, Santos, 1995).
 7. Determinación instrumental de Textura (Manual del fabricante).

7.5 Análisis de la leche y del rompopo

Se realizaron pruebas de fisicoquímicas y sensoriales a la leche que sirvieron para establecer las características iniciales de la principal materia prima, entre las que destacaron:

- Pruebas sensoriales: color, olor y sabor
- Pruebas fisicoquímicas: acidez titulable, densidad y grasa.

Al rompopo se le efectuaron las determinaciones correspondientes a las variables respuesta.

7.6 Análisis de marcas comerciales

Se aplicaron a ocho diferentes marcas comerciales de rompopo: Santa Clara, Coronado, Santa Inés, Holandesa, Tom Cherry, La casita, Atotonilli y La Divina, las mismas pruebas fisicoquímicas aplicadas a los tratamientos ensayados con excepción de Grados Brix y Textura.

NOTA: En el anexo I, se describen a detalle los métodos de análisis para la determinación de cada una de las variables respuesta evaluadas.

7.7 Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial del producto se seleccionó un método afectivo (nivel de agrado). Las características que se consideraron son de trascendencia al momento de entrar en contacto con un nuevo producto por parte del consumidor (color, sabor, textura y apariencia). Este método permite detectar el nivel de agrado que una muestra representa para una población en particular (Pedrero, 1989).

Después de la determinación de los parámetros fisicoquímicos de cada uno de los tratamientos ensayados, se analizó la conveniencia en costos, elaboración y normatización. Se seleccionó el tratamiento 1 (Acidez inicial de la leche, 7.5° D; cantidad de yema, 3 piezas y cantidad de azúcar, 300 g), para la realización de la evaluación sensorial frente un testigo comercial (Rompo de la marca Coronado, ya que es el más cercano a los valores porcentuales de las características finales de los tratamientos propuestos), el objetivo fue determinar el nivel de agrado o desagradado que provoca una muestra específica. Además se incluyó una prueba de preferencia que permitió establecer por parte de un grupo de 100 consumidores cuál de las dos muestras bajo estudio era la que el panel prefería. Ambas muestras se codificaron (684: Tratamiento propuesto y 739: Muestra comercial). El orden de presentación de las muestras fue aleatorio, permitiendo que el mismo número de veces cada muestra apareciera en el lugar derecho o izquierdo, respectivamente. En el anexo II y III, aparece el formato del cuestionario aplicado y el método estadístico para el análisis de los resultados, respectivamente.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Análisis de la leche

Los resultados del análisis de la leche se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Medias del análisis de la leche

COLOR	SABOR	pH	ACIDEZ (% ácido láctico)	GRASA (g/100 mL)	DENSIDAD (g/mL)
Blanco característico	Dulce	6.7-6.9	0.1610	3.1	1.034

De los anteriores resultados podemos afirmar que la calidad de la leche, es óptima, cumple con el proyecto de Norma Oficial Mexicana (PROY-NOM-64-SSA1-2001), que establece las especificaciones de la leche para consumo humano. El contenido graso depende del destino que se le va a dar a la leche; en nuestro caso, el contenido graso no fue considerado como factor a modificar. Los valores de pH, acidez y densidad se encuentran dentro de los valores señalados por dicha norma (Acidez: 0.13g/L-0.17g/L). El contenido porcentual de acidez en esta investigación es de gran interés dado que fue un factor que se modificó. Los componentes en la leche que contribuyen con dicho valor son los fosfatos, las caseínas, el resto de las proteínas, los citratos y el dióxido de carbono (Amiot, 1991).

8.2 Análisis del rompope

8.2.1 Acidez titulable

En la Figura 6 se muestran los valores de acidez titulable obtenidos en cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones. El valor que se señala como máximo (0.17 g ácido láctico/100 mL) corresponde a lo señalado por la Norma Oficial Mexicana (NOM-V-23-1983) para rompope. Se observa que solamente en los tratamientos 1 y 3 los valores de la tercera y segunda repetición, respectivamente, sobrepasan el valor máximo para este parámetro, de acuerdo a lo que establece la norma antes mencionada. Por otra parte, se muestra que en la mayoría de las determinaciones el valor de acidez titulable aumenta debido probablemente a las reacciones secundarias que se generan a lo largo del proceso de elaboración; sin embargo, para los tratamientos 2, 4, 6 y 8, dicho valor disminuye con respecto al valor inicial de acidez, cabe señalar que en estos últimos la cantidad de azúcar que se adiciona es igual a 400 g. Sin embargo, este comportamiento no se presenta en los tratamientos en donde el valor inicial de acidez es igual a 7.5°D a ese mismo nivel de azúcar, pues en ambos casos (tratamientos 10 y 12) el valor de acidez titulable es similar en comparación a los tratamientos 9 y 11 (A_{7.5} Y₃ Z₃₀₀ y A_{7.5} Y₄ Z₃₀₀, respectivamente).

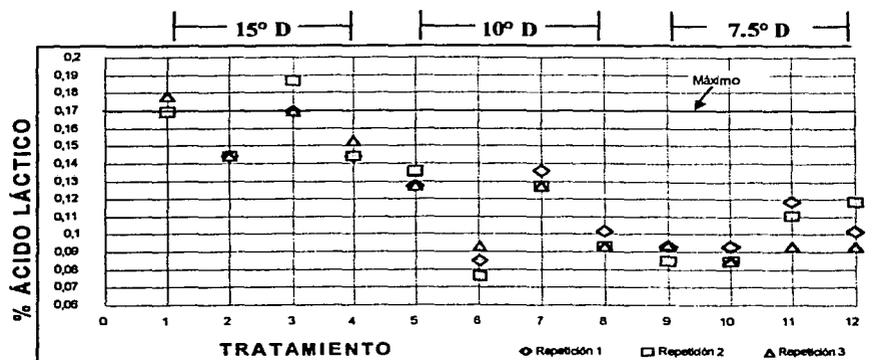


Figura 6. Diagrama de dispersión por tratamiento del contenido de ácido láctico. (g de ácido láctico/100 mL de rompope)

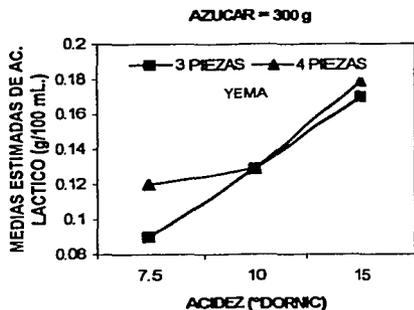
Como se indica, los valores obtenidos representan la acidez final del producto, que no es sino la suma de la acidez inicial, reacciones secundarias y acidez desarrollada durante el proceso;

el valor que interesa en la práctica es el último, pero no existe un método de rutina para valorar el ácido láctico; no puede obtenerse por diferencia, ya que los otros valores no son constantes. La acidez inicial depende del contenido en sustancias que reaccionan en la zona de valoración y las reacciones secundarias por su parte, se deben a los fosfatos de calcio solubles, (Alais, 1988). Incluso el nivel de acidez influye en el color final del producto ya que cuando esta disminuye, el color se torna más oscuro (Pauletti et al, 1996).

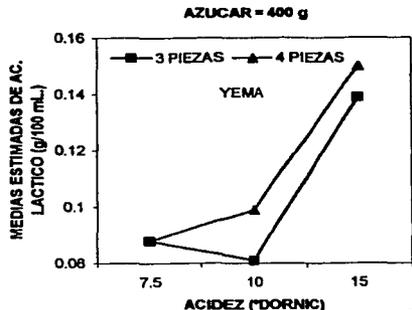
Para esta variable de respuesta el experimento es estadísticamente significativo ($\alpha=0.0001$) con respecto al diseño experimental seleccionado. Asimismo, el modelo lineal seleccionado ($y_{ijkl} = \mu + \tau_{ijk} + \beta_l + \epsilon_{ijkl}$) presenta un ajuste óptimo de los datos, dado que $R^2 = 0.9798$. El experimento se condujo adecuadamente, ya que el coeficiente de variación es igual a 4.65%.

Por otro lado, se obtuvo que los efectos factoriales estadísticamente significativos son acidez (A), yema de huevo (Y) y azúcar (Z) y las interacciones, A*Y y A*Z, es decir, los valores iniciales de estos factores así como de las interacciones señaladas influirán en los resultados en la determinación de la variable acidez titulable.

Interacción acidez*yema de huevo (A*Y). En la Figura 7a se observa que para los tratamientos $A_{10}Y_3Z_{300}$ y $A_{10}Y_4Z_{300}$, el valor de las medias estimadas es similar, por lo que, a ese nivel de acidez ($10^\circ D$) y cantidad de azúcar adicionada (300g) la cantidad de yema de huevo no influye en el valor de la acidez titulable; este comportamiento no es observable en los otros niveles de acidez inicial propuestos. Sin embargo, cuando la cantidad de azúcar adicionada es de 400g (Figura 7b), los tratamientos en donde la cantidad de yema de huevo no presenta diferencia significativa es al nivel de acidez $7.5^\circ D$. Por lo tanto para este conjunto de tratamientos se sugiere el empleo de 3 yemas de huevo con el fin de reducir costos.



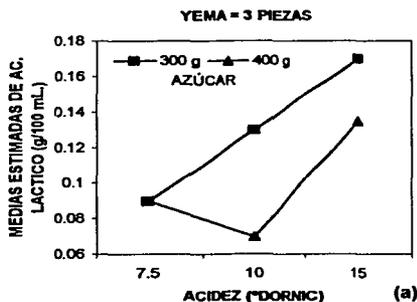
(a)



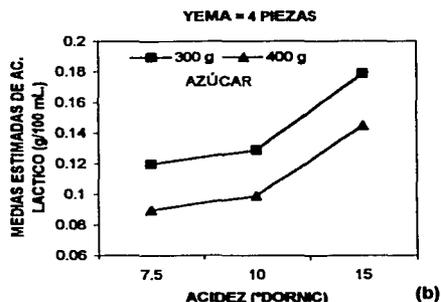
(b)

Figura 7. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para la variable acidez titulable en el rompope.

Interacción acidez*azúcar (A*Z). En la Figura 8a se observa que para los tratamientos A_{7.5} Y₃ Z₃₀₀ y A_{7.5} Y₃ Z₄₀₀, la cantidad de azúcar no influye en el valor final de la variable acidez titulable ya que a ambos niveles de cantidad de azúcar los valores de medias estimadas es similar por lo que se sugiere el empleo de 300g de azúcar para ese nivel de acidez inicial de la leche y cantidad de yema de huevo adicionada.



(a)



(b)

Figura 8. Interacción de los factores acidez*azúcar (A*Z), permaneciendo fijo el factor yema de huevo para la variable acidez titulable en el rompope.

Nota: Si las líneas en el gráfico cruzan significa que existe interacción entre factores o la ausencia de la misma cuando las líneas son paralelas.

Al aplicar la prueba de Tukey a los niveles de los factores con un $\alpha = 0.05$, se obtienen los resultados que se muestran en el Cuadro 17, en donde las medias con una misma letra no presentan diferencia significativa en el nivel del factor que se indica.

Cuadro 17. Prueba de Tukey para los niveles involucrados de los factores ensayados en la variable respuesta acidez titulable.

Factor						
Acidez de la leche (° D)			Yema de huevo (piezas)		Azúcar (g)	
7.5	10	15	3	4	300	400
0.097567c	0.110283b	0.159783a	0.118300b	0.126789a	0.135767a	0.109322b

Tras el análisis del comportamiento de los diferentes tratamientos evaluados para el parámetro acidez titulable, se obtuvo que el valor de acidez inicial adecuado para la elaboración de rompopo está dentro del intervalo de 0.14-0.15% de ácido láctico, donde el producto es estable durante la elaboración y almacenamiento, cumple además con la NOM-V-23-1983 para Rompopo y de esta manera el productor no realizará el acondicionamiento inicial de la leche, debido a que, generalmente, una leche recién ordeñada presenta un valor de acidez titulable dentro de dicho rango. Por lo que se recomienda la combinación de tratamientos $A_{15}Y_3Z_{300}$ (Acidez_{15° D}, Yema_{3 piezas}, Z_{300 g}).

8.2.2 Extracto etéreo

Los resultados obtenidos en la determinación de extracto etéreo se muestran en la Figura 9, en donde el valor mínimo para este parámetro de acuerdo con la norma oficial para este producto es de 2.5%. En todos los casos se observa que dicho parámetro es rebasado, siendo el tratamiento 12 el que se ubica con un menor porcentaje ($x = 4.08 \pm 0.34$ g de e.e/100 mL de rompopo) y el tratamiento número 2 cuya proporción de extracto etéreo es mayor ($x = 7.88 \pm 0.42$ g de e.e/100 mL de rompopo), debido al empleo de leche entera y yema de huevo nativa, siendo la leche el principal aporte de extracto etéreo por la proporción en la que se encuentra en el producto.

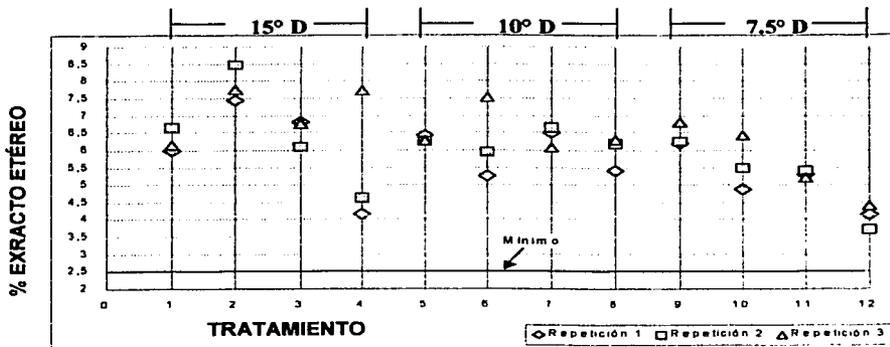


Figura 9. Diagrama de dispersión por tratamiento del contenido de extracto etéreo (g de extracto etéreo/100 mL de rompoppe)

En la Figura 9 se observa que en los tratamientos 1, 3, 5, 7 y 9 donde el nivel de azúcar empleado es igual a 300g el porcentaje de extracto etéreo se ubica dentro del intervalo de 6-7% mientras que el tratamiento 11 cuyo contenido de azúcar es el mismo, la proporción de extracto etéreo se ubica por debajo de 5.5%. Cabe señalar que en los tratamientos indicados la cantidad de yema de huevo no influye en el porcentaje final de extracto etéreo dentro del producto ya que tanto en los tratamientos 3, 7 y 11 la cantidad de yema de huevo es igual a 4 piezas por litro y el porcentaje de extracto etéreo es similar al de los tratamientos en donde la proporción de yema de huevo es de 3 piezas por litro. Esto se explica por el método de extracción empleado (Extracción con solventes: método Mojonier modificado), que presenta el inconveniente de que el tiempo de contacto entre los líquidos es limitado y se requiere de una agitación violenta que puede producir una emulsión, provocando una gran variabilidad entre muestras similares (Rodríguez-Bernaldo de Quirós et al, 1998). También cuando se emplea un método de extracción directa en presencia de alcoholes origina la liberación de lípidos asociados a proteínas y carbohidratos: por ello se obtiene una extracción máxima con una mezcla de disolventes polares y no polares (Egan, 1996).

Bajo el mismo análisis, los tratamientos 2, 4, 6, 8, 10 en donde la cantidad de azúcar es igual a 400 g son los que se presentan mayor variabilidad de resultados entre repeticiones y

resulta difícil establecer un intervalo donde se pueda ubicar el mayor número de resultados. Se muestra además que en tratamientos en donde la cantidad de yema de huevo es igual a 4 piezas la proporción de extracto etéreo disminuye esto es porque al aumentar la cantidad de azúcar los demás componentes se diluyen.

Para esta variable el experimento es estadísticamente significativo ($\alpha = 0.0001$) para el diseño experimental seleccionado. El modelo lineal seleccionado ($y_{ijk} = \mu + \tau_{ijk} + \beta_i + \varepsilon_{ijk}$) presenta un ajuste de los datos satisfactorio, $R^2 = 0.8722$, y un coeficiente de variación igual a 7.98%. Por otro lado, se obtuvo que los efectos factoriales estadísticamente significativos son acidez (A), yema de huevo (Y), azúcar (Z) y las interacciones, A*Y e Y*Z, ya que el α es igual a 0.0017 y 0.0002, respectivamente.

Interacción acidez*yema de huevo (A*Y). En la Figura 10 se indican los valores estimados de medias para extracto etéreo (con el factor azúcar fijo), donde se obtiene un valor máximo para este parámetro en el tratamiento $A_{15}Y_3Z_{400}$ y el mínimo en la combinación de tratamientos, $A_{7.5}Y_4Z_{400}$. Para ambos niveles de azúcar se obtuvo diferencia estadísticamente significativa.

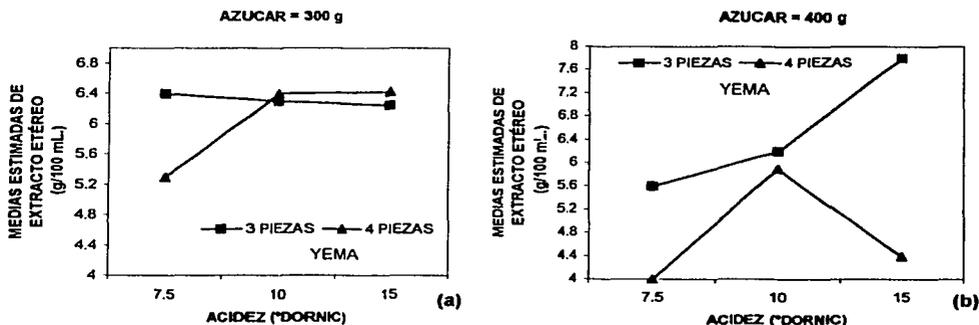


Figura 10. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para variable extracto etéreo en el rompopé.

Interacción yema de huevo*azúcar (Y*Z). En la Figura 11 se observa diferencia significativa entre los tratamientos que emplean un valor de acidez inicial de la leche igual a 7.5°

D (Figura 11a). Los tratamientos $A_{15}Y_3Z_{300}$ y $A_{15}Y_4Z_{300}$, reportan valores estimados de medias muy próximos por ese motivo se propone la utilización de 3 yemas de huevo para ese valor de acidez (Figura 11c).

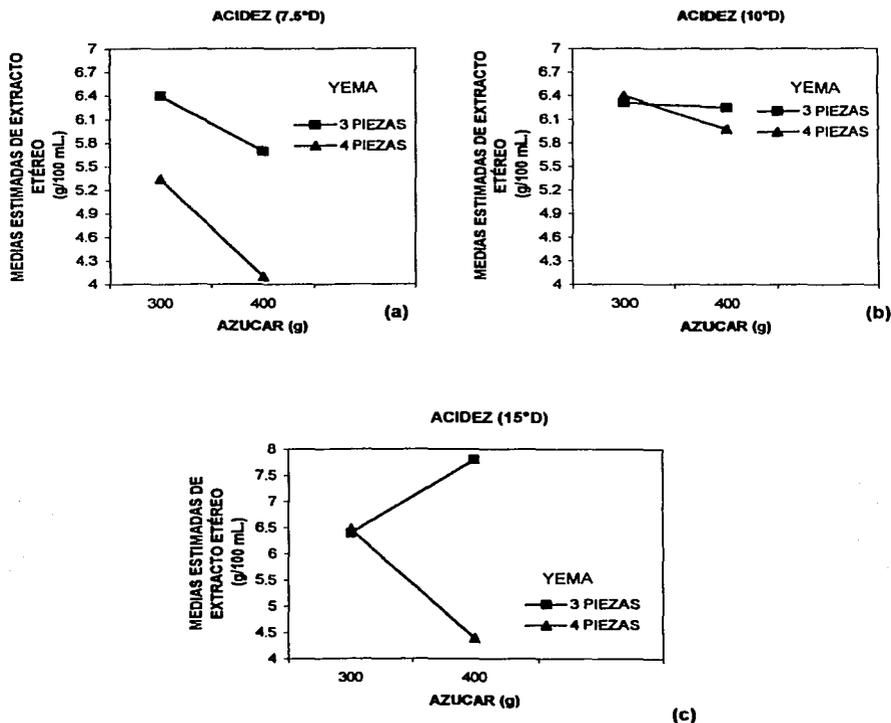


Figura 11. Interacción de los factores yema de huevo*azúcar ($Z*Y$), permaneciendo fijo el factor acidez inicial de la leche para la variable extracto etéreo en el rompopo.

Nota: Si las líneas en el gráfico cruzan significa que existe interacción entre factores o la ausencia de la misma cuando las líneas son paralelas.

Aplicando la prueba de Tukey en los niveles de los factores se obtienen los resultados que se indican en el Cuadro 18. Se puede observar que el factor que influye directamente en el

porcentaje final de extracto etéreo es la yema de huevo por su alto contenido de lípidos (34.1%). Aunque dicha cifra sólo es un valor porcentual, la cantidad de materia grasa presente tanto en la yema de huevo como en la leche es variable debido a que el contenido depende de factores extrínsecos como son: clima, alimentación y edad del animal (Santos, 1995).

Cuadro 18. Valores obtenidos en la prueba de Tukey para los niveles involucrados de los factores ensayados en la variable respuesta extracto etéreo.

Factor						
Acidez de la leche (° D)			Yema de huevo (piezas)		Azúcar (g)	
7.5	10	15	3	4	300	400
5.3525b	6.2367a	6.2783a	6.4572a	5.4544b	6.1972a	5.7144b

Nota: Medias de tratamiento con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa ($\alpha = 0.05$)

8.2.3 Sólidos totales

En la Figura 12 se representa la proporción de sólidos totales en cada uno de los tratamientos ensayados. La Norma Oficial Mexicana (NOM-V-23-1983) establece para este parámetro un valor mínimo de 24%. Se observa que en todos los casos dicho valor es rebasado, sin embargo, no se aprecia una diferencia marcada entre los tratamientos cuyo contenido de azúcar es igual a 300 g y aquéllos donde se emplearon 400g; incluso algunas repeticiones de tratamientos con 300 g de azúcar en su formulación presentan mayor contenido de sólidos (Tratamiento 1, repetición: 3; Tratamiento 6, repetición: 2; Tratamiento 9, repeticiones: 2 y 3; Tratamiento 11, repetición 2), que ensayos en donde se agregaron 400 g (Tratamiento 4, repetición: 1 y 2; Tratamiento 6, repetición: 2; Tratamiento 10, repetición: 2 y Tratamiento 12, repeticiones: 1 y 3). Esta determinación es la que muestra más dispersión en los datos, por lo mismo, el ajuste de los mismos es muy bajo, $R^2 = 0.4970$.

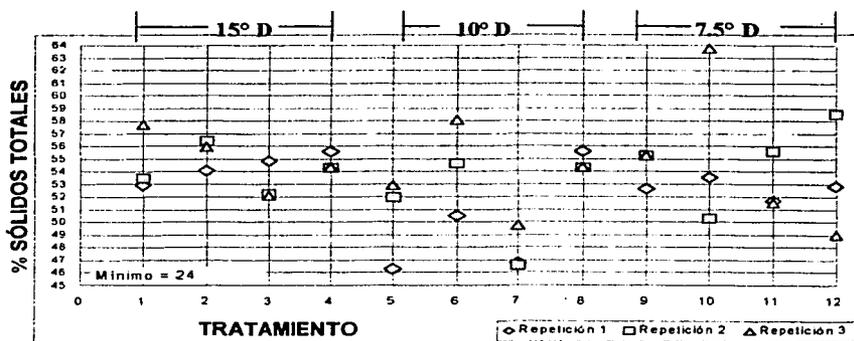


Figura 12. Diagrama de dispersión por tratamiento del contenido de sólidos totales (g de sólidos totales/100 mL de rompopo)

El experimento no es estadísticamente significativo ($\alpha = 0.1390$). El único factor que influye en el valor final del contenido de sólidos totales es la cantidad de azúcar que se adiciona al producto ($\alpha = 0.0205$), seguida por la cantidad de yema de huevo adicionada, cuyo contenido de sólidos lo conforman proteínas, lípidos y pequeñas cantidades de carbohidratos, mismo que aumenta con la edad del ave (Santos, 1995).

La prueba de Tukey aplicada a los niveles de los factores con nivel de significancia, $\alpha = 0.05$, arrojó los siguientes resultados para la variable dependiente: sólidos totales, que se resumen en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Prueba de Tukey para los niveles involucrados de los factores ensayados en la variable respuesta sólidos totales.

Factor						
Acidez de la leche (° D)			Yema de huevo (piezas)		Azúcar (g)	
7.5	10	15	3	4	300	400
54.161 ^a	51.803 ^a	54.486 ^a	54.203 ^a	52.764 ^a	54.777 ^a	52.189 ^b

Nota: Medias de tratamiento con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa ($\alpha = 0.05$)

ANEXO V. Resultados Análisis de Varianza.

Forgács y colaboradores (1995), señalan al método tradicional (deseccación en horno o estufa en la determinación de sólidos totales como un método con baja reproducibilidad ya que en los estudios de determinación de humedad a muestras de pimentón (*Capsicum annum*) a diferentes temperaturas, observaron que a medida que aumentaba la temperatura del horno aumentaba la humedad de la muestra, por otra parte, indican que en muestras con proporción de grasa considerable, la evaporación de los aceites esenciales es lenta durante el proceso de desecado de la muestra, además se debe considerar el agua ligada la cual es difícil de eliminar durante el proceso de desecado sin que la muestra se queme, esto y errores durante la determinación gravimétrica puede ser la causa de la gran variabilidad en los resultados obtenidos.

8.2.4 Cenizas

Para este parámetro la NOM-V-23-1983 establece un valor mínimo (0.4 g/100 mL.) como referencia de buenas prácticas de manufactura pues un valor inferior a 0.73% puede deberse a que se adicionó agua (Egan, 1996), además las cenizas totales de la leche pasteurizada varían aproximadamente de 0.71% a 0.75% y en la leche entera constituyen cerca del 8.3% de los sólidos no grasos (SSA, 1976). El contenido de cenizas en todos los tratamientos rebasa el valor mínimo que establece la Norma para dicho parámetro. En la Figura 13 se muestran los resultados obtenidos en la determinación del contenido de cenizas para cada uno de los tratamientos ensayados. Se observa que en los tratamientos 9, 10 y 11 se presenta la mayor variabilidad entre repeticiones, mismas que pueden ser resultado de errores en la determinación gravimétrica de las muestras.

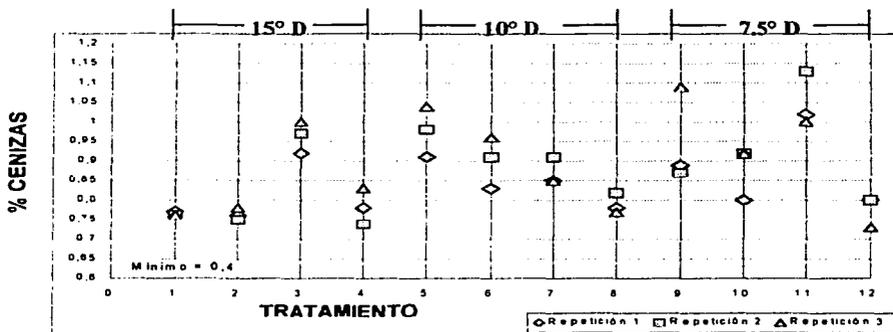


Figura 13. Diagrama de dispersión por tratamiento del contenido de cenizas (g de cenizas/100 mL. de rompo)

Para esta variable el experimento es estadísticamente significativo ($\alpha = 0.0001$), así mismo, el modelo lineal seleccionado ($y_{ijk} = \mu + \tau_{jk} + \beta_i + \epsilon_{ijk}$) presenta un ajuste de los datos satisfactorio, $R^2 = 0.8389$, y un coeficiente de variación igual a 6.17%. Por otro lado, se obtuvo que los efectos factoriales estadísticamente significativos son acidez(A), azúcar (Z) y las interacciones, A*Y y Y*Z, ya que α es igual a 0.0008, 0.0001 0.0003 y 0.0016, respectivamente.

Interacción acidez*yema de huevo (A*Y). La mayor proporción de cenizas se obtuvo con la combinación de tratamientos, A_{7.5}Y₄Z₃₀₀ (Figura 14). Cabe resaltar que se obtiene un porcentaje de cenizas mayor cuando la cantidad de azúcar es igual a 300 g (por efecto de dilución de los demás constituyentes), para todos los niveles del factor acidez, excepto al valor de acidez de 15° D.

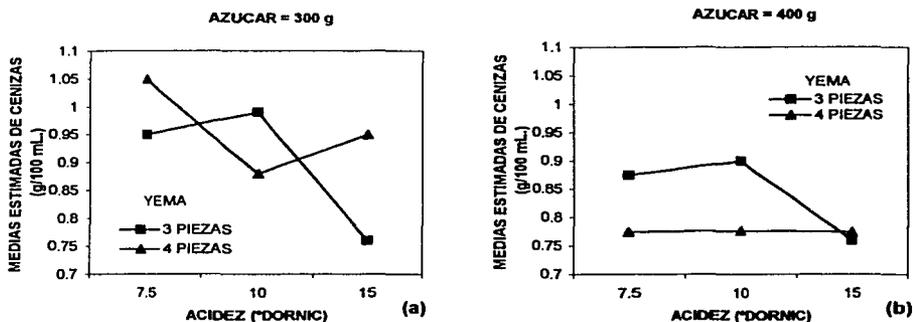


Figura 14. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para la variable cenizas en el rompo.

Al aplicar la prueba de Tukey a los niveles de los factores con un $\alpha = 0.05$, se obtienen los resultados que se muestran en el Cuadro 20. Las medias obtenidas en el factor azúcar en sus dos niveles presentan diferencia significativa al igual que en el factor acidez inicial de la leche (15°D).

Cuadro 20. Prueba de Tukey para los niveles involucrados de los factores ensayados en la variable respuesta cenizas.

Factor						
Acidez de la leche (° D)			Yema de huevo (piezas)		Azúcar (g)	
7.5	10	15	3	4	300	400
0.91417a	0.88417a	0.81833b	0.87222a	0.87222a	0.92889a	0.81556b

Nota: Medias de tratamiento con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa ($\alpha = 0.05$)

La yema de huevo contiene 1.65% de cenizas (Santos, 1995), y es el principal aporte de cenizas al rompo, sin embargo, como el parámetro de cenizas nos es de utilidad para determinar la procedencia de la materia prima, no es necesario que presente un valor elevado, por lo tanto, se selecciono el tratamiento 1 ($A_{15}Y_3Z_{300}$) pues a esa combinación de los niveles de los factores la proporción de cenizas es mínima ($0.76 \text{ g}/100 \text{ mL} \pm 0.005$).

8.2.5 Contenido proteico

El contenido proteico del rompo elaborado mediante el ensayo de doce tratamientos es superior al valor mínimo que señala la Norma Oficial (2.3%), gracias a la calidad de las materias primas que se emplearon durante la elaboración del mismo. La mayor contribución a este parámetro lo da la leche de vaca (3.3%) debido a la proporción en la que se incluye en la formulación y aunque la yema de huevo contiene un porcentaje mayor de aproximadamente 16.2% de proteínas (Santos, 1995), la cantidad en que se adiciona al producto es menor, por lo tanto, es ésta última la responsable de la variabilidad en la respuesta en la determinación del contenido proteico.

En el caso del rompo el contenido proteico no sólo contribuye a elevar la calidad nutricional del producto, también proporciona propiedades físicas como viscosidad y emulsificación, mismas que pueden verse afectadas por la desnaturalización de las proteínas por causa de la temperatura de calentamiento a la que se somete el producto.

Chung y Ferrier (1995) determinaron que la disminución en la capacidad emulsificadora de la fosfovitina (fosfoproteína mayoritaria de la yema de huevo) se da por encima de los 65°C , indicando que la α y β -fosfovitina se desnaturaliza alrededor de los 60°C . Asimismo

establecieron que al calentar durante 60 min una solución de fosfovítina (24% diluida en solución de NaCl 0.17 M) a 70, 80 y 96° C, la estabilidad de la emulsión decrece en un 56, 47 y 42% respectivamente y se presenta coalescencia, es decir, la separación de las fases. Este comportamiento se hizo más notorio en este trabajo al incrementar el tiempo de calentamiento, de ahí que durante el proceso de elaboración del rompope sea necesario suspender el calentamiento cuando la proporción de sólidos se alcance.

La Figura 15 muestra la dispersión de los valores obtenidos que oscilan dentro el intervalo de 3.5 a 5.8% de proteína. La dispersión de los datos se debe a la cantidad de yema adicionada en cada tratamiento ya que la leche es constante, así como al efecto de dilución que produce el azúcar, de esta manera, los tratamientos (1, 5 y 9), donde la cantidad de yema agregada es igual a 3 piezas y las cantidad de azúcar igual a 300 g, presentan mayor proporción de contenido proteico que aquellos tratamientos (2, 6 y 10) donde la cantidad de azúcar incorporada es igual a (400g), siendo el tratamiento 2 y sus réplicas, el que presentó el menor contenido proteico con respecto a los doce tratamientos evaluados.

Este mismo efecto lo presentan los tratamientos en cuya formulación la cantidad de yema es igual a 4 piezas (3, 4, 7, 8, 11 y 12), siendo los tratamientos 4, 8 y 12 los que presentan un porcentaje de proteína menor por la cantidad de azúcar adicionada (400 g).

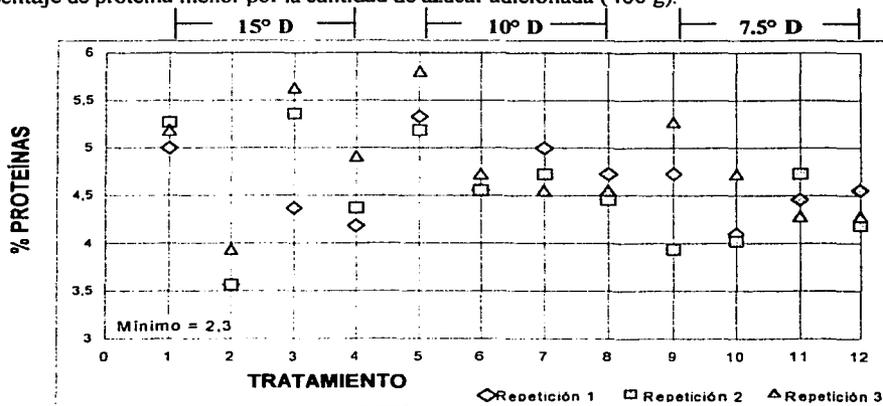


Figura 15. Diagrama de dispersión por tratamiento del contenido proteico (g de proteína/100 mL de rompope)

Para la variable respuesta contenido proteico, el experimento fue estadísticamente significativo ($\alpha = 0.0003$), de igual manera, el modelo lineal seleccionado presenta un ajuste de los datos satisfactorio, $R^2 = 0.758156$, y un coeficiente de variación igual a 7.14%.

Los efectos factoriales estadísticamente significativos son acidez (A), azúcar (Z) y las interacciones, A*Y, A*Z e Y*Z, ya que α es igual a 0.0217, 0.0001, 0.0397, 0.0232 y 0.0186, respectivamente.

Interacciones (A*Y, A*Z e Y*Z). Se obtuvo un valor máximo para este parámetro en la combinación $A_{10}Y_3Z_{300}$ (Tratamiento 5) y el mínimo en la combinación, $A_{15}Y_3Z_{400}$ (Tratamiento 2), a su vez, los valores estimados de media de contenido proteico para los tratamientos en donde la cantidad de azúcar empleada es igual a 400g en los niveles de acidez 7.5° D y 10° D, son cercanos, por lo que la variación en la cantidad de yema de huevo adicionada no induce diferencias en el comportamiento de la variable respuesta (Figura 16). Por otra parte, la proporción mayor en el contenido proteico de los tratamientos con 300 g de azúcar, se da por efecto de dilución de los demás constituyentes.

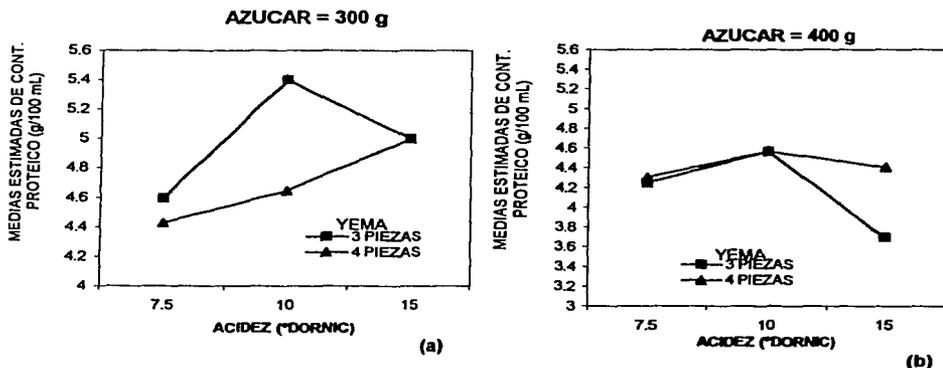


Figura 16. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para la variable contenido proteico en el rompope.

La prueba de Tukey en los niveles de los factores con un $\alpha = 0.05$, arroja los resultados que se muestran en el Cuadro 21, en donde las medias obtenidas en el factor azúcar en sus dos niveles presentan diferencia significativa, al igual el factor acidez inicial de la leche (en su nivel de acidez inicial, 7.5°D), no así el factor yema de huevo. Esto último significa que el agregar 3 o 4 piezas no establece diferencia significativa, por lo que, con el fin de reducir costos, la cantidad de yema de huevo a emplear puede ser de 3 piezas.

Cuadro 21. Prueba de Tukey para los niveles involucrados de los factores ensayados en la variable respuesta contenido proteico.

Factor						
Acidez de la leche (° D)			Yema de huevo (piezas)		Azúcar (g)	
7.5	10	15	3 piezas	4 piezas	300 g.	400 g.
4.4392b	4.8467a	4.6117a	4.6356a	4.6294a	4.9333a	4.3317b

Nota: Medias de tratamiento con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa ($\alpha = 0.05$)

8.2.6 Grados Brix

El método empleado para la determinación de grados Brix (ANEXO I), fue diferente al que se aplica a la mayoría de alimentos con una importante concentración de sólidos disueltos y que por lo general hacen referencia al porcentaje de sacarosa disuelta en solución. En el caso de la leche el azúcar que se encuentra en mayor proporción es la lactosa (4.7%), por lo tanto, la determinación de dicho parámetro se hace tomando como base dicho carbohidrato cuya cantidad en la formulación del rompopo es constante, lo que da como consecuencia que la variabilidad en la respuesta de esta determinación sea provocada por la cantidad de azúcar adicionada.

En la Figura 17 se muestra la dispersión obtenida para esta variable respuesta en cada uno de los 12 tratamientos ensayados, donde se indica que a menor valor de acidez inicial de la leche el valor de grados Brix obtenido es menor, esto puede deberse a que el valor de acidez influye en la coagulación de las proteínas (Renault *et al*, 2000) y durante la determinación de este parámetro se efectúa la precipitación de las proteínas y cuando ésta no es completa puede interferir en la lectura refractométrica.

Los valores que se obtuvieron en esta determinación están muy por debajo del mínimo que establece la norma oficial (NOM-V-23-1983: 24° Brix), misma que hace referencia a la proporción de sólidos solubles y que en todos los tratamientos fue constante (50%), por lo que cumple totalmente.

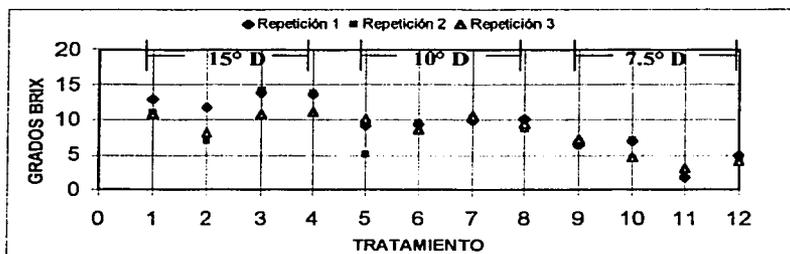


Figura 17. Diagrama de dispersión por tratamiento de grados Brix

En la variable respuesta grados Brix, el experimento fue estadísticamente significativo ($\alpha = 0.0001$). El modelo lineal seleccionado ($y_{ijkl} = \mu + \tau_{ijk} + \beta_l + \epsilon_{ijkl}$) presenta un ajuste de los datos satisfactorio, $R^2 = 0.758156$, y un coeficiente de variación alto $CV = 16.03\%$.

Por otra parte, se obtuvo que los efectos factoriales estadísticamente significativos son acidez (A) y la interacción, A*Y con un $\alpha = 0.0001$, en ambos casos. En la Figura 18 se indican los valores estimados de medias de grados Brix (el factor azúcar fijo), mostrando que no existe diferencia para el factor cantidad de yema de huevo, a un valor de acidez inicial de 10° D (Figura 18 b), cuando se utilizan 400 g de azúcar, ya que en ambos casos se obtiene el mismo valor de media estimado. Sin embargo, las figuras, muestran la significancia estadística de la interacción A*Y.

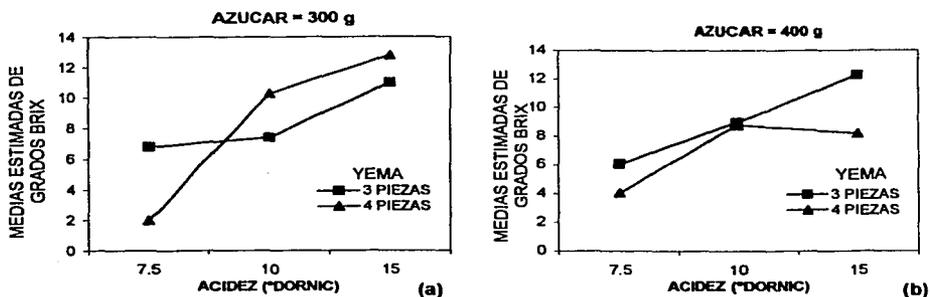


Figura 18. Interacción de los factores acidez*yema de huevo (A*Y), permaneciendo fijo el factor azúcar para la variable respuesta grados Brix en el rompopo.

En el Cuadro 22 se indican los valores obtenidos al aplicar la prueba de Tukey en los niveles de los factores con un $\alpha = 0.05$. El único factor que presenta diferencia significativa es el de acidez inicial de la leche, y el mayor valor para este parámetro se obtiene a 15° D, esto nos indica que a ese valor de acidez inicial de la leche la precipitación de las proteínas es considerable y permite la determinación de la refracción de la lactosa procedente de la leche y azúcares disueltos en el rompopo. El efecto del pH en la precipitación de las proteínas de la leche, es el principio que se emplea para la formación de la cuajada en la elaboración del queso (Kayanush *et al*, 2001).

Cuadro 22. Prueba de Tukey para los niveles involucrados de los factores ensayados en la variable respuesta grados brix

Factor							
Acidez de la leche (° D)			Yema de huevo (piezas)		Azúcar (g)		
7.5	10	15	3	4	300	400	
4.8808c	9.2425b	11.6050a	8.4778a	8.6744a	8.6544a	8.4978a	

Nota: Medias de tratamiento con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa ($\alpha = 0.05$)

Como la Norma Oficial Mexicana para el rompopo nos señala un valor máximo para grados Brix de 50%, en referencia a los sólidos solubles, este valor sería más rápido alcanzarlo con un nivel de azúcar de 400 g, y se disminuiría el tiempo de elaboración, sin embargo, la nota

dulce del producto sería más alta y los costos se incrementarían, por lo que, se decide que la cantidad de azúcar a emplear puede ser de 300 g.

8.2.7 Textura

Para esta variable respuesta el experimento no fue estadísticamente significativo ($\alpha=0.4862$), así mismo, el modelo lineal seleccionado presenta un ajuste de los datos bajo, $R^2 = 0.370472$, y un coeficiente de variación alto $CV = 17.48\%$. (ANEXO V. Resultados ANOVA), es decir, las combinaciones de los factores con sus respectivos niveles no influyen en el valor de este parámetro.

El único factor que presenta diferencia estadísticamente significativa es el factor yema de huevo ($\alpha = 0.0474$). Esto se explica por cambios en la estructura molecular de las proteínas de la yema, se presenta una pérdida de solubilidad y se presenta espesamiento o cambio en el fluido. Estos cambios pueden producirse por la aplicación de calor, medio mecánico, sales, ácidos, álcalis, etc., (Santos, 1995).

La Figura 19 muestra los valores obtenidos en la determinación de este parámetro, en donde se puede observar que los valores oscilan entre 200 a 400 g • mm/ seg².

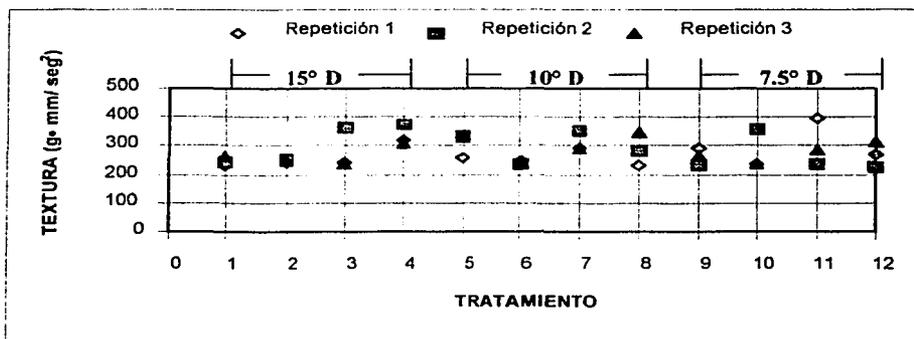


Figura 19. Diagrama de dispersión por tratamiento para la variable respuesta textura

En el Cuadro 23, se indican los valores obtenidos al aplicar la prueba de Tukey en los niveles de los factores con un $\alpha = 0.05$. La textura no es una variable puntual, engloba muchas características como son viscosidad, densidad, etc. Como se puede observar, el factor que presenta diferencia significativa es la cantidad de yema de huevo, debido a que durante el calentamiento, los gránulos de la yema de huevo (constituidos por fosfovítina y lipovitelinas) se rompen durante el calentamiento incrementando de esta forma la viscosidad de las soluciones y descenso en la solubilidad del resto de las proteínas de la yema modificando de esta manera la textura global del sistema alimentario (Le Denmat *et al*, 2000).

Cuadro 23. Prueba de Tukey para los niveles involucrados de los factores ensayados en la variable respuesta textura.

Acidez de la leche (° D)			Factor Yema de huevo (piezas)		Azúcar (g)	
7.5	10	15	3	4	300	400
278.27 ^a	287.12 ^a	276.20 ^a	263.36 ^b	297.70 ^a	285.38 ^a	275.68 ^a

Nota: Medias de tratamiento con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa ($\alpha = 0.05$)

La selección del tratamiento 1 ($A_{15}Y_3Z_{300}$), continua siendo la propuesta de formulación, sin embargo, esta no puede competir libremente con un rompoppe de marca comercial debido a que la estabilidad del mismo no fue estudiada y es dependiente de la adición de emulsificantes y estabilizantes, mismos que emplea la industria para prolongar la vida de anaquel del producto. Tanto los emulsificantes como estabilizantes actúan bajo dos principios básicos, la adsorción de las moléculas de proteína y la reducción en la cristalización de lípidos, en productos lácteos líquidos, los emulsificantes incrementan la estabilidad de éstos productos al calentamiento y la adición de lecitina es un procedimiento común (Euston *et al*, 2001), y dicho ingrediente es muy accesible.

Por otra parte, la proporción de grasa en emulsiones aceite/agua, es el parámetro que presenta mayor influencia para la estabilización del producto. Wedin y Hall (2001), encontraron que en aderezos para ensaladas, el contenido de emulsificante fue menos crítico cuando el contenido en grasa y agente ligante era incrementado.

Tras los análisis fisicoquímicos, los resultados promedio finales se resumen de la siguiente manera (Cuadro 24).

Cuadro 24. Valores promedio para los parámetros determinados en los doce tratamientos propuestos.

	Acidez titulable	Cenizas	Extracto etéreo	Sólidos totales	Proteína	Grados Brix	Textura (g·mm/seg ²)
TRATAMIENTO 1 A ₁₅ Y ₃ Z ₃₀₀	01725	0.764	6.27	54.69	5.15	11.61	245.49
TRATAMIENTO 2 A ₁₅ Y ₄ Z ₃₀₀	0.144	0.765	7.88	55.48	3.69	8.95	245.83
TRATAMIENTO 3 A ₁₅ Y ₃ Z ₄₀₀	0.175	0.963	6.45	53.04	5.12	13.01	279.74
TRATAMIENTO 4 A ₁₅ Y ₄ Z ₄₀₀	0.147	0.766	4.50	54.72	4.48	12.86	33.74
TRATAMIENTO 5 A ₁₀ Y ₃ Z ₃₀₀	0.130	0.980	6.31	50.37	5.43	8.12	307.95
TRATAMIENTO 6 A ₁₀ Y ₄ Z ₃₀₀	0.084	0.871	6.24	54.41	4.61	9.21	243.39
TRATAMIENTO 7 A ₁₀ Y ₃ Z ₄₀₀	0.130	0.870	6.41	47.69	4.76	10.26	312.29
TRATAMIENTO 8 A ₁₀ Y ₄ Z ₄₀₀	0.096	0.791	5.81	54.72	4.58	9.37	284.84
TRATAMIENTO 9 A _{7.5} Y ₃ Z ₃₀₀	0.090	0.950	6.42	54.40	4.64	6.74	260.86
TRATAMIENTO 10 A _{7.5} Y ₄ Z ₃₀₀	0.087	0.883	5.60	55.85	4.28	6.23	276.65
TRATAMIENTO 11 A _{7.5} Y ₃ Z ₄₀₀	0.115	1.050	5.30	52.93	4.49	2.18	305.97
TRATAMIENTO 12 A _{7.5} Y ₄ Z ₄₀₀	0.096	0.778	4.08	53.45	4.34	4.37	269.60

Nota: los valores están reportados en g de variable respuesta/100 mL de rompopé.

8.3 Análisis de marcas comerciales

Los resultados de obtenidos del análisis de las diferentes marcas comerciales no son tratamientos contemplados en el diseño experimental, por lo tanto, no son considerados en el análisis estadístico. Sin embargo, en su mayoría están por debajo de los promedios obtenidos en los tratamientos evaluados. Si analizamos los resultados que proporciona la marca Coronado podremos ver que es la marca comercial que más se acerca al promedio de valores obtenidos en el tratamiento i, por lo que, fue seleccionada para realizar la evaluación sensorial (Cuadro 25).

Cuadro 25. Resultado del análisis proximal aplicado a diferentes marcas comerciales.

Marca	Acidez titulable	Cenizas	Extracto etéreo	Sólidos totales	Proteína
SANTA CLARA	0.0933	0.733	2.98	39.33	2.322
CORONADO	0.1018	1.143	4.77	52.39	3.394
SANTA INÉS	0.0809	0.596	3.11	37.72	3.394
HOLANDESA	0.0848	0.57	3.3	44.47	2.769
TOM CHERRY	0.1103	0.58	1.41	32.63	2.947
LA CASITA	0.0763	0.42	2.58	39.57	1.875
ATOTONILLI	0.1442	0.69	2.83	34.57	2.465
LA DIVINA	0.0763	0.41	2.88	34.37	1.965
TRATAMIENTO 1	01725 ¹	0.764	6.27	54.69	5.15
A ₁₅ Y ₃ Z ₃₀₀					

Nota: los valores están reportados en g de variable respuesta/100 mL de rompopc.

¹Aunque pareciera que el valor de acidez titulable rebasa el valor que establece la norma para este parámetro (017%), únicamente fue en una de las tres réplicas donde se rebaso este valor, $R_1=0.169$, $R_2=0.1699$ y $R_3=0.178$.

8.4 Evaluación sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial aplicada al tratamiento 1 (A₁₅Y₃Z₃₀₀) frente el rompopc de marca "Coronado" fueron analizados mediante t de Student.

La prueba de nivel de agrado, en la que se empleó una escala hedónica de 7 puntos, con un nivel de significancia ($\alpha=0.05$), arrojó para todos los atributos sensoriales evaluados, diferencia significativa entre las dos muestras evaluadas (Cuadro 26).

Cuadro 26. Resultados de la prueba de nivel de agrado

Atributo	t de Student	
	Teórica	Experimental
Apariencia	1.658	4.6947
Textura	1.658	4.4847
Color	1.658	4.3438
Sabor	1.658	8.3005

Nota: Anexo IV, cálculos.

Estos resultados eran los esperados, pues el producto propuesto cuenta con características que lo hacen diferente de antemano, debido a las materias primas que se emplean para su elaboración. Sin embargo, el que ambas muestras sean diferentes no determina el nivel de agrado

del rompope propuesto con respecto al de la marca comercial evaluada, por lo cual, se analizan las medias estimadas para cada uno de los atributos evaluados (Cuadro 27).

Cuadro 27. Nivel de agrado.

	APARIENCIA	TEXTURA	COLOR	SABOR
CORONADO	2.35	2.41	2.42	2.20
	Me gusta bastante	Me gusta bastante	Me gusta bastante	Me gusta bastante
TRATAMIENTO EVALUADO (A₁₅Y₃Z₃₀₀)	3.24	3.27	3.28	4.11
	Me gusta ligeramente	Me gusta ligeramente	Me gusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta

Los comentarios emitidos por el panel estuvieron dirigidos hacia el sabor principalmente, manifestaron su desaprobación en la intensidad de la nota alcohólica, considerándola más profunda en el tratamiento propuesto (10% v/v), que en el testigo comercial (12% v/v). También debemos considerar que la aromatización del rompope elaborado es con canela y la de la marca comercial es con vainilla, aspecto que ejerce influencia sobre el consumidor, que relaciona el aroma canela con una sensación astringente en la boca y el aroma vainilla con dulzor.

Finalmente la preferencia estuvo dirigida hacia el rompope de marca comercial, setenta y nueve panelistas lo señalaron como de su preferencia.

IX. CONCLUSIONES

En el estudio se demuestra que las características finales del rompopo están íntimamente ligadas a las propiedades de los factores que intervienen en su elaboración, comprobándose de esta manera la hipótesis planteada.

La acidez final del rompopo depende de la acidez inicial de la leche y la cantidad de yema de huevo que se adicione.

El extracto etéreo, determinado por el método de Mojonier modificado, disminuye al elevar la proporción de yema de huevo, posiblemente a la dilución de los constituyentes al elevar la cantidad de azúcar. Este mismo efecto se presentó en la determinación del contenido proteico.

La variable cenizas, en todos los tratamientos ensayados está por encima del valor mínimo que establece la Norma Oficial para dicho parámetro, sin embargo, dicho valor sirve de referencia para determinar la procedencia de las materias primas, principalmente de la leche.

Para la variable grados Brix se confirma que su valor es directamente proporcional a la cantidad de sólidos solubles, que en el rompopo son proporcionados mayoritariamente por la cantidad de azúcar.

Para el caso de Textura, ésta se ve modificada conforme a la cantidad de yema de huevo empleada, gracias a la proporción de lípidos que la conforman y al arreglo molecular que sufren las proteínas en el rango de temperatura que se emplea durante la elaboración del rompopo, por otra parte, dentro la formulación es el único que constituye que estabiliza la emulsión.

Mediante la aplicación de la *t* de Student en los resultados de evaluación sensorial, hubo diferencias estadísticamente significativas para todos los atributos evaluados, siendo el rompopo "Coronado" preferido por el panel consumidor sobre el tratamiento ensayado (A₁₅Y₃Z₃₀₀), el cual se determinó como ideal para la realización de esta evaluación, debido a las características fisicoquímicas que presentó, así como la reducción de costos que ofrece.

Las marcas comerciales proporcionaron parámetros que permiten establecer comparaciones entre éstas y los tratamientos ensayados, obteniéndose en todos los casos valores superiores en los tratamientos ensayados que en las marcas comerciales para todas las variables respuesta analizadas.

X. RECOMENDACIONES

Un objetivo que no se planteó en este estudio fue la determinación de la estabilidad del rompopo o vida media de anaquel, y que a lo largo del almacenamiento del mismo se observó que no era igual para todos los tratamientos propuestos, por lo que este estudio permite la realización de nuevas propuestas de investigación, en donde se establezcan las cantidades óptimas de emulsificantes y estabilizantes para la obtención de rompopo con larga vida de anaquel, partiendo desde luego del tratamiento que este estudio establece como favorable (A₁₅ D, Azúcar₃₀₀ g y Yemas de huevo₃ piezas) y se enfatice en el sabor, principal atributo, que fue determinante para la no aceptación del producto propuesto por parte del panel.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Alais, Ch. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. 7ª edición. México: Ed. Continental, 1988:16, 54-55, 191, 194.
- Anzaldúa-Morales, A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y práctica. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1994: 1, 5, 30, 37.
- Amiot, J. Ciencia y tecnología de la leche. Principios y aplicaciones. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1991:1, 6, 34.
- A.O.A.C. Methods of analysis of association of official analytical chemists. 11ª edition. U.S.A. 1995:
- Belitz, H, Werner G. Química de los alimentos. 2ª edición. Zaragoza, España: Ed. Acribia. 1985: 231, 234, 406, 434-435, 440.
- Bettison, J, Rees, J. A. G. Procesado térmico y envasado de los alimentos. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1991: 35-37, 258.
- Castelán, O, Mathewman, R. Situación y perspectiva de la industria lechera en México, con énfasis en lechería en pequeña escala. 2do. Seminario Internacional sobre los sistemas nacionales lecheros de América del Norte. México: 1997.
- Chapa, M. Bebidas mexicanas. Cocina regional mexicana. La ruta del espíritu. España: Everest, 1999.
- Chauvet, M. La política lechera en México y los desafíos de la producción. 2do. Seminario Internacional sobre los sistemas nacionales lecheros de América del Norte. México: 1997.
- Chung, S. L. y Ferrier, L. K. (1995) Heat denaturation and emulsifying properties of egg yolk phosvitin, *Journal of Food Science*, 60: 906-908.
- Concuera de Mancera, S. Entre gula y templanza. Un aspecto de la historia mexicana. México: Fondo de Cultura Económica, 1996: 99-107.
- Egan, H, Kirk, R. S, Sawyer, R. Análisis químico de alimentos de Pearson. 2ª edición. México, D.F., Ed. CECSA, 1996: 33, 130, 452.
- Estañol, O. Efecto de la acidez de la leche y la variación de la cantidad de azúcar adicionada en la calidad de los chongos zamoranos. Universidad Autónoma Chapingo. 1999:50-55.

-
- Euston, S. R., Finnigan, S. R., y Hirst, L. R. (2001). Aggregation kinetics of heated whey protein-stabilised emulsions: effect of low-molecular weight emulsifiers, *Food Hydrocolloids*, 15: 253-262
 - Fennema, O. Química de los alimentos. 2ª edición. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1993: 83, 85, 87, 932.
 - Forgács, S., Kiss, V., Cserhádi, T. y Holló, J. (1996). Determination of moisture content of paprika (*Capsicum annuum*) powders: a comparative study, *Food Science and Technology International*, 2: 23-27.
 - García, A, Álvarez, A, Martínez, E. Marco internacional de los sistemas nacionales lecheros de América del Norte. 2do. Seminario Internacional sobre los Sistemas Nacionales Lecheros de América del Norte. México: 1997.
 - Hubert, G. Elaboración artesanal de licores. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1989: 15.
 - Kayanush, J. A. y Zahur, U. H. (2001). Effect of commercial fat replacers on the microstructure of low-fat Cheddar cheese, *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 169-177
 - Lavín, M, Benítez, A. Cocina virreinal novohispana. Golosinas del convento. Tomo I, México: Ed. Clío, 2000.
 - Linden, G. Bioquímica agroindustrial: revaloración alimentaria de la producción agrícola. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1996: 248p
 - Le Denmat, M y Gandemer, G. (2000), Thermostability of hen egg yolk granules: contribution of native structure of granules, *Journal of Food Science*, 65:581-584.
 - Lewis, M. J. Propiedades físicas de los alimentos y los sistemas de procesado. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1987: 494p
 - Long, J. La cocina mexicana a través de los siglos. La Nueva España. 1ª edición. México: Ed. Clío, 1997.
 - Madrid, A. Manual de industrias alimentarias. 3ª edición. Barcelona, España: AMV. Ediciones-Mundi-Prensa, 1991: 457-459.
 - Mastreta, M. Historia y origen del rompope. Centro Regional Puebla del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Puebla: 2000.
-

-
- McWilliams, M. Food experimental perspective. New York: Ed. Mac William, 1989: 399.
 - Mendoza, E, Bermejo, S. El consumo de leche en México. 2do. Seminario Internacional sobre los sistemas nacionales lecheros de América del Norte. México: 1997.
 - Ocúltate, P. Alimentos. Química de sus componentes. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1984:10-12.
 - Pauletti, M. S., Castela, E. L., y Bernardi, M. C. (1996). Influence of soluble solids, acidity and sugar on the color of dulce de leche, *Food Science and Technology International*, 2: 45-49
 - Pearson, D. Laboratory techniques in food analysis. New York, USA: John Wiley & Sons, 1973.
 - Pedrero, D, Pangborn, R. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. 1ª edición. México: Alambra mexicana, 1989: 105-107, 127-128.
 - Pérez, C R. Situación económica actual de la industria lechera. 5to. Simposium Internacional de Ingeniería Bioquímica y Tecnología de Alimentos. ITESM, Campus Querétaro. 1998.
 - Renault, C., Gastaldi, E., Cuq, J. L. y Tarodo de la Fuente, B. (2000) Effect of temperature of milk acidification on rennet gel properties, *Food Chemistry and Toxicology*, 65: 630-633.
 - Rodríguez-Bernaldo de Quirós, A. I., González-Castro, M. J., López-Hernández, J. y Simal-Lozano, J. (1998). Técnicas analíticas aplicadas a la determinación de compuestos aromáticos en alimentos vegetales, *Alimentaria*, 12:73-79.
 - Ruiz, C. Análisis bibliográfico de aditivos en alimentos. Universidad Autónoma Chapingo: 1994.
 - Sauver, B. El huevo para su consumo: bases productivas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España: Ed. AEDOS, 1993:266, 270-275, 344-350.
 - Santos, A. Química y bioquímica de alimentos. 1ª edición. Universidad Autónoma Chapingo. 1995: 400-401, 431, 445, 449.
 - Santos¹, A. Elaboración y análisis de productos lácteos. Universidad Autónoma Chapingo. 1995: 14, 113-114.
-

-
- Santos, A. Leche y sus derivados. 1ª edición. México: Ed. Trillas. 1998: 33-48.
 - SECOFI. Norma oficial mexicana. Bebidas Alcohólicas-Rompopo. **(NOM-V-23-1983)**. Dirección General de Normas, México: 1983.
 - Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). Técnicas para el análisis fisicoquímico de alimentos. Dirección General de Investigación en Salud Pública. 1976: 4.
 - Secretaría de Salud. Ley general de salud. Ley de salud para el Distrito Federal y disposiciones complementarias. Tomo I, 14ª edición. México: Ed. Porrúa, 1997: 315.
 - Secretaría de Salud. Proyecto de norma oficial mexicana. Bienes y Servicios. Huevo, sus productos y derivados. Disposiciones y especificaciones sanitarias **(NOM-159-SSA1-1996)**. Comité consultivo nacional de normalización de regulación y fomento sanitario, México: 1996.
 - Secretaría de Salud. Proyecto de norma oficial mexicana. Bienes y Servicios. Leche para consumo humano. Especificaciones sanitarias **(PROY-NOM-64-SSA1-2001)**. Comité consultivo nacional de normalización de regulación y fomento sanitario, México: 2001.
 - Secretaría de Salud. Norma oficial mexicana. Bienes y Servicios. Que establece la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca. **(NOM-128-SSA1-1994)**. Comité consultivo nacional de normalización de regulación y fomento sanitario, México: 1994.
 - Stadelman, W. Egg science and technology. 2nd edition. Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, Inc., 1977: 69-73.
 - Stadelman, W. Egg science and technology. 3rd edition. Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, Inc., 1986: 104, 256, 299.
 - Tainter, D. R., Grenis, A. T., Especies y aromatizantes alimentarios, Zaragoza, España: Ed. Acibia, 1993: 67-70.
 - Velásquez, L. Redacción del escrito médico. 2ª edición. México: Ediciones médicas del Hospital infantil de México, "Federico Gómez", 1990:103-104.
-

-
- Walpole, R. Myers, R. Myers, S. Probabilidad y estadística para ingenieros. 6ª edición. México: Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A., 1999:481.
 - Walstra, P. Química y física lactológica. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1984: 142-159.
 - Wedin, K., Hall, G. (2001). Influences of fat, thickener and emulsifier contents on salad dressing: static and dynamic sensory and rheological analyses, *Food Science and Technology*, 34: 222-233
 - Wong, D. Química de los alimentos. Mecanismos y teoría. Zaragoza, España: Ed. Acribia, 1989:189.

XII. ANEXOS

ANEXO I. MÉTODOS DE ANÁLISIS

(A. O A. C, 1995)

ANÁLISIS DE LA LECHE

❖ ACIDEZ TITULABLE

Tomar 9 mL. de leche y colocarlos en un vaso de precipitados y agregar 2 gotas de fenoftaleína y titular con una solución de hidróxido de sodio (Na OH) de concentración 0.1N, hasta que sea evidente el vire a una coloración rosada que permanezca alrededor de medio minuto. Con ayuda de la escala de la bureta calcular la acidez de la leche en por ciento de ácido láctico.

$$\% \text{ ácido láctico} = \frac{(\text{mL. de NaOH consumidos}) (N_{\text{NaOH}})(\text{meq. Ác. láctico})}{\text{mL. de muestra}} 100$$

1° D = 1 mg. de ácido láctico en 10 c.c. de leche, es decir, 0.1 g/L, o 0.01% de ácido láctico.

❖ DENSIDAD

Se colocan 250 mL. de leche en una probeta y se introduce posteriormente el lactodensímetro de Quevenne y se agita, se espera 30 segundos a que se estabilice y se toma la lectura, a la cuál se le realiza una corrección de acuerdo con la temperatura a la que se realizó la lectura.

❖ DETERMINACIÓN DE GRASA POR EL MÉTODO DE GERBER

Transferir 10 mL. de ácido sulfúrico ($\rho = 1.807$ to 1.812 g/ml at 27°C) en un butirómetro teniendo precaución de que el ácido no moje el cuello del butirómetro, enseguida se agregan por las paredes del tubo 11 mL. de leche (si la muestra de leche es fresca, ésta se debe calentar a 27°C), posteriormente se añade 1 mL. de alcohol isoamílico. Se tapa el butirómetro con un tapon de látex y lentamente se agita, permitiendo que las sustancias adicionadas se mezclen bien y no se observen partículas de color blanco. Se efectúa un ajuste en la temperatura (introduciendo el butirómetro en un baño de agua a 65 $^{\circ}\text{C}$ por 5 minutos) y posteriormente se centrifuga (a

velocidad máxima durante 4 minutos, finalmente se realiza la lectura en la escala correspondiendo el punto más bajo al menisco de grasa y la superficie de separación de la grasa y el ácido. Se sugiere que esta determinación, se efectúe por duplicado.

❖ **DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES**

Esta determinación se realizó al rompope dentro del proceso de elaboración ya que se busco que todos los tratamientos se alcanzaran un porcentaje de sólidos solubles de 50%. Esto se efectúa con lecturas refractométricas del producto, en donde una gota de producto se aplicaba en la cámara del refractómetro y a contra luz se observaba la escala (0-100°Brix).

ANÁLISIS DEL ROMPOPE

❖ **DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES**

Material y equipos

2 Pesafiltros

Pipeta de 10 mL. graduada

Horno de calentamiento con sistema de vacío

Desecador

El método que se empleó fue desecación en estufa hasta peso constante, el cual consiste, en agregar 3 mL. de rompope en una cápsula de aluminio o pesafiltro de base plana, con tapa y a peso constante, posteriormente la muestra se evapora en baño de agua a 80°C y se coloca en una estufa con sistema de vacío a 100-110°C durante 2 horas aproximadamente. Concluido este tiempo se retira el pesafiltro de la estufa y se deja enfriar en un desecador y se pesa tan pronto se equilibre con la temperatura ambiente. Se repiten las operaciones de secado hasta peso constante (A.O.A.C. 1995). El porcentaje de sólidos totales se obtiene mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Sólidos totales} = \frac{[(\text{peso del pesafiltro} + \text{muestra seca}) - (\text{peso del pesafiltro})]}{\text{g. de muestra}} \cdot 100$$

❖ **DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO, MÉTODO DE MOJONNIER MODIFICADO**

Material y reactivos

Pipeta de 10 mL. graduada
Embudo de separación
Equipo de extracción Goldfish.
Hidróxido de amonio concentrado
Alcohol etílico (96% v/v)
Fenofaleína
Eter etílico
Eter de petróleo

Fundamento: Con la aplicación de una mezcla de solventes (éter etílico-éter de petróleo), se busca la extracción de grasa de una muestra láctea en la cual se han precipitado previamente las proteínas con hidróxido de amonio concentrado.

Se coloraron 10 mL. de muestra en un embudo de separación, posteriormente se adicionó 1.5 mL. de NH_4OH concentrado, se agitó la mezcla y se agregó 10 mL. de etanol (96% v/v) con gotas de indicador de fenofaleína (al 5%). Inmediatamente después se efectuó una primera extracción con 25 mL. de éter etílico y 25 mL. de éter de petróleo, se agito manualmente durante un minuto en ambos casos y se dejó reposar para permitir la separación de las fases, la fase etérea se recuperó en vasos Goldfish previamente tarados y pesados. A la fase acuosa se le efectuó una segunda extracción pero en esta ocasión con 15 mL. de ambos disolventes. El procedimiento es similar a la primera extracción. Finalmente las fracciones etéreas se colocan en el equipo de extracción Goldfish y se recupero el éter, el vaso Goldfish con la porción grasa extraída se enfrió hasta temperatura ambiente dentro del un desecador y se pesaron.

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{(\text{Peso del vaso con extracto} - \text{Peso del vaso sin extracto})}{\text{mL. de muestra}} \cdot 100$$

❖ DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Material y equipos

Crisol de porcelana
Pipeta de 10 mL. graduada
Mechero Fisher
Pinzas para crisol
Desecador
Mufla
Balanza analítica

La incineración para destruir toda la materia orgánica cambia la naturaleza del alimento; las sales metálicas de los ácidos orgánicos se convierten en óxidos o carbonatos o reaccionan durante la incineración para formar fosfatos, sulfatos o haluros (Egan, 1988). El método empleado para la determinación del contenido de cenizas totales fue el de cenizas totales en donde, se adicionaron 3 mL de muestra en un crisol previamente puesto a peso constante. La muestra se calcinó con un mechero Fisher en campana de extracción y posteriormente se colocó en una mufla Ney a 550°C durante dos horas o hasta conseguir unas cenizas blancas o ligeramente grises, homogéneas. Se enfrió en desecador el crisol con las cenizas y se pesó (A.O.A.C., 1995). El porcentaje de cenizas se obtiene mediante el siguiente cálculo:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{[(\text{peso del crisol} + \text{cenizas}) - (\text{peso del crisol})]}{\text{mL. de muestra}} \cdot 100$$

❖ DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE

Materiales y reactivos

Bureta de 50 mL graduada
Pipeta de 10 mL. graduada
Vaso de precipitados
Fenoflaeína

Solución de Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N

Fundamento: La cantidad de sustancias ácidas que contribuyen a la acidez de una muestra láctea se determinarán mediante la titulación con NaOH (0.1N), y se referirán con base al por ciento de ácido láctico presente en la muestra. Con aplicación de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido láctico} = \frac{(\text{mL. de NaOH consumidos}) (N_{\text{NaOH}})(\text{meq. Ác. láctico})}{\text{mL. de muestra}} 100$$

En nuestro caso se emplearon 10 mL. de muestra los cuales se diluyeron con 40 mL. de agua destilada y desionizada, se adicionaron gotas de fenofaleína (0.1%) y se titulo con NaOH (0.1N).

❖ DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Equipos y reactivos

Pipeta de 10 mL. graduada

Equipo de digestión y destilación Büchi

Ácido sulfúrico concentrado (95-98%)

Solución de hidróxido de sodio (Na OH) 40 % p/v

Solución de ácido clorhídrico (H Cl) 0.1N

El método empleado fue Kjeldahl, el cuál es un método indirecto en el que se cuantifica el nitrógeno total de la muestra, el cuál se determina casi siempre por una combustión líquida en la que se convierte el nitrógeno primero en sulfato amónico y finalmente en amoniaco; el amoniaco formado se destila y se titula con una disolución ácida normalizada (Pearson, 1973). Para lo cuál, se introdujo 1 mL. de muestra en un tubo de digestión en donde se añadió 5 mL. de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) y una pastilla catalizadora compuesta de sulfato de cobre pentahidratado (Cu SO₄•5 H₂O) y sulfato de potasio (K₂SO₄). El tubo se coloco en el digestor del equipo Büchi (B-426) y se calentó hasta que el líquido adquiriera una coloración azul verdosa. Se dejo enfriar hasta temperatura ambiente y se coloco en el equipo de destilación Büchi en donde se le adicionó solución de sosa al 40% p/v (NaOH), y se destilo, el destilado se recibe en 50 mL. de solución de ácido bórico al 4 % con una mezcla de indicadores en la siguiente proporción: rojo de metilo 0.66% y verde de bromocresol 0.33%, hasta alcanzar 100 mL. de

destilado, los cuales se titulan con solución valorada de HCl 0.1N (A.O.A.C., 1995). El contenido de proteína se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Nitrógeno total} = \frac{[(\text{mL. de HCl}_{\text{muestra}} - \text{mL. de HCl}_{\text{blanco}})(N_{\text{HCl}})(\text{meq. N})] 100}{\text{mL. de muestra}}$$

$$\% \text{ Proteína} = (\% \text{ Nitrógeno total}) (\text{Factor proteico}) \quad \text{Factor proteico} = 6.38$$

❖ DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN (GRADOS BRUX)

En una probeta graduada se adicionaron 40 mL. de rompope y se añadieron 10 mL. de solución de sulfato de cobre (72.5 g SO₄ 5 H₂O en 900 mL. de agua, se ajusta por dilución hasta que de una lectura de 5.65°Brix). Se agito y filtro; si las primeras porciones no eran transparentes, se filtraba nuevamente. Se colocó en el refractómetro unas gotas del filtrado y se efectuó la lectura. Según sea el refractómetro empleado, se buscan las equivalencias a grados Brix, consultando el siguiente cuadro. (Santos¹, 1995)

Cuadro 28. Corrección de grados refractométricos

GRADOS REFRACTOMÉTRICOS	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	GRADOS BRUX
35	1.34086	5.40
36	1.34124	5.65
37	1.34162	5.91
38	1.34199	6.16
39	1.34237	6.41
40	1.34275	6.66
41	1.34313	6.91
42	1.34350	7.16

❖ DETERMINACIÓN INSTRUMENTAL DE TEXTURA

El instrumento empleado fue el analizador de textura TA-XT2. Este instrumento esta diseñado especialmente para alimentos, tiene controles electrónicos muy precisos, su sensibilidad es muy alta, y es muy versátil. Una de las características que lo hacen más atractivo es que utiliza un programa de computadora que recoge los datos y las gráficas correspondientes a cada una de

las determinaciones y las guarda automáticamente, eliminando de esta manera la necesidad de un graficador.

La determinación de textura se manifiesta como resultado de haber sometido el alimento a un esfuerzo deformante, esta medición fue propuesta como una alternativa a la evaluación sensorial con el fin de superar los principales inconvenientes y limitaciones de ésta última, sin embargo, la evaluación sensorial sigue siendo la mejor forma de apreciar esta propiedad. (Anzaldúa-Morales, 1994)

Las condiciones del análisis fueron la siguientes:

Velocidad del pre-ensayo	1.5 mm/s
Velocidad del ensayo	0.5 mm/s
Velocidad del post-ensayo	10 mm/s
Test de ruptura	1.0 mm
Distancia	10 mm
Fuerza	3 g.
Tiempo	5.0 s.
Contador	5.0 s.
Velocidad de adquisición (PPS)	250.00
Cantidad de muestra	100 g.
Diámetro del disco	5 cm.

ANEXO II. FORMATO DEL CUESTIONARIO (EVALUACIÓN SENSORIAL)

Nombre: _____ Sexo: M F Edad: _____ No. Juez: _____ Serie: _____

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras de izquierda a derecha e indique su nivel de agrado (para cada una de las parámetros), de acuerdo con la escala que se presenta a continuación. Por favor, rotule un cartónque le permita ordenar de probar cada una de las muestras. **G R A C I A S.**

	739	684	ESCALA
APARIENCIA	_____	_____	1. Me gusta mucho
TEXTURA	_____	_____	2. Me gusta bastante
COLOR	_____	_____	3. Me gusta ligeramente
SABOR	_____	_____	4. Ni me gusta ni me disgusta
			5. Me disgusta ligeramente
			6. Me disgusta bastante
			7. Me disgusta mucho

Finalmente, de las muestras que usted probó:

¿Cuál le pareció mejor? _____

¿Cuál le disgustó más? _____

COMENTARIOS _____

ANEXO III. METODO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis estadístico empleado para los resultados obtenidos de las diferentes determinaciones fue: análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia, $\alpha=0.05$, por el método lineal general (glm), empleando el paquete estadístico SAS. Para determinar la significancia estadística de las interacciones entre factores se utilizó la prueba de TUKEY.

Los resultados arrojados de la evaluación sensorial se analizaron mediante t de Student, ya que cuando se evalúan dos muestras por medio de una prueba de nivel de agrado (escala hedónica), las calificaciones se tabulan por juez-consumidor (filas) y por producto (columnas), totalizando la suma de cada columna y cada fila para obtener un gran total. Para más de dos muestras, es necesario aplicar análisis de varianza.

Los cálculos que involucra la t de Student incluyen estadísticos poblacionales como la media y la desviación estándar. La prueba de t de Student determina si las medias que arroja la evaluación de una o dos muestras pertenecen o no a una misma población. Esta prueba nos indica si las diferencias encontradas pueden declararse como significativas con un cierto nivel de confiabilidad.

Cuando se analizan dos muestras, se les denomina muestras relacionadas, ya que ambas han sido analizadas por un mismo juez o si el número de observaciones para cada muestra son iguales (pares). El propósito de esta prueba es comparar dos medias, las cuales se supone provienen de dos muestras al azar de la misma población (H_0 : muestra 1 = muestra 2). Por esta razón, la desviación estándar usada es la estimación del valor poblacional, S.

Debido a que cada juez calificó a cada par de muestras, el procedimiento señala tomar la diferencia de cada para de calificaciones, considerando importante el signo que resulte de esta sustracción. La fórmula de la t de Student es la siguiente:

$$t = \frac{\bar{D}}{(1/n) \cdot \sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

Conociendo que : $\bar{D} = \sum D/n$ y que $D = X - Y$ donde X, Y son calificaciones de dos muestras por un solo juez.

Finalmente, el valor de t se compara con el valor correspondiente al grado de libertad y al nivel de significancia de tablas estadísticas, prosiguiendo a aceptar o rechazar la hipótesis planteada (H_0), según sea el caso. (Pedrero, 1989)

ANEXO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL.

MUESTRA NO. DE MUEST. NO. DE JUEZ	ATRIBUTO APARI ENCIA												DIF* Preferen cia
	TEXTURA			COLOR			SABOR			DIF*	DIF*	DIF*	
	COR.	CHAP.	DIF	COR.	CHAP.	DIF	COR.	CHAP.	DIF				
	684	739	EN DIF*	684	739	DIF*	684	739	DIF*	684	789	DIF*	
1	1	3	2	4	1	2	1	1	1	3	2	4	684
2	1	4	3	9	3	3	0	0	2	5	3	9	684
3	2	4	2	4	3	5	2	4	3	4	1	1	684
4	4	4	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0	684
5	1	3	2	4	2	4	2	4	1	6	5	25	684
6	1	3	2	4	2	3	1	1	2	3	1	1	684
7	3	3	0	0	3	3	0	0	4	4	0	0	684
8	2	2	0	0	3	3	0	0	2	2	0	0	684
9	2	2	0	0	3	2	-1	1	3	3	0	0	*739
10	3	3	0	0	3	4	1	1	3	3	0	0	684
11	1	1	0	0	4	2	-2	4	3	3	0	0	*739
12	2	3	1	1	2	3	1	1	2	5	3	9	684
13	1	4	3	9	1	1	0	0	1	5	4	16	684
14	3	4	1	1	1	5	4	16	3	4	1	1	684
15	2	2	0	0	3	2	-1	1	3	2	-1	1	684
16	1	3	2	4	1	2	1	1	1	2	1	1	684
17	1	1	0	0	1	3	2	4	3	3	0	0	684
18	1	1	0	0	1	2	1	1	1	2	1	1	*739
19	2	2	0	0	2	2	0	0	1	2	1	1	*739
20	2	1	-1	1	4	3	-1	1	3	4	1	1	684
21	3	7	4	16	3	7	4	16	3	7	4	16	684
22	3	5	2	4	1	5	4	16	3	5	2	4	684
23	3	4	1	1	2	6	4	16	1	4	3	9	684
24	2	5	3	9	1	5	4	16	2	5	3	9	684
25	3	5	2	4	3	4	1	1	3	5	2	4	684
26	2	3	1	1	2	3	1	1	1	5	4	16	684
27	3	2	-1	1	3	2	-1	1	4	1	-3	9	684
28	4	3	-1	1	3	4	1	1	3	1	-2	4	*739
29	1	5	4	16	2	4	2	4	3	3	0	0	684
30	3	3	0	0	2	3	1	1	3	3	0	0	684
31	3	4	1	1	1	3	2	4	4	5	1	1	*739
32	1	4	3	9	1	4	3	9	1	3	2	4	684
33	1	5	4	16	2	4	2	4	1	5	4	16	684
34	4	4	0	0	2	4	2	4	4	5	1	1	684
35	2	6	4	16	2	2	0	0	1	5	4	16	684
36	2	3	1	1	1	2	1	1	1	3	2	4	684
37	5	4	-1	1	2	3	1	1	1	3	2	4	684
38	4	4	0	0	3	4	1	1	2	4	2	4	684
39	3	3	0	0	3	2	-1	1	3	3	0	0	*739
40	3	2	-1	1	2	4	2	4	3	2	-1	1	*739
41	2	3	1	1	4	2	-2	4	1	3	2	4	684
42	1	2	1	1	1	1	0	0	1	3	2	4	684
43	1	7	6	36	1	7	6	36	3	4	1	1	684
44	2	3	1	1	1	2	1	1	2	3	1	1	684
45	3	3	0	0	1	2	1	1	2	2	0	0	684
46	2	3	1	1	4	2	-2	4	1	3	2	4	684
47	2	2	0	0	2	3	1	1	2	2	0	0	684
48	1	2	1	1	1	3	2	4	1	1	0	0	684

49	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	-1	1	1	2	1	1	684
50	1	1	0	0	1	2	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	684
51	2	1	-1	1	1	3	2	4	2	3	1	1	1	4	3	9	684
52	4	4	0	0	3	1	-2	4	2	2	0	0	3	1	-2	4	*739
53	2	1	-1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	2	2	0	0	*739
54	2	3	1	1	4	2	-2	4	2	3	1	1	3	4	1	1	684
55	2	3	1	1	2	1	-1	1	3	3	0	0	2	1	-1	1	*739
56	1	4	3	9	2	3	1	1	1	3	2	4	2	5	3	9	684
57	5	2	-3	9	5	3	-2	4	5	2	-3	9	5	2	-3	9	*739
58	3	5	2	4	4	5	1	1	3	6	3	9	1	7	6	36	684
59	4	4	0	0	5	7	2	4	3	3	0	0	7	6	-1	1	684
60	1	3	2	4	1	3	2	4	2	3	1	1	1	3	2	4	684
61	1	1	0	0	3	2	-1	1	1	1	0	0	4	2	-2	4	*739
62	4	3	-1	1	2	4	2	4	3	2	-1	1	1	4	3	9	684
63	4	5	1	1	2	4	2	4	5	1	-4	16	1	3	2	4	684
64	2	4	2	4	6	3	-3	9	1	1	0	0	3	4	1	1	684
65	4	4	0	0	3	4	1	1	2	3	1	1	1	3	2	4	684
66	2	2	0	0	2	5	3	9	3	3	0	0	3	6	3	9	684
67	4	2	-2	4	5	4	-1	1	3	2	-1	1	4	6	2	4	684
68	2	6	4	16	1	5	4	16	2	5	3	9	3	6	3	9	684
69	3	2	-1	1	2	2	0	0	3	2	-1	1	2	2	0	0	684
70	2	3	1	1	3	4	1	1	2	3	1	1	3	5	2	4	684
71	1	3	2	4	4	3	-1	1	3	5	2	4	1	7	6	36	684
72	2	3	1	1	1	3	2	4	1	4	3	9	1	5	4	16	684
73	5	2	-3	9	3	2	-1	1	4	2	-2	4	5	6	1	1	684
74	5	3	-2	4	5	3	-2	4	6	3	-3	9	5	3	-2	4	*739
75	4	2	-2	4	2	2	0	0	5	1	-4	16	1	2	1	1	684
76	2	2	0	0	2	5	3	9	5	3	-2	4	2	6	4	16	684
77	1	3	2	4	1	3	2	4	2	2	0	0	3	2	-1	1	*739
78	3	5	2	4	4	4	0	0	3	5	2	4	2	6	4	16	684
79	5	3	-2	4	3	5	2	4	5	3	-2	4	3	5	2	4	684
80	3	7	4	16	5	7	2	4	1	7	6	36	1	7	6	36	684
81	3	3	0	0	2	3	1	1	4	5	1	1	2	4	2	4	684
82	1	4	3	9	2	5	3	9	1	3	2	4	1	5	4	16	684
83	1	3	2	4	2	5	3	9	3	6	3	9	2	7	5	25	*739
84	2	3	1	1	3	4	1	1	2	3	1	1	3	3	0	0	684
85	3	2	-1	1	3	2	-1	1	5	1	-4	16	3	2	-1	1	*739
86	1	4	3	9	1	5	4	16	1	5	4	16	1	7	6	36	684
87	1	4	3	9	2	2	0	0	2	5	3	9	1	4	3	9	684
88	3	4	1	1	6	3	-3	9	4	4	0	0	3	2	-1	1	*739
89	2	3	1	1	2	4	2	4	3	3	0	0	1	5	4	16	684
90	1	3	2	4	3	1	-2	4	1	3	2	4	3	5	2	4	684
91	3	1	-2	4	1	1	0	0	2	4	2	4	2	3	1	1	684
92	2	1	-1	1	2	3	1	1	1	2	1	1	1	5	4	16	684
93	2	3	1	1	2	2	0	0	1	3	2	4	2	5	3	9	684
94	1	6	5	25	1	7	6	36	2	2	0	0	1	5	4	16	684
95	3	1	-2	4	3	3	0	0	1	2	1	1	7	1	-6	36	*739
96	1	7	6	36	7	3	-4	16	4	7	3	9	1	6	5	25	684
97	3	4	1	1	4	4	0	0	3	3	0	0	1	5	4	16	684
98	1	6	5	25	2	7	5	25	1	6	5	25	2	7	5	25	684
99	4	3	-1	1	3	1	-2	4	4	3	-1	1	3	1	-2	4	*739
100	5	2	-3	9	1	2	1	1	5	3	-2	4	1	5	4	16	684
TOTAL	235	324	89	435	241	327	86	438	242	328	86	462	220	411	191	889	
MEDIA	2.35	3.24			2.41	3.27			2.42	3.28			2.2	4.11			
n	100																
n-1	99																21X 739
N*df(2)	43500				43800				46200				88900				79 X 684

	df(2)	7921	7396	7396	36481
	n*df(2)-df(2)/99	359.4	367.717	391.96	529.485
	Raíz Cuadrada	18.96	19.176	19.798	23.0105
	T(exp)	APARIENCIA 4.695	TEXTURA 4.48478	COLOR 4.34388	SABOR 8.30055
n=60	t(teórica)	1.671			
n=120	ALFA= 0.05	1.658			

ANEXO V. RESULTADOS ANÁLISIS DE VARIANZA

General Linear Models Procedure Class Level Information

Class	Levels	Values
R	3	1 2 3
A	3	10 15 7.5
Y	2	3 4
Z	2	300 400

Dependent Variable ACIDEZ TITULABLE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	13	0.03478772	0.00267598	82.10	0.0001
Error	22	0.00071710	0.00003260		
Corrected Total	35	0.03550483			
	R-Square	CV	Root MSE	AC Mean	
	0.979803	4.658931	0.00570926	0.12254444	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F value	Pr > F
R	2	0.00005247	0.00002623	0.80	0.4599
Y	1	0.00064855	0.00064855	19.90	0.0002
A	2	0.02593151	0.01296575	397.78	0.0001
Z	1	0.00629378	0.00629378	193.09	0.0001
A*Y	2	0.00033547	0.00016773	5015	0.0147
Y*Z	1	0.00000784	0.00000784	0.24	0.6287
A*Z	2	0.00121456	0.00060728	18.63	0.0001
A*Y*Z	2	0.00030355	0.00015177	4.66	0.0206

Dependent Variable EXTRACTO ETÉREO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	13	33.96159167	2.61243013	11.55	0.0001
Error	22	4.97488333	0.22613106		
Corrected Total	35	38.93647500			
	R-Square	CV	Root MSE	EX Mean	
	0.872231	7.984313	0.47553240	5.95583333	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F value	Pr > F
R	2	1.28951667	0.64475833	2.85	0.0792
Y	1	9.05006944	9.05556944	10.02	0.0001
A	2	6.56261667	3.281308833	14.51	0.0001

Z	1	2.09766944	2.09766944	9.28	0.0059
A*Y	2	3.89850556	1.94925278	8.62	0.0017
Y*Z	1	4.68722500	4.68722500	20.73	0.0002
A*Z	2	1.33517222	0.66758611	2.95	0.0732
A*Y*Z	2	5.04081667	2.52040833	11.15	0.0005

Dependent Variable SOLIDOS TOTALES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	13	210.05668333	16.15820641	1.67	0.1390
Error	22	212.51311667	9.65968712		
Corrected Total	35	422.5698000			
	R-Square	CV	Root MSE	ST Mean	
	0.497093	5.811163	3.10800372	53.48333333	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F value	Pr > F
R	2	31.48361667	15.74180833	1.63	0.2188
Y	1	18.63361111	18.63361111	1.93	0.1788
A	2	51.43695000	25.71847500	2.66	0.0922
Z	1	60.26934444	60.26934444	6.24	0.0205
A*Y	2	1.09323889	0.54661944	0.06	0.9451
Y*Z	1	2.19040000	2.19040000	0.23	0.6386
A*Z	2	39.22550556	19.61275278	2.03	0.1552
A*Y*Z	2	5.72401667	2.86200833	0.30	0.7465

Dependent Variable CENIZAS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	13	0.33272778	0.02559444	8.81	0.0001
Error	22	0.06389444	0.00290429		
Corrected Total	35	0.39662222			
	R-Square	CV	Root MSE	CEN Mean	
	0.838904	6.178642	0.05389149	0.87222222	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F value	Pr > F
R	2	0.01710556	0.00855278	2.94	0.0736
Y	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
A	2	0.05767222	0.02883611	9.93	0.0008
Z	1	0.11560000	0.11560000	39.80	0.0001
A*Y	2	0.07151667	0.03575833	12.31	0.0003
Y*Z	1	0.03737778	0.03737778	12.87	0.0016
A*Z	2	0.01551667	0.00775833	2.67	0.0915
A*Y*Z	2	0.01793889	0.00896944	3.09	0.0657

Dependent Variable GRADOS BRIX

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	13	364.01136111	28.0087393	14.80	0.0001
Error	22	41.61249444	1.89147702		
Corrected Total	35	405.62385556			
	R-Square	CV	Root MSE	BRIX Mean	
	0.897411	16.03652	1.37530979	8.57611111	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F value	Pr > F
R	2	7.52970556	3.76485278	1.99	0.1605
Y	1	0.34810000	0.34810000	0.18	0.6721
A	2	279.27983889	139.63991944	73.83	0.0001
Z	1	0.22090000	0.22090000	0.12	0.7358
A*Y	2	55.67285000	27.83642500	14.72	0.0001
Y*Z	1	2.61361111	2.61361111	1.38	0.2524
A*Z	2	7.83791667	3.91895833	2.07	0.1498
A*Y*Z	2	10.50843889	5.25421944	2.78	0.0840

Dependent Variable PROTEÍNA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	13	7.56205833	0.58169679	5.31	0.0003
Error	22	2.41221667	0.10964621		
Corrected Total	35	9.97427500			
	R-Square	CV	Root MSE	PROT Mean	
	0.758156	7.147948	0.33112869	4.63250000	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F value	Pr > F
R	2	0.63465000	0.31732500	2.89	0.766
Y	1	0.00033611	0.00033611	0.00	0.9563
A	2	1.00415000	0.50207500	4.58	0.0217
Z	1	3.25802500	3.25802500	29.71	0.0001
A*Y	2	0.82203889	0.41101944	3.75	0.0397
Y*Z	1	0.70840278	0.70840278	6.46	0.0186
A*Z	2	0.98361667	0.49180833	4.49	0.0232
A*Y*Z	2	0.15083889	0.07541944	0.69	0.5131

Dependent Variable TEXTURA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	13	31138.34938769	2395.25764521	1.00	0.4862
Error	22	52912.13099728	2401.09686351		
Corrected Total	35	84050.4803497			
	R-Square	CV	Root MSE	TX Mean	
	0.370472	17.48193	49.04178691	280.52852778	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F value	Pr > F
R	2	2367.52032539	11.83.7616269	0.49	0.6179
Y	1	10609.99569003	10609.99569003	4.41	0.0474
A	2	807.38959739	403.69479869	0.17	0.8455
Z	1	847.42121025	847.4212025	0.35	0.5588
A*Y	2	3241.089778672	1620.54489336	0.67	0.5200
Y*Z	1	372.74094225	372.74094225	0.15	0.6976
A*Z	2	8031.76801617	4015.88400808	1.67	0.2113
A*Y*Z	2	4850.42381950	2430.21190975	1.01	0.3803

ANEXO VI. PRUEBA DE TUKEY

Existen varios métodos para realizar comparaciones pareadas que apoyen la credibilidad de la tasa de error tipo I, uno de ellos es el procedimiento de Tukey, permite la formación de intervalos de confianza de $(100)(1-\alpha)\%$ simultáneos para todas las comparaciones pareadas. El método se basa en la distribución del rango studentizado. El punto percentil apropiado es una función de α , κ y $\nu =$ grados de libertad para s^2 .

El método de comparaciones pareadas de Tukey implica encontrar una diferencia significativa entre las medias i y j ($i \neq j$) si $(y_i - y_j)$ excede $q[\alpha, \kappa, \nu] s\sqrt{1/n}$.

El procedimiento de Tukey se ilustra con facilidad. Considere un ejemplo hipotético en el que tenemos seis tratamientos en un diseño de un factor completamente aleatorizado con 5 observaciones por tratamiento. Suponga que el cuadrado medio del error es, $s^2 = 2.45$ (24 grados de libertad). Las medias muestrales son, en orden ascendente,

y_2	y_5	y_1	y_3	y_6	y_4
14.50	16.75	19.84	21.12	22.90	23.20

Con $\alpha = 0.05$, el valor de $q(0.05, 6, 24) = 4.37$. Por ello todas las diferencias absolutas se comparan con

$$4.37\sqrt{2.45/5} = 3.059.$$

Como resultado, las siguientes representan las medias que son significativamente diferentes con el procedimiento de Tukey.

4 y 1,	4 y 5,	4 y 2,	6 y 1,	6 y 5,
6 y 2,	3 y 5,	3 y 2,	1 y 5,	1 y 2.

(Walpole, 1999).

ANEXO VII. GRAFICO DETERMINACIÓN DE TEXTURA

