

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIA TECNOLOGIA E
INGENIERIA DE ALIMENTOS**



**“EXUDADO DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN LA
OBTENCIÓN DE JALEA”**

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

DELICIA ANGELICA PINEDO RIOS

Tingo María – Perú

2002



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

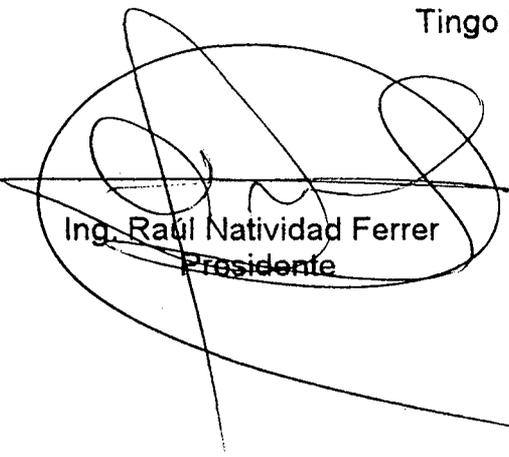
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 06 de marzo del 2002, a horas 5:24 pm., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: **Delicia Angélica PINEDO RIOS**.

“Exudado de Cacao (*Theobroma cacao*) en la Obtención de Jalea”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran aprobada con el calificativo de **Bueno**, en consecuencia la Bachiller: **Delicia Angélica PINEDO RIOS**, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art.22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 43° y 45° del Estatuto y los artículos 95° y 96° del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, Marzo 07 del 2002


Ing. Raúl Natividad Ferrer
Presidente




Ing. Luis Condezo Hoyos
Vocal


Ing. Pedro Peláez Sánchez
Asesor

DEDICADO:

A mi querida Madre:

DOLORES

Mi más profundo agradecimiento y eterna gratitud por ser mi mejor ejemplo de trabajo y abnegación; así como el más valioso apoyo para hacer realidad mi preciado anhelo.

A mis hermanos:

OSCAR y VICTOR

Con mucho cariño, por el
apoyo moral que me
brindaron para materializar
mis aspiraciones.

A la memoria de mi amigo:

NIKOLAI ZARATE C.

gran compañero de estudios.

(Q.E.P.D.)

MI AGRADECIMIENTO

- A DIOS, por permitirme la vida e iluminar mi camino en cada instante.
- Al Ing. PEDRO PELAEZ SÁNCHEZ, patrocinador del presente trabajo.
- Al Ing. CARLOS VILLARREAL CHAVEZ, por su valiosa orientación profesional para la ejecución del presente trabajo.
- Al personal de los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por disponer todas las facilidades durante la ejecución del presente trabajo.
- A todas las personas que de una u otra manera han contribuido a la realización del presente trabajo.

INDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	2
I. INTRODUCCION	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	4
A. GENERALIDADES SOBRE EL CACAO	4
1. Origen	4
2. Clasificación botánica	4
3. Características botánicas	4
4. Variedades cultivadas en la zona del Alto Huallaga	5
5. Composición química de la pulpa	6
6. Aprovechamiento del exudado y de la pulpa de las semillas de cacao...7	
B. TECNOLOGIA Y OPERACIONES BASICAS EN LA ELABORACION DE JALEAS	10
1. Definición de jalea	10
2. Operaciones en la elaboración de jaleas	10
3. Elaboración de jalea del exudado de cacao	13
4. Naturaleza de la gelificación	13
5. Defectos en la elaboración de jaleas	17
C. CONTROL DE CALIDAD EN JALEAS	19
1. Requisitos generales para jalea	19

D. ENVASES DE PLASTICO PARA ALIMENTOS	20
E. METODOS DE OPTIMIZACIÓN	21
III. MATERIALES Y METODOS	23
A. LUGAR DE EJECUCION	23
B. MATERIA PRIMA E INSUMOS	23
1. Materia prima	23
2. Insumos	23
C. EQUIPOS MATERIALES Y REACTIVOS	24
1. De laboratorio	24
2. De proceso	26
D. METODOS DE ANALISIS.....	27
1. Caracterización del fruto y exudado de cacao.....	27
a. Caracterización del fruto	27
b. Caracterización del exudado	28
2. Caracterización de la jalea	29
a. Análisis sensorial	29
b. Análisis físico-químico.....	29
3. Almacenamiento de la jalea.....	29
a. Análisis físico-químico	29
b. Análisis microbiológico.....	30
c. Análisis organoléptica de preferencia.....	30
E. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	31
1. Caracterización del fruto de cacao	31

2. Obtención de la jalea.....	31
3. Caracterización y evaluación de la jalea durante el periodo de almacenamiento.....	37
F. DISEÑO EXPERIMENTAL	37
1. Del estandarizado	37
2. Del almacenamiento.....	39
G. ANALISIS ESTADISTICO.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	41
A. CARACTERIZACION DEL FRUTO Y EXUDADO DE CACAO	41
1. Caracterización del fruto.....	41
a. Madurez	41
b. Macrocomponentes	41
2. Caracterización del exudado.....	42
a. Análisis químico proximal	42
b. Análisis físico-químico	43
B. DE LA OBTENCION DE LA JALEA	44
1. Del estandarizado	44
a. En el atributo color	45
b. En el atributo aroma	48
c. En el atributo consistencia	50
d. En el atributo acidez	52
2. Del flujograma de procesamiento final y balance de materia	55
a. Del flujograma de procesamiento.....	55

b. Del balance de materia	57
C. CARACTERIZACION Y ALMACENAMIENTO DE LA JALEA.....	59
1. Análisis físico-químico	59
a. Del pH	59
b. De los sólidos solubles	60
c. De la acidez titulable	60
d. De los azúcares reductores	61
2. Análisis microbiológico	62
3. Análisis organoléptica de preferencia	63
V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES	66
VII. BIBLIOGRAFIA	67
VIII. ANEXOS.....	71

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la Universidad Nacional Agraria de la Selva de la ciudad de Tingo María, durante los meses de Marzo a Setiembre del año 2000. Utilizándose el exudado del fruto de cacao (*Theobroma cacao*), que es un subproducto del beneficio de éste.

El objetivo fue elaborar jalea a partir del exudado de cacao, para ello se evaluó la estandarización de la mezcla, teniendo en cuenta las proporciones de exudado de cacao : azúcar (2 : 0,8 y 2 : 1,2) y pH (3,2, 3,6); comparando éstos a un testigo de proporción exudado de cacao : azúcar (2:1) y pH (3,4) preestablecidos. La evaluación se hizo sensorialmente considerando los atributos color, aroma, consistencia y acidez, cuyos resultados fueron analizados estadísticamente mediante el Método Superficie de Respuesta (MSR) y con el Diseño Compuesto Central, que es un factorial 2^2 , aumentado en cinco puntos centrales. Donde se determinó que la estandarización óptima fue de una proporción de 2 exudado y 1,050 de azúcar; y un pH de 3,71.

La jalea con los parámetros adecuados fue almacenada por un periodo de 90 días, evaluándose el pH, contenido de sólidos solubles, acidez titulable y azúcares reductores; cuyos resultados fueron sometidos al Diseño Completo al Azar (DCA) y la significancia fue realizado con la prueba de Tukey nivel de significancia 5 por ciento. Encontrándose que no existe variación significativa en los 90 días de almacenamiento, en el pH y en el contenido de sólidos solubles, hubo variación estadística en la acidez titulable y azúcares reductores. Al evaluar el contenido microbiano durante los 90 días, se encontró que no hubo variación en el almacenaje durante éste periodo.

SUMMARY

The present research was development in the university "Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Peru" during the months of March to September of the year 2000. Using as raw material prevails the one perspired of the fruit of the cacao (*Theobroma cacao*), that it is a by-product of the benefit of this.

The objective was to elaborate jelly starting from the one perspired of the cacao, for it is evaluated it the standardization of the mixture, having in account the proportions of having perspired of cacao: sugar (2:0.8 and 2:1,2) and pH (3,2, 3,6); comparing these to a perspired proportion witness of cacao; sugar (2:1) y pH (3,4) preestablish. The evaluation one carries out considering the attributes color, aroma, consistence and acidity whose results were analyzed statistically by means of the Method Surfaces of Answers (MSA) and with the Central Compound Design, with factorial 2^2 , increasing in five central points. Where it was determines that the good standardization was of a perspired proportion of 2 of cocoa and 1,050 of sugar and a pH of 3,71.

The jelly with the appropriate parameters was stored by a period of 90 days, evaluate the pH, content of soluble solids, title acidity and sugar reducers; whose results were analyzed statistically with the Random Design Complete (RDC) and the signify was carried out with the test of Tukey level of signify 5 percent. Being that significant variation does not exist in the 90 days of storage in the pH and in the content of having been soluble solids, while if it was statistical variation in the title acidity and reducing sugar. When evaluating the microbial content during the 90 days, it was found that there was not variation during this period.

I. INTRODUCCIÓN

En la zona de Tingo María, se han instalado alrededor de 2 500 Ha de plantaciones de cacao, actualmente existen convenios establecidos con los comités de agricultores productores de cacao para seguir estableciendo plantaciones conforme lo estipula el plan nacional de cacao, que forma parte del desarrollo alternativo en la región del Alto Huallaga.

El aprovechamiento de los subproductos de la poscosecha del cacao se presenta como una alternativa de diversificar las actividades cacaoteras, dada a la gran gama de posibilidades de uso de la materia prima, actualmente se descarta su utilización en forma adecuada y eficiente.

Durante el proceso de beneficio de los granos de cacao, específicamente en la etapa del despulpado y escurrido, por cada 100 Kg. del peso total de la masa, se pierde alrededor de 10 a 12 litros de mucílago, por desconocimiento de una tecnología apropiada para su aprovechamiento y procesamiento industrial.

El exudado de cacao posee características fisicoquímicas y organolépticas adecuadas para la elaboración de jalea, mermelada, vino y vinagre. El presente trabajo se desarrolló en el período de Marzo a Setiembre del año 2000, teniendo como objetivos:

- Optimizar los parámetros tecnológicos en el estandarizado de la mezcla para la producción de jalea a partir del exudado de cacao.
- Evaluar las características físico-químicas y microbiológicas de la jalea durante el período de almacenamiento.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

A. GENERALIDADES SOBRE EL CACAO

1. Origen

El cacao (*Theobroma cacao*), es nativo del nuevo mundo, esta especie se extiende por el Norte desde el Sur de México y por el Sur hasta Brasil y Bolivia. Se considera que su centro de origen está en la cuenca del Alto Amazonas (Wood, 1986).

2. Clasificación botánica

Nosti (1973), botánicamente clasifica el cacao de la siguiente manera:

Reino	:	Vegetal
División	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotiledoneae
Orden	:	Columniferas
Familia	:	Esterculiácea
Tribu	:	Buttnereaceae
Género	:	Theobroma
Especie	:	Theobroma cacao sp.

3. Características botánicas

El fruto de cacao es una drupa, a la que comúnmente se le llama mazorca, su tamaño y forma varía considerablemente desde elipsoideas a esféricas. Tiene cinco prominencias longitudinales y en la mayoría

presenta 10 surcos regulares y sus colores básicos son: amarillo claro o rojo oscuro.

Algunas mazorcas tienen hasta 32 cm de largo, mientras que otras solo llegan hasta 10 cm de largo. El grano de cacao es una semilla sin albumen recubierta por una pulpa mucilaginosa de color blanco y de sabor acidulado. Las semillas o almendras pueden encontrarse de 10 a 15 por fruto, su forma, tamaño y número es característica varietal, su longitud varía entre 2 a 4 cm (Hernández, 1986).

4. Variedades cultivadas en la zona del Alto Huallaga

La distribución de los diferentes tipos de cacao constituyen un problema al no existir desde el punto de vista botánico ninguna variedad descrita como tal, debido a que la planta es considerada halógena (se cruzan entre si por los insectos), dando una infinidad de tipos existentes (Hernández, 1986).

a. Cacao tipo criollo

Son los que tienen semillas grandes, en la superficie de la mazorca tiene 10 surcos de las cuales 5 son más profundas que las otras 5 que alternan con ellas.

b. Cacao tipo forastero

La cáscara es gruesa y leñosa, difícil de cortar, cuando verdes pueden tomar cualquier color, variando de amarillas a oscuras, inclusive internamente, con menos de 3 cm de longitud.

c. Cacao tipo trinitario o híbrido

Los híbridos, producidos por cruzamiento, reciben el nombre de trinitarios, aunque las mazorcas o frutos son de diferentes tamaños y color, los mejores híbridos, producen frutos alargados y casi siempre presentan un ligero estrangulamiento próximo a la base.

5. Composición química de la pulpa

La pulpa de cacao es carnosa y contiene granos que se encuentran cubiertos por un mucílago dulce ácido. En el Cuadro 1, muestra la composición química de la pulpa de cacao.

Cuadro 1. Composición química de la pulpa de cacao.

Componente	Porcentaje
Humedad	35,38
Sólidos totales	16,43
Azúcares totales	11,24
Azúcares reductores	
Fructuosa	4,94
Glucosa	4,72
Ácido (en ácido cítrico)	0,90
Nitrógeno total	0,12
Aminoácidos	0,0027
Pectina	2,50
Vitamina C (mg / 100)	10,00
Sólidos solubles	15,00
pH	3,7

Fuente: CEPLAC (1984).

6. Aprovechamiento del exudado y de la pulpa de las semillas de cacao

El material mucilaginoso que se derrama del grano de cacao fresco, en forma de líquido, se le conoce como exudaciones. Si se dispone de una cantidad suficiente puede emplearse como materia prima, ya sea para la fabricación de bebidas fermentadas, jaleas, gelatinas, etc. (USAID, 1985).

En Brasil, del "sudor" de la fermentación se hace en pequeñas escala jalea de cacao y en México a veces se le deja fermentar para obtener vino de cacao. Para la obtención de este exudado, se han ideado ciertas tecnologías, como por presión y caja-prensa (Fontes, 1979).

Las semillas de cacao son revestidas por un material mucilaginoso de coloración blanco lechosa, sabor ácido esencial y característico, cuando un fruto se encuentra maduro. La pulpa de las semillas están constituidos por mucílagos y llega a representar hasta 40 por ciento del peso de la semilla fresca, va a depender del tipo de cacao, la estación del año en cada región, las calidades están relacionadas con la mayor o menor intensidad de lluvias durante el desarrollo de los frutos. Es un subproducto de composición química rica en azúcares, pectina, ácidos y otros componentes. Por su elevado contenido de materiales insolubles en suspensión es que le confiere una alta viscosidad y aspecto pastoso. En el proceso tradicional de beneficio del cacao, la pulpa no ha tenido otra utilidad a no ser durante la fermentación del producto. Todavía una porción de la misma es pérdida por oscurecimiento de su parte líquida o

exudado de cacao, la operación de quiebra de los frutos cuando las semillas son juntadas amontonadas en el campo, al no transportar el producto para un local de fermentación. El exudado es un líquido transparente, rico en azúcares fermentables y normalmente no ha sido aprovechado económicamente.

Los usos de mayor viabilidad para la pulpa y el exudado desde el punto de vista técnico y práctico hasta el presente, está en la fabricación de jaleas, dulces, licores fermentados, destilados, jugo y néctar de cacao a nivel casero y de hacienda, en pequeñas escala, mediana y la industria grande. El Cuadro 2, muestra los rendimientos de las operaciones de procesamiento de los subproductos de cacao, en términos de una productividad media de 750 Kg de cacao seco por hectárea, aprovechándose 85 por ciento de la cosecha anual.

Cuadro 2. Rendimientos de los subproductos de cacao por hectárea.

Subproductos	Rendimientos por hectárea
Cacao seco	750 Kg
Semilla fresca	1.875 Kg
Miel de cacao	200 L
Jalea	150 Kg
Vinagre	180 L
Destilado	25 L
Pulpa	300 a 400 L
Jugo congelado	300 a 400 L
Néctar	600 a 800 L

Fuente: CEPLAC (1990).

En el Cuadro 3, se puede observar los azúcares del exudado de cacao.

Cuadro 3. Azúcares del exudado del cacao.

Azúcares	Valores medios
	(porcentaje en relación a materia húmeda)
Pentitol	0,01
Fructuosa	2,91
Sorbosa	0,08
Glucosa alfa	1,16
Glucosa beta	1,51
Inositol	0,05
Sacarosa	8,50

Fuente: CEPLAC (1984).

En el Cuadro 4, se muestra la composición química del exudado de cacao, variedad híbrido.

Cuadro 4. Composición química del exudado de cacao.

Componente	Variedad híbrido
	(porcentaje)
Humedad	82,60
Carbohidratos	16,14
Proteína	0,42
Grasa	0,13
Fibra	0,29
Ceniza	0,42
Calcio	40,11 mg/ 100
Fósforo	16,59 mg/ 100
Magnesio	148,80 mg/ 100
Potasio	76,70 mg/ 100
Fierro	24,63 mg/ 100
Contenido de pectina (como pectato de calcio)	1,28
Acidez titulable	0,80
pH	3,60
Sólidos solubles	16,00

Fuente: Vela (1997).

B. TECNOLOGÍA Y OPERACIONES BÁSICAS EN LA ELABORACIÓN DE JALEAS

1. Definición de jalea

La jalea de fruta es el producto de consistencia gelificada, que se obtiene por la concentración del jugo de fruta adicionando edulcorante, con o sin adición de agua. Una jalea perfecta debe ser clara, transparente, agradable de color y aspecto atractivo (INDECOPI, 1976).

2. Operaciones en la elaboración de jaleas

Para la elaboración de jaleas, se considera las siguientes operaciones:

a. Cosecha

La cosecha de los frutos es un factor que debe tenerse presente para disponer de materia prima de buena calidad. La vida posterior a la cosecha de la fruta esta influenciada entre otros factores por el estado de madurez, siendo de gran importancia para los fines que se desea: consumo fresco, almacenaje o procesamiento (Villachica, 1996).

b. Selección

El fruto a seleccionarse debe ser maduro y sano, deben separarse los frutos deteriorados, en proceso de fermentación y con desarrollo de mohos, los frutos golpeados o en proceso de oxidación (Villachica, 1996).

c. Lavado

El objetivo del lavado es eliminar las sustancias extrañas adheridas a la fruta. El lavado puede realizarse de tres formas; inmersión, agitación y por aspersion (Cheftel y Cheftel, 1980).

d. Cortado

Operación que consiste en el desprendimiento de la cáscara de la mazorca por medio de cortes transversales para luego realizar la extracción de las semillas (Nosti, 1973).

e. Extracción de semillas

Esta operación se realiza inmediatamente después del cortado, consiste en desprender las semillas que se encuentran adheridas a la cáscara de la mazorca. Se realiza en forma manual con la ayuda de cucharas y/o espátula (Cheftel y Cheftel, 1980).

f. Extracción del exudado

Consiste en separar el exudado de la semilla, se realiza en cajones tipo prensa (Sandoval, 1988).

g. Filtrado del exudado

Se realiza para eliminar impurezas del exudado extraído (Cheftel y Cheftel, 1980).

h. Formulación y concentración de la mezcla

En la formulación para las jaleas la proporción normal es aquella que se mezclan 50 por ciento de jugo de fruta y 50 por ciento de azúcar, pectina 0,05 por ciento del peso total y sorbato de potasio 0,05 por ciento; ajustando el pH (FAO, 1981).

En la concentración de la mezcla, se debe tener en cuenta el tiempo de cocción (de 20 a 30 minutos), ya que un tiempo corto es de gran importancia para conservar el color y sabor natural de la jalea. El exceso de cocción en presencia de ácidos, aumenta la inversión de la sacarosa (Sandoval, 1988).

i. Enfriado

Es importante realizar un enfriamiento antes del envasado, debido a que el calentamiento prolongado afecta el aspecto general del producto así como a la resistencia al almacenamiento. Este enfriamiento deberá ser hasta los 85°C (Rauch, 1970).

j. Envasado

Deberá realizarse en caliente (85°C), debido a que se obtiene una mayor fluidez del producto en el llenado y a la vez permite obtener un vacío adecuado por efecto de la contracción una vez enfriado (Saboya, 1988).

k. Enfriado después del envasado

Esta operación consiste en pasar los frascos a través de un baño de agua fría o guardarlos en una habitación fría con corrientes de aire (Rauch, 1970).

l. Almacenamiento

El almacenamiento se realiza por lotes, codificándose en los envases el día de producción y la fecha de vencimiento del producto (Rauch, 1970).

3. Elaboración de jalea del exudado de cacao

Para la fabricación de jalea a nivel industrial, después de la obtención de la materia prima, se recomienda la siguiente formulación (CEPLAC, 1990):

Exudado de cacao	10 L
Azúcar	5 Kg
Agua	1 L
Pectina comercial	64 g
Acido cítrico comercial	80 g
Metabisulfito de potasio	80 g

Con el exudado, el azúcar y el agua, se prepara una solución, la misma que debe filtrarse. El metabisulfito de potasio debe ser adicionado cuando la concentración de la mezcla llega a 60° Brix (próximo al punto final). Este es un antioxidante que permite obtener un producto más claro y preservar sus características físicas, químicas y organolépticas prácticamente inalteradas por un período de almacenamiento de hasta 6 meses a temperatura ambiente. La mezcla se concentra después de los 20 a 30 minutos de cocción, llegando hasta 65 ó 69° Brix, este es detectado por refractometría. El rendimiento de la jalea esta alrededor del 70 por ciento en relación a la cantidad de exudado empleado.

4. Naturaleza de la gelificación

a. Relación pectina – azúcar – ácido – agua

El proceso de elaboración de jaleas está basada en la ley que gobiernan la formación donde la pectina, azúcar, ácido y agua son

los factores responsables de la formación de jaleas, la pectina es el agente gelificante, cuya transformación física une al conjunto.

El azúcar y el ácido son los agentes que originan esta transformación, mientras que el agua es el solvente. Bajo estas condiciones la jalea formada no es compuesto químico estable (Sevilla citado por Sandoval, 1988). Rauch (1970), menciona que el mecanismo de formación del gel es como sigue:

En un medio ácido. La pectina está negativamente cargada y la adición de azúcar afecta el equilibrio existente entre el sistema pectina-agua. En consecuencia se forma una red de fibras por toda la jalea, estructura capaz de sostener a los líquidos. La continuidad de la red y la densidad de sus fibras está rebanada directamente con la concentración alta que hace más compacta las fibras y los nudos de la estructura. La rigidez de las fibras dependen de la cantidad de azúcar y ácido, cuanto más concentrada es la solución de azúcar existe menos agua que sostener, entonces la jalea es más rígida.

Si la acidez es muy baja las fibrillas son demasiado débiles y no soportan el jarabe de azúcar, contrariamente una acidez alta afecta la elasticidad de las fibras y/o bien resulta una jalea dura o destruye la estructura, debido a la hidrólisis o descomposición de la pectina, provocando la sinéresis o "llanto de la jalea".

La formación parcial o totalmente gelificada del gel determina la consistencia de la jalea, necesitándose para ello, la presencia de la pectina, ácido, azúcar y agua, en relaciones definidas de cada uno

con respecto al otro, de acuerdo esencialmente a la cantidad y calidad de la pectina. En base a todo esto se indica que el poder gelificante de la pectina está en función de su grado de polimerización, grado de esterificación y de su contenido de metoxilo (Doesburg citado por Saboya, 1988).

En la Figura 1, se muestra los factores que afectan la resistencia de una jalea.

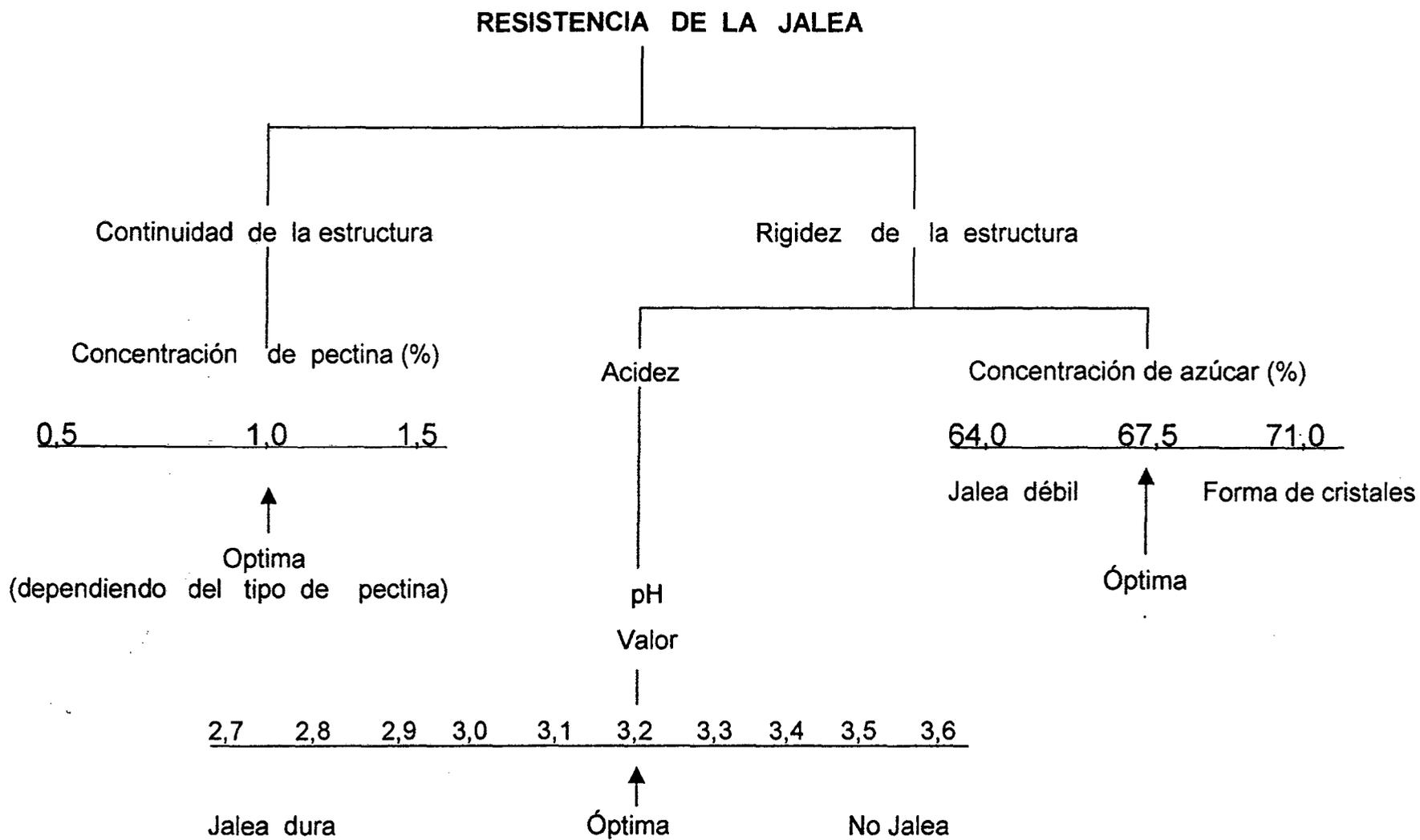


Figura 1. La formación de jalea depende de la combinación pectina, azúcar y ácido.

Fuente: Rauch citado por Desrosier (1999)

5. Defectos en la elaboración de jaleas

Estos defectos se producen debido a que se tiene que laborar con muchos factores variables. Los siguientes son los factores que deben chequearse constantemente: sólidos solubles, valor de pH, porcentaje de inversión de la sacarosa, grado de gelificación, color y sabor. A continuación se indican los principales defectos (Rauch, 1970):

a. Jalea floja, las causas son:

- Cocción prolongada, que origina hidrólisis de la pectina y da lugar a un producto de consistencia como de jarabe.
- Acidez demasiado elevada que rompe el sistema de redes, provocando sinéresis del gel.
- Acidez demasiado baja impide la buena gelificación de la pectina.
- Efecto negativo de una elevada cantidad de sales buffer que retrasan o impiden la completa gelificación.
- Carencia de pectina en la fruta.
- Elevada cantidad de azúcar en relación a la cantidad de pectina.
- Una gelificación antes de envasado, por enfriamiento origina rotura de gel en el posterior envasado.

b. Sinéresis ("llorar o sangrar"), las causas son:

- Acidez demasiado elevado
- Deficiencia de pectina
- Exceso de agua en la fruta (demasiada baja en sólidos).
- Exceso de azúcar invertido.

c. Cristalización, las causas son:

- Elevada cantidad de azúcar.
- Acidez demasiada elevada que ocasionan la alta inversión de la sacarosa, originando una alta concentración de dextrosa que puede cristalizar.
- Acidez demasiada baja que origina que la sacarosa cristalice.
- Exceso de cocción.
- Demora del cierre del envase.

d. Cambio de color, las causas son:

- Cocción prolongada, causa caramelización del azúcar.
- Deficiente enfriamiento después de envasado. Ocurre generalmente en envases grandes donde el centro resulta más oscuro.
- Contaminación con metales: los fosfatos de magnesio y potasio, los oxalatos y otras sales de estos metales, producen enturbiamiento. El estaño puede ocasionar un color lechoso.

e. Crecimiento de mohos y levaduras, las causas son:

- Humedad excesiva en almacenamiento.
- Contaminación anterior al cierre de los envases.
- Bajo contenido de sólidos solubles, debajo del 65 por ciento
- Contaminación debido a la mala esterilización de envases y de las tapas utilizadas.
- Jaleas poco firmes por exceso de agua.

C. CONTROL DE CALIDAD EN JALEAS

1. Requisitos generales para jaleas

El control de calidad de las frutas conservadas por azucarado en el Perú es normado por el CODEX ALIMENTARIUS (1995), donde son evaluadas las características generales, fisicoquímicas, organolépticas, microbiológicas y otros, que deben presentar las jaleas en el momento de su expedición, recepción o venta.

a. Características generales

La jalea debe ser elaborada en condiciones sanitarias, con jugo de frutos maduros, sanos y frescos, convenientemente lavado y libre de restos de insecticida, u otras sustancias nocivas. La jalea deberá ser por lo menos razonablemente claro o transparente y no contener defectos visibles.

b. Características fisicoquímicas

Las características consideradas se muestran en el Cuadro 5.

c. Características organolépticas

Se consideran las siguientes características evaluadas a través de un análisis sensorial: color, olor, sabor y apariencia.

d. Características microbiológicas

Se consideran las siguientes:

- Contenidos de bacterias, expresado en col/g.
- Contenido de mohos, expresado en campos positivo por cada 100 campos.
- Contenidos de levaduras/g.

e. Otras características

- Contenido de insectos enteros.
- Vacío mínimo.

Cuadro 5. Requisitos fisicoquímicos para jaleas de fruta.

	Máximo	Mínimo
Porcentaje de jugo / edulcorante	45 jugo de fruta 55 azúcar	-----
Sólidos solubles por lectura refractométrica a 20° C en porcentaje	-----	65
Acidez iónica (pH)	2,8	3,8
Jarabe de glucosa (porcentaje máximo de los edulcorantes)	25	-----
Benzoato de sodio, ácido benzoico, sorbato de potasio	0,1	-----
Acido ascórbico	Libre	-----
Colorantes	No deberá contener	
Podrán adicionarse vitamina para enriquecimiento	Libre	

Fuente: INDECOPI (1976).

D. ENVASES DE PLASTICO PARA ALIMENTOS

Los materiales principales empleados en la fabricación del plástico son altos polímeros como: polietileno, cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilideno. La permeabilidad del plástico a los gases, tales como el vapor de agua o el oxígeno constituye una de las características más importantes desde el punto de vista de su empleo para embalar alimentos.

Evidentemente, las propiedades exigidas para los embalajes plásticos dependen de la naturaleza del alimento, del procedimiento de conservación

utilizado, de las reacciones de deterioro que se puedan producir y de las condiciones de almacenamiento (HEISS, 1978).

E. METODOS DE OPTIMIZACION

Una respuesta Y es afectada por un número de factores cuantitativos X_1, X_2, \dots, X_k , donde se pone en práctica un programa experimental para descubrir el nivel al cual cada uno de éstos factores debe ser establecido para llevar al máximo la respuesta. Este problema es común en trabajos de investigación y desarrollo en la industria donde el investigador esta buscando los medios de manufacturar un producto nuevo con ciertas características deseables u obtener más económicamente un producto. Los métodos por describir, para determinar la combinación óptima de los niveles de los factores han sido aplicados en su mayor parte para número de factores entre 2 y 6, y no son practicables para mayor número de ellos. Además debe seleccionarse el intervalo dentro del cual va a variar el nivel de cada factor (Cochran y Cox, 1962).

1. El método del factor único

Descompone el programa a seguir en una serie de pequeños experimentos. La situación ideal para éste método ocurre cuando la respuesta Y tiene un máximo único y los factores son independientes en sus efectos. La curva de respuesta cuando varían los niveles de uno de los factores, tiene entonces la misma forma para cualquier conjunto de niveles a los cuales se fijan los otros factores (aunque la posición de la curva

puede depender de los niveles de los otros factores). De aquí que el óptimo puede encontrarse al final de una única etapa, aparte de las perturbaciones debidas a errores experimentales ya que una parábola puede no ser la forma exacta de la curva de respuesta.

2. El método de la máxima pendiente

Es la prueba más completa y es más seguro e informativo. Frecuentemente debe alcanzar el óptimo con menos experimentación total, aunque necesita experimentos más grandes y el método de análisis es más complicado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo se realizó en los laboratorios de: Análisis de Alimentos, Microbiología de Alimentos y Análisis Sensorial de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco a 664 m.s.n.m de altitud, con una Humedad Relativa promedio de 80 por ciento y con una temperatura que varía de los 18° a 30° C (promedio anual de 24° C).

B. MATERIA PRIMA E INSUMOS

1. Materia prima

Para la investigación la materia prima con la que se trabajó fue el exudado de cacao (*Theobroma cacao*), obtenido de frutos maduros, variedad híbrido, procedente del sector de Bella Alta, ubicada a 8 Km de Tingo María.

2. Insumos

Como insumos se utilizaron:

- Agua blanda
- Azúcar blanca refinada, marca costeño
- Jugo de limón rugoso (*Citrus jambhiri*)
- Especias (canela, clavo de olor)

C. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

1. De Laboratorio

a. Equipos

Entre los equipos más utilizados en el presente trabajo se tienen:

- Balanza semi-analítica, marca Startorius, sensibilidad 0,1 g, EE.UU.
- Balanza electrónica, marca OHAUS, modelo AP 210 Serial # 113032314, sensibilidad 0,0001 g, EE.UU.
- Equipo de extractor Soxhlet
- Equipo de destilación simple
- Equipo de digestión para semi-kjeldahl
- Equipo de filtración a vacío
- Bomba a vacío (presión vacuum Pump), model 535, CGA Corporation EE.UU.
- Equipo de baño maría, THELCO-precisión Scientific co Chicago 60647, EE.UU.
- Estufa científica, marca Mermet, tipo LR-202
- Estufa bacteriológica, marca Labline, instruments Inc. Melrose Park 111, con termostato para temperatura regulable de 0 a 300° C, Hungría
- Espectrofotómetro de luz visible, modelo 20D (Milton Roy C Company, New York , EE.UU.)
- Hornilla eléctrica

- Mufla, marca Esztergom, tipo LR-201, temperatura máxima hasta 1200° C, Hungría
- Potenciómetro, marca Shott, modelo CG 840, rango 0 a 14, EE.UU.
- Refractómetro de mesa, marca Carl Zeis, rango de 0 a 80% de sólidos solubles
- Refrigeradora doméstica, marca INRENA, Perú.

b. Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales de laboratorio:

- Balones de digestión de semi-kjeldahl de 100 ml de capacidad
- Balones de vidrio, capacidades de 100, 500 y 1000 ml
- Buretas de 50 ml de capacidad
- Cápsula magnética
- Campana de desecación
- Crisoles de porcelana
- Embudos de vidrio
- Fiolas, capacidades de 50, 100, 250, 500 y 1000 ml
- Frascos ámbar, capacidades de 250, 500 y 1000 ml
- Matraces de Erlenmeyer de 250 ml de capacidad
- Pipetas, micropipetas y goteros
- Pesa sustancias
- Papel filtro Wattman # 42 y papel de filtración rápida
- Pinzas

- Tubos de ensayo de 10 ml
- Termómetro, con rango de temperatura de 0 a 115° C
- Vasos de precipitación, capacidades de 25, 50, 100, 250 y 500 ml

c. Reactivos

Se utilizaron los siguientes reactivos:

- Hexano
- Catalizador de proteína
- Ácido sulfúrico concentrado
- Hidróxido de sodio 0,1N; 1N y al 5 por ciento de concentración
- Ácido bórico al 2 por ciento de concentración
- Azul de metileno
- Ácido clorhídrico al 0,02N de concentración
- Ácido oxálico al 0,4 por ciento de concentración
- Ácido ascórbico anhidro
- 2-6-Diclorofenolindofenol
- 2-4-Dinitrofenol
- Solución alcohólica de fenolftaleína al 1 por ciento
- Reactivo de Ross
- Glucosa anhidra

2. De proceso

a. Equipos

Durante el proceso se utilizaron los siguientes equipos:

- Cocina a gas propano, marca SURGE, Perú
- Cronómetro, marca Casio, Japón

b. Materiales

Durante el proceso se utilizaron los siguientes materiales:

- Cajones de madera, para la extracción del exudado de cacao, sus dimensiones varían, pero la estándar es 0,50 m de largo por 0,40 m de ancho por 0,22 m de altura con perforaciones de 0,5 cm en la base.
- Machetones, podones
- Baldes de plástico de 5 L de capacidad
- Botellas de plástico de 2 L de capacidad
- Tela para filtrado (pañó de algodón)
- Ollas de material inoxidables
- Termómetro de 0 a 100° C
- Cucharón de madera
- Envases de plástico de 250 g de capacidad con tapa rosca.

D. MÉTODOS DE ANÁLISIS

1. Caracterización del fruto y exudado de cacao

a. Caracterización del fruto

1) Madurez

Se determinó en forma visual por el color característico que presenta el fruto, cuando está pintón y maduro la cáscara para cada caso se

torna de verdoso a amarillo mate y anaranjado de tono casi rojizo (Nosti, 1973).

El índice de madurez se determinó por la relación del porcentaje de sólidos solubles sobre la acidez titulable, indicado por Nosti (1973).

2) Macrocomponentes

Se determinó los diferentes pesos correspondientes a cada componente del fruto (cáscara, semilla, exudado), expresado en porcentaje (Nosti, 1973).

b. Caracterización del exudado

1) Análisis químico proximal

- Humedad, método 12.002 (AOAC, 1997)
- Ceniza, método 940.26 (AOAC, 1997)
- Grasa, método 13.074 (AOAC, 1995)
- Proteína, método semi-kjeldahl 976.05 (AOAC 1995)
- Fibra, método 962.09 (E.b) (AOAC, 1997)
- Carbohidratos totales, por diferencia después de haber realizado los análisis anteriores (Hart y Fisher, 1994)

2) Análisis físico-químico

- Sólidos solubles, método 920.78 (AOAC, 1997)
- Sólidos totales, método 925.10 (AOAC, 1997)
- Acidez titulable, método 942.15 (AOAC, 1997)
- pH, método 970.21 (AOAC, 1997)
- Azúcares reductores, método espectrofotométrico (Miller, 1959)

- Contenido de pectina como pectato de calcio (FAO, 1983 y Rangana, 1977)
- Vitamina C, método espectrofotométrico (Pearson, 1976)

2. Caracterización de la jalea

a. Análisis sensorial

Se realizó con la finalidad de determinar los parámetros óptimos del producto final. Se tomó como base las características principales usando los atributos de color, aroma, consistencia y acidez; para lo cual se utilizó una escala hedónica de 5 puntos y con 18 panelistas, los valores experimentales fueron evaluados estadísticamente.

b. Análisis físico – químico

- pH, método 970.21 (AOAC, 1997)
- Sólidos solubles, método refractométrico (muestras oscuras u opacas) 932.14 (C) (AOAC, 1997)
- Acidez titulable, método 942.15A (a) (AOAC, 1997)
- Azúcares reductores, método espectrofotométrico (Miller, 1959)

3. Almacenamiento de la jalea

La jalea obtenida con los parámetros establecidos, se almacenó durante 90 días a temperatura ambiente (24° C) para su respectiva evaluación. Los controles realizados en el producto final fueron:

a. Análisis físico – químico

- pH, método 970,21 (AOAC,1997)

- Sólidos solubles, método refractométrico (muestras oscuras u opacas) 932.14 (C) (AOAC, 1997)
- Acidez titulable, método 942,15 A (a) (AOAC, 1997)
- Azúcares reductores, método espectrofotométrico (Miller, 1959).

b. Análisis microbiológico

Se realizó al término del proceso, a los 30 y 90 días de almacenamiento siguiendo los métodos de análisis (ICMSF, 1983). Se realizaron los índices de numeración de microorganismos aerobios mesófilos viables (NMAVN) y numeración de mohos y levaduras, análisis requeridos por las normas del INDECOPI.

c. Análisis organoléptica de preferencia

Se realizó a los 90 días de almacenamiento, esta prueba se efectuó utilizando jalea comercial de naranja marca "Florida" que se compararon con la jalea del exudado de cacao en estudio. El objetivo fue determinar la preferencia del público consumidor hacia la jalea del exudado de cacao, para ello se utilizaron las siguientes pruebas: de preferencia (Witting de Penna, 1989) y de medición del grado de satisfacción (Pedrero y Pangborn, 1992) ambas pruebas citados por Vega (2000).

E. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó teniendo en cuenta las siguientes etapas de estudio:

1. Caracterización del fruto de cacao
2. Obtención de la jalea
3. Caracterización y evaluación de la jalea durante el periodo de almacenamiento.

1. Caracterización del fruto de cacao

La caracterización del fruto de cacao se realizó teniendo en cuenta el momento de cosecha (madurez) y la evaluación de los macrocomponentes del fruto.

2. Obtención de la jalea

a. Obtención y caracterización del exudado

1) Obtención

Para realizar este proceso, se utilizó el fruto de cacao. Para ello se procedió de acuerdo con el flujograma de operaciones, que se muestra en la Figura 2, las operaciones se detallan a continuación (CEPLAC, 1990):

- **Cosecha.** Se realizó cortando el pedúnculo del fruto para separarlo de la planta en estado maduro, empleando podón o pico loro, considerando además una madurez adecuada del fruto.
- **Selección y clasificación.** Se realizó en forma manual con el fin de tener frutos maduros y sanos. Se desechan aquellos frutos que pueden estar muy verdes o sobre maduros y evitando los frutos

infestados, para determinar la madurez se consideró el color amarillento característico.

- **Lavado.** Se realizó mediante inmersión y frotamiento de la fruta con agua, con el objeto de eliminar toda materia extraña que se encuentra adherida a la fruta.
- **Quiebra.** Consistió en partir las mazorcas con un machetón de 30 cm sin filo ni punta, tratando de no dañar las almendras, el quebrado se realizó el mismo día de la cosecha, lo cual nos permitió obtener mucílago fresco.
- **Despulpado.** Esta operación consistió en desprender las semillas adheridas a la cáscara, se realizó en forma manual con la ayuda de cucharas.
- **Extracción del exudado.** Las almendras fueron depositadas en cajones tipo prensa, con divisiones en la base cada 0,5 cm de luz, con el objeto de descomponer el mucílago que rodea a la almendra, donde por presión y gravedad se extrae el líquido, el cual constituye el exudado de cacao.

Esta operación también se realizó con la ayuda de tela de algodón comprimiéndolo manualmente con la finalidad de obtener mayor contenido del líquido.

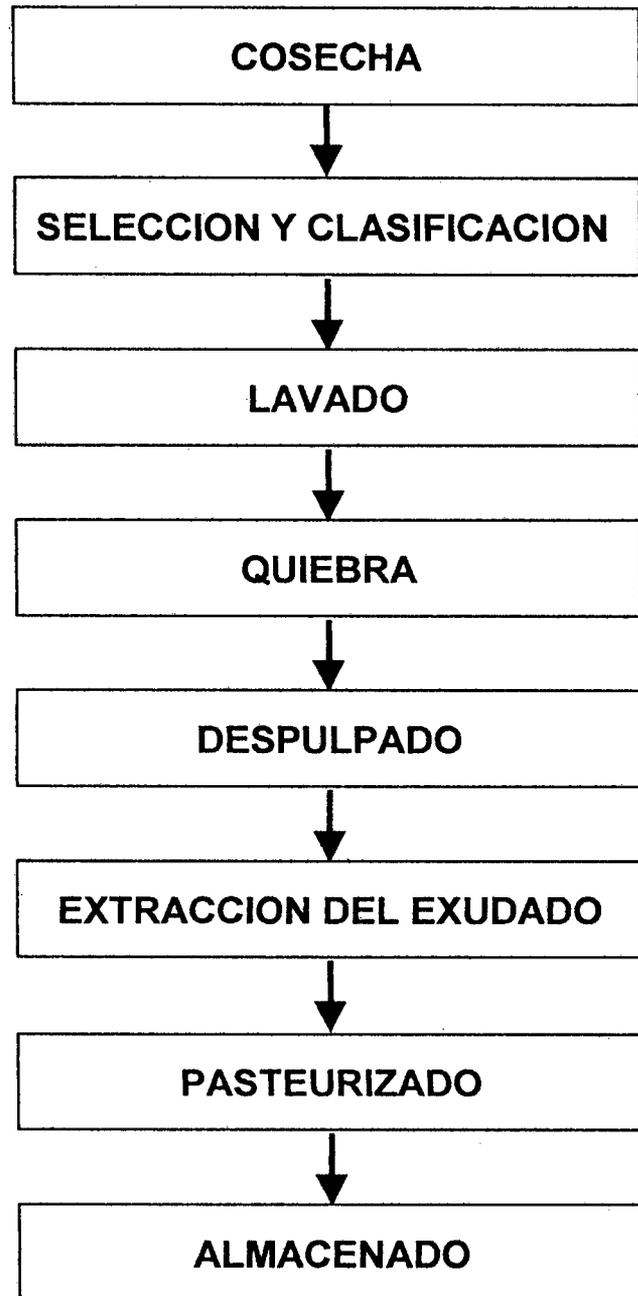


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención del exudado a partir del fruto de cacao (*Theobroma cacao*).

- **Pasteurizado.** Esta operación consistió en el calentamiento del exudado de cacao a la temperatura de 90° C por 15 minutos (Sandoval, 1988).
- **Almacenado.** Después del pasteurizado, el exudado se almacenó en recipientes de plástico a una temperatura de 4° C, para posteriormente ser utilizado en el proceso de obtención de la jalea.

2) Caracterización

En la caracterización del exudado de cacao se realizaron los siguientes análisis: químico proximal (humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos) y físico-químico (pH, sólidos solubles, sólidos totales, acidez titulable, azúcares reductores y pectina).

b. Obtención de la jalea

Para el proceso de obtención de la jalea se planteó el flujo de operaciones que se presenta en la Figura 3.

1) Filtrado

El exudado de cacao acondicionado en la etapa anterior, fue filtrado con la finalidad de eliminar restos de cáscara y ciertas impurezas, para ello se utilizó tela de algodón como filtro.

2) Estandarizado

En esta operación se incorporó los componentes en estudio (azúcar y jugo de limón rugoso) y los insumos (clavo de olor y canela); teniendo en cuenta el pH y la relación exudado de cacao/azúcar.

3) Concentrado

La mezcla estandarizada fue concentrada en una olla de acero inoxidable (método de paila abierta), calentándose hasta una temperatura de 106° C. Se tuvo en cuenta el tiempo (como variable) y el punto final de concentración se determinó midiendo la concentración de sólidos solubles que fue de 65 a 69° Brix, a mediada que se concentra se eliminó con un cucharón la presencia de espuma sobre la superficie.

4) Envasado

Se realizó en forma manual y en caliente (85° C), en envases de plástico de 250 g de capacidad. La espuma formada en la superficie de la jalea fue retirada antes de ser tapado.

5) Almacenado

La jalea obtenida se almacena a temperatura ambiente (24° C) para su respectiva evaluación.

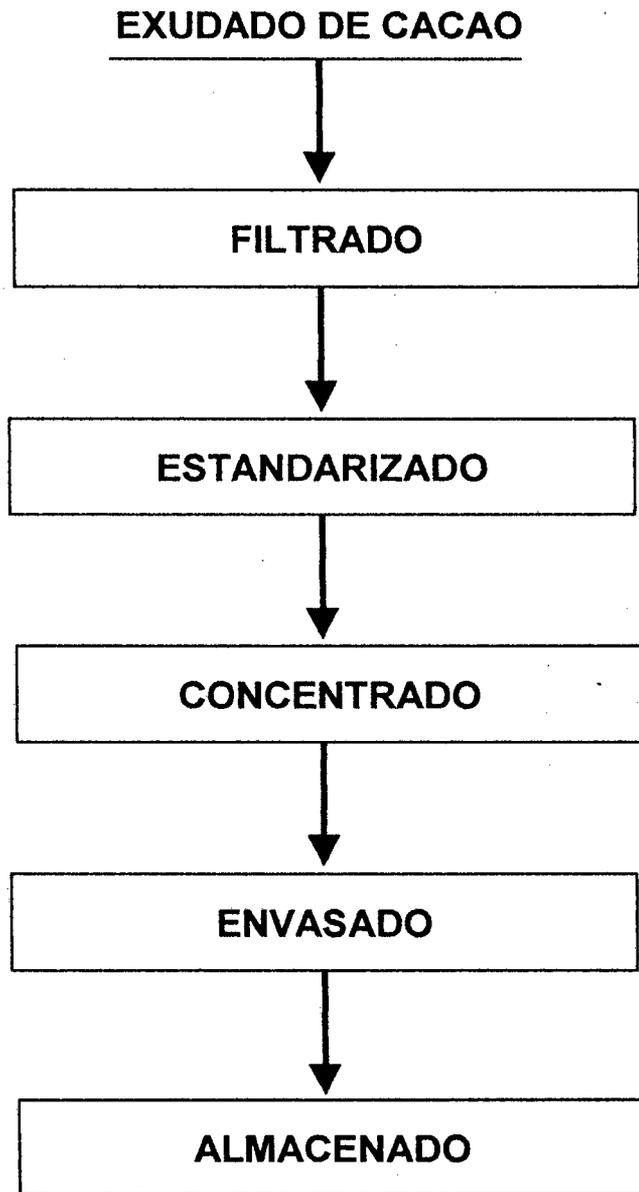


Figura 3. Diagrama de flujo tentativo para la elaboración de la jalea utilizando exudado de cacao.

3. Caracterización y evaluación de la jalea durante el período de almacenamiento

a. Caracterización

La jalea obtenida con los parámetros establecidos, fue caracterizada teniendo en cuenta el pH, concentración de sólidos solubles, acidez titulable y azúcares reductores.

b. Almacenamiento

La jalea obtenida con los parámetros establecidos se almacenó durante 90 días a temperatura ambiente (24°C), los controles realizados fueron: análisis físico – químico (pH, acidez titulable, concentración de sólidos solubles y contenido de azúcares reductores), microbiológico (numeración de microorganismos aerobios mesófilos viables y numeración de mohos y levaduras) y además se realizó el análisis organoléptica de preferencia al término del almacenamiento.

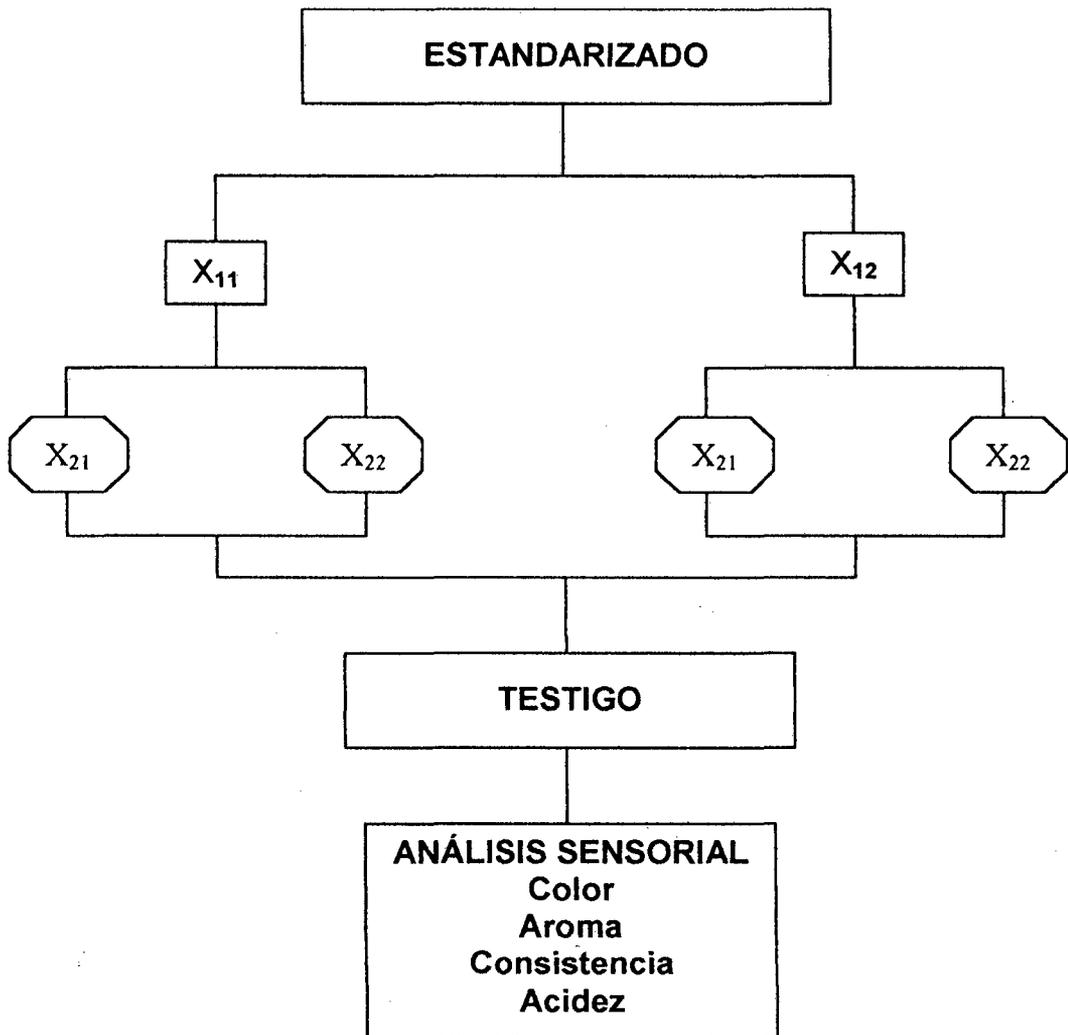
F. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los diseños experimentales se presentan en las Figuras 4 y 5. Los cuales fueron estructurados de tal forma que permitan el estudio de la estandarización adecuada de la mezcla para la elaboración de la jalea y el almacenamiento del mismo.

1. Del estandarizado

Para encontrar la estandarización adecuada de la mezcla en la elaboración de la jalea, se utilizó el diseño experimental de la Figura 4. Tomándose dos

proporciones de exudado de cacao/azúcar (2:0,8 y 2:1,2) y estos a la vez tuvieron como variables dos valores de pH (3,2 y 3,6).



Donde:

X_{11} = 2:0,8 (400 g azúcar) en la relación exudado de cacao/azúcar.

X_{12} = 2:1,2 (600 g azúcar) en la relación exudado de cacao/azúcar.

X_{21} = 3,2; valor de pH en la repetición 1

X_{22} = 3,6; valor de pH en la repetición 2

Nº de tratamientos : 4 con 2 repeticiones

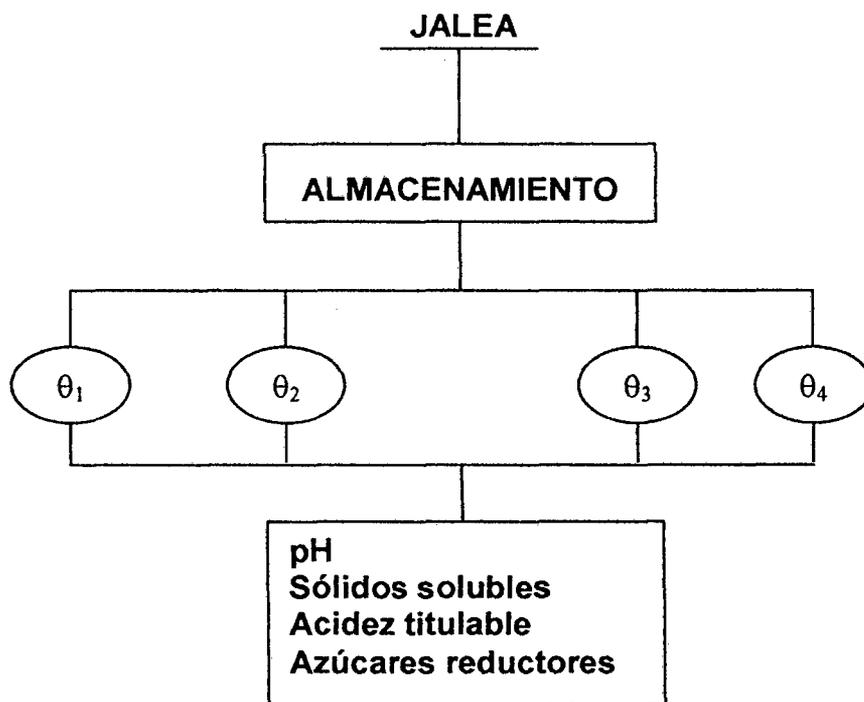
Nº de testigo : 1 con 5 repeticiones

Figura 4. Diseño experimental para determinar el estandarizado adecuado en la elaboración de la jalea.

Además fueron comparados a un testigo o patrón que fue de proporción de 2:1 y 3,4 de pH.

2. Del almacenamiento

Para evaluar el comportamiento de la jalea obtenida durante el almacenamiento se utilizó el diseño experimental de la Figura 5. Observándose que se tomaron cuatro tiempos (0, 30, 60 y 90 días), evaluándose el pH, sólidos solubles, acidez titulable y azúcares reductores.



Donde:

- θ_1 = 0 días
- θ_2 = 30 días
- θ_3 = 60 días
- θ_4 = 90 días

Figura 5. Diseño experimental para la evaluación de la jalea durante el almacenamiento.

G. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico para el diseño experimental de la Figura 4, se adecua al método estadístico superficie de respuesta (MSR) y a un diseño compuesto central que un diseño factorial 2^2 aumentado en 5 puntos centrales, con dos repeticiones (Montgomery, 1991), utilizando como apoyo el programa Microsoft Excel, Econometric Views (Eviews).

El análisis estadístico para el diseño experimental de la Figura 5, se realizó con el diseño completamente al azar (DCA); utilizando como apoyo las variaciones de los análisis de pH, sólidos solubles, acidez titulable y azúcares reductores; considerando tres repeticiones. La significancia estadística se evaluó con la prueba de Tukey al 5 por ciento de probabilidad (Steel y Torrie, 1995).

Los datos del análisis organoléptica de preferencia, fueron analizados mediante la distribución del chi cuadrado, al comparar dos muestras a un nivel de significancia del 1 y 5 por ciento de probabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. CARACTERIZACION DEL FRUTO Y EXUDADO DE CACAO

1. Caracterización del fruto

a. Madurez

La coloración de la cáscara (mazorca) fue de verdoso a amarillo, cuyo índice de madurez fue 21,79.

b. Macrocomponentes

El Cuadro 6, muestra los macrocomponentes del fruto de cacao (cáscara, semilla y exudado). El peso promedio de los frutos fue de $553,50 \pm 42.90$ g.

Cuadro 6. Macrocomponentes del fruto de cacao de variedad híbrido.

Macrocomponente	Peso (g)	Porcentaje ¹
Cáscara	412,36	$74,50 \pm 1,05$
Semilla	121,60	$21,97 \pm 0,87$
Exudado	19,54	$3,53 \pm 0,35$

¹ Estos valores representan el promedio \pm la desviación estándar de la evaluación de 10 frutos.

El componente del exudado se reporta $3,53 \pm 0,35$ por ciento, siendo próximo a lo indicado por Vela (1997) que es de 3,50 por ciento.

2. Caracterización del exudado

a. Análisis químico proximal

El Cuadro 7, presenta la composición del exudado de cacao.

Cuadro 7. Resultados del análisis químico proximal del exudado de cacao, variedad híbrido.

Análisis	Contenido (por ciento)¹
Humedad	80,87 ± 0,797
Proteína (N x 6,25)	0,37 ± 0,015
Grasa	0,68 ± 0,035
Fibra	0,23 ± 0,0070
Ceniza	0,56 ± 0,064
Carbohidratos	17,29 ± 0,028

¹ Estos porcentajes representan el promedio ± la desviación estándar, de tres repeticiones.

En cuanto a la humedad, Sandoval (1988) y Vela (1997), reportan 82,00 y 82,60 por ciento respectivamente; siendo estos valores diferentes a los encontrados en el presente estudio, ya que el contenido de humedad puede variar debido a los factores que intervienen en el desarrollo de los vegetales, tales como condiciones climáticas, época de cosecha, variedad, naturaleza del suelo, ubicación de cultivos, etc. (Montes, 1981).

En cuanto al contenido de carbohidratos Sandoval (1988) y Vela (1997) reportaron valores de 16,42 y 16,14 por ciento

respectivamente, siendo éstos valores próximos a lo encontrado en el presente estudio.

b. Análisis físico-químico

En los resultados del Cuadro 8, se aprecia que el exudado de cacao presentó valores de pH, sólidos solubles, acidez titulable, contenido de azúcares reductores y de pectina adecuados para la elaboración de jalea. En cuanto al contenido de pectina éste se encuentra próximo a los reportados por Sandoval (1988) y Vela (1997) que fueron de 1,07 y 1,28 por ciento respectivamente.

Cuadro 8. Resultados del análisis físico-químico del exudado de cacao.

Análisis	Contenido¹
Sólidos totales (por ciento)	23,13 ± 0,02
Sólidos solubles (°Brix)	17,00 ± 0,21
Acidez titulable (g ác. cítrico por 100 g muestra)	0,78 ± 0,01
pH (26,5° C)	3,80 ± 0,01
Pectina (por ciento de pectato de calcio)	1,29 ± 0,15
Azúcares reductores (mg por 100 g muestra)	170,40 ± 0,038
Vitamina C (mg por 100 g muestra)	9,25 ± 0,013

¹ Estos valores representan el promedio ± la desviación estándar, de tres repeticiones.

Se sabe que el 1 por ciento de pectina es suficiente para elaborar una jalea consistente (Rauch, 1970; Cheftel y Cheftel 1980).

B. DE LA OBTENCION DE LA JALEA

La jalea del exudado de cacao fue elaborado tal como se indica en la Figura 3.

1. Del estandarizado

Esta prueba se evaluó mediante el análisis sensorial (considerando los atributos: color, aroma, consistencia y acidez).

Los resultados de la evaluación sensorial se presentan en el Anexo 2, tomando en cuenta la ficha de evaluación sensorial del Anexo 1, para los atributos color, aroma, consistencia y acidez; el calificativo del puntaje 3, representa la mejor característica de la jalea en cuanto a los atributos mencionados, siendo la respuesta máxima que detectó el panel para obtener el rendimiento máximo en función de la proporción exudado de cacao/azúcar y pH. Los resultados del Anexo 2, fueron analizados estadísticamente mediante el método superficie de respuesta (MSR) y con el diseño compuesto central que es un diseño factorial 2^2 aumentado en 5 puntos centrales, con 2 repeticiones.

En los Anexos 3, 4, 5 y 6 se observa el análisis de varianza, donde el efecto cuadrático es significativo para el modelo de primer orden, donde las pruebas para el término cuadrático puro y la interacción es altamente significativa para los atributos color, aroma, consistencia y

acidez. Entonces, se hizo un análisis adicional para ajustar un modelo de segundo orden, debido que el modelo de primer orden, no se ajustó a la proximidad del punto óptimo.

En el modelo de segundo, del análisis de varianza para los atributos en estudio, también se muestran en los Anexos 3, 4, 5 y 6, donde se observa el coeficiente de determinación $R^2 = 90,08$ por ciento para color, 74,04 por ciento para aroma, 79,63 por ciento para consistencia y 81,76 por ciento para acidez, donde la variación aplicada para cada uno de los modelos mostró un buen ajuste para los datos experimentales, por lo que el modelo de segundo orden se aproxima adecuadamente a la superficie real.

a. En el atributo color

El modelo de segundo orden se ajustó mediante mínimos cuadrados usando los datos codificados (Anexo 3), cuyo resultado es:

$$Y = 3,605996 + 0,092777X_1 + 0,073809X_2 + 0,0525X_1X_2 - 0,057383X_1^2 - 0,027374X_2^2$$

Al aplicar la primera derivada de la función Y (respuesta máxima que detectó el panel) con respecto a X_1 (proporción exudado de cacao/azúcar) y X_2 (pH) e igualando a cero, se obtienen los puntos estacionarios que fueron:

$$X_1^* = 2,5387 \cong 2,54 \quad \text{y} \quad X_2^* = 3,7826 \cong 3,78$$

Al aplicar la segunda derivada de la función Y se obtuvieron valores de -0,114760 para X_1 y -0,054748 para X_2 siendo éstos

* Es la región del punto óptimo

valores menores que cero, por lo tanto son puntos en los cuales la función se encuentra en un máximo.

Por tanto, con los puntos estacionarios $X_1^* \cong 2,54$ y $X_2^* \cong 3,78$ y con las variables naturales se obtienen los puntos óptimos que fueron: $X_1 = 754$ g de azúcar y $X_2 = 4,16$ de pH, siendo la respuesta predicha en el punto estacionario $Y = 3,87$

La Figura 6, es la superficie de respuesta tridimensional generada a partir del modelo ajustado y la gráfica de contornos bidimensional correspondiente se muestra en la Figura 7.

Observando ambas figuras el punto óptimo está cerca a 760 g de azúcar y 4,15 de pH (comparando con el punto estacionario determinado matemáticamente) y la respuesta es máxima en ese punto. En la gráfica de contornos de la Figura 7 se puede observar que el proceso puede ser ligeramente más sensible a los cambios en la proporción de exudado de cacao/azúcar que a los cambios de pH.

* Es la región del punto óptimo

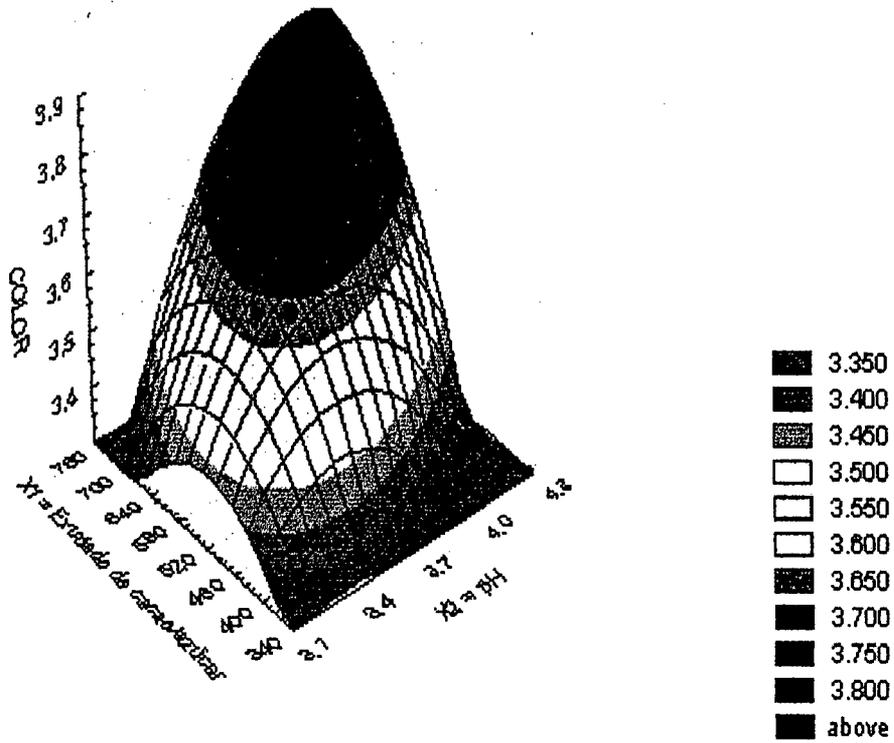


Figura 6. Superficie de respuesta (atributo color) para la respuesta máxima en función de la proporción exudado de cacao/azúcar (X_1) y pH (X_2).

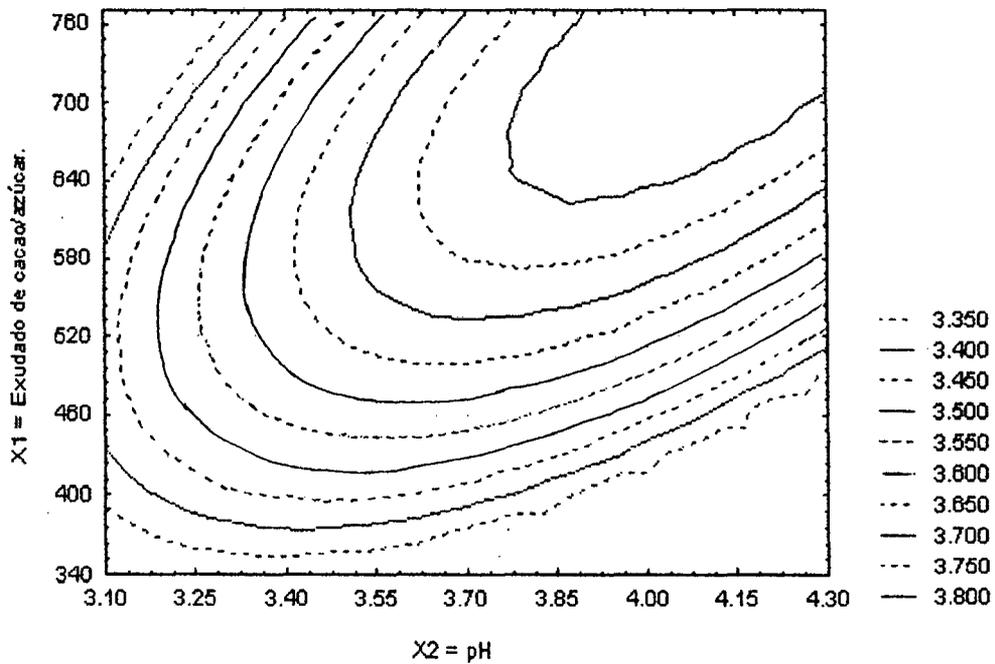


Figura 7. Gráfica de contornos (atributo color) en función de la proporción de exudado de cacao/azúcar (X_1) y pH (X_2).

b. En el atributo aroma

Mediante mínimos cuadrados se ajustó el modelo de segundo orden utilizando los datos codificados (Anexo 4), cuyo resultado fue el siguiente:

$$Y=2,90001+0,042681X_1+0,073721X_2-0,025X_1X_2-0,026263X_1^2-0,021261X_2^2$$

Al aplicar la primera derivada de la función Y, se obtuvieron los puntos estacionarios cuyos resultados son:

$$X_1^* = -0,0174 \cong -0,02 \text{ y } X_2^* = 1,744 \cong 1,74$$

Con la segunda derivada de la función Y se obtuvieron los valores de -0,052526 en X_1 y -0,042522 en X_2 cuyos valores son menores que cero por lo tanto son puntos en la cual la función se muestra como curva máxima.

En los puntos estacionarios $X_1^* \cong -0,02$ y $X_2^* \cong 1,74$ se obtuvieron los puntos óptimos que fueron: $X_1 = 498$ g de azúcar y $X_2 = 3,75$ de pH

Siendo la respuesta máxima en el punto estacionario $Y=2,95$

La Figura 8, es la superficie de respuesta tridimensional y la gráfica de contornos bidimensional se muestra en la Figura 9; al observar ambas figuras el punto óptimo está cercano a 500 g de azúcar y 3,70 de pH (comparando con el punto estacionario determinado matemáticamente) donde la respuesta es máxima en ese punto.

* Es la región del punto óptimo

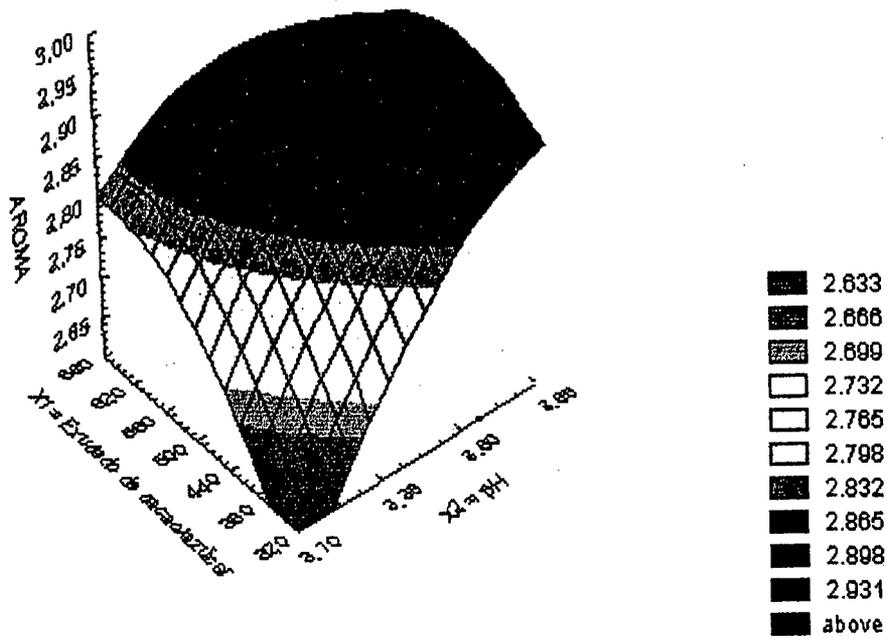


Figura 8. Superficie de respuesta (atributo aroma) para la respuesta máxima en función de la proporción exudado de cacao/azúcar (X_1) y pH (X_2).

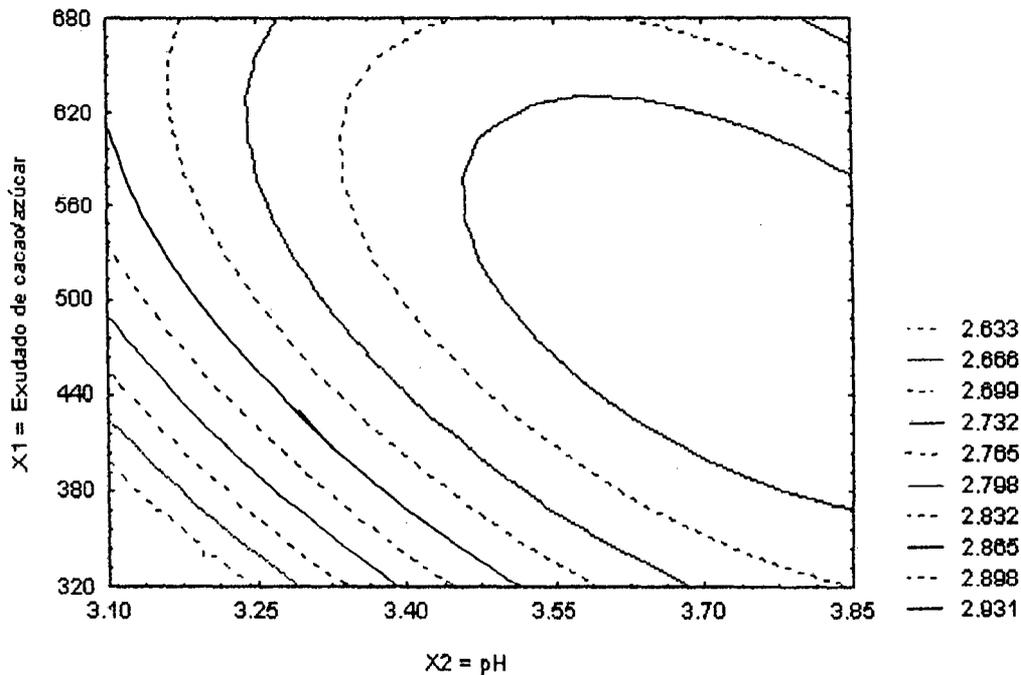


Figura 9. Gráfica de contornos (atributo aroma) en función de la proporción de exudado de cacao/azúcar (X_1) y pH (X_2).

En la Figura 9, de la gráfica de contorno se puede observar que el proceso puede ser ligeramente más sensible a los cambios en la proporción de exudado de cacao/azúcar que a los cambios de pH.

c. En el atributo consistencia

Utilizando los datos codificados, mediante mínimos cuadrados se ajustó el modelo de segundo orden (Anexo 5) cuyo resultado es:

$$Y=3,277993+0,077384X_1+0,129637X_2-0,02X_1X_2+0,032258X_1^2+0,05726X_2^2$$

Los puntos estacionarios se obtuvieron al aplicar la primera derivada de la función Y que fueron los siguientes:

$$X_1^* = -1,639 \cong -1,64 \text{ y } X_2^* = -1,44181 \cong -1,42$$

En la función Y se aplicó la segunda derivada donde se obtuvieron valores de 0,064516 en X_1 y 0,114532 en X_2 , valores mayores que cero, por lo tanto son puntos en la cual la función se encuentra en un mínimo.

Con las variables naturales en los puntos estacionarios se obtuvo los puntos óptimos que fueron:

$$X_1 = 336 \text{ g de azúcar y } X_2 = 3,12 \text{ de pH, siendo } Y = 3,12$$

Observando en las Figuras 10 y 11, resulta que el punto óptimo esta cercano a 380 g de azúcar y 3,15 de pH (comparando con el punto estacionario determinado matemáticamente) y la respuesta es mínima es ese punto.

* Es la región del punto óptimo

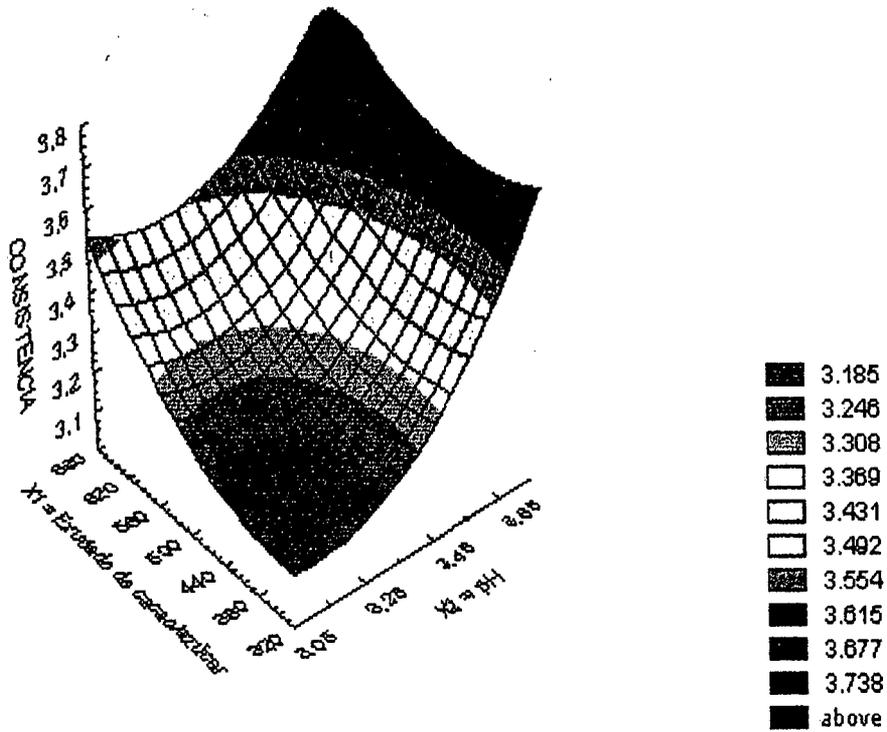


Figura 10. Superficie de respuesta (atributo consistencia) para la respuesta máxima en función de la proporción exudado de cacao/azúcar (X_1) y pH (X_2).

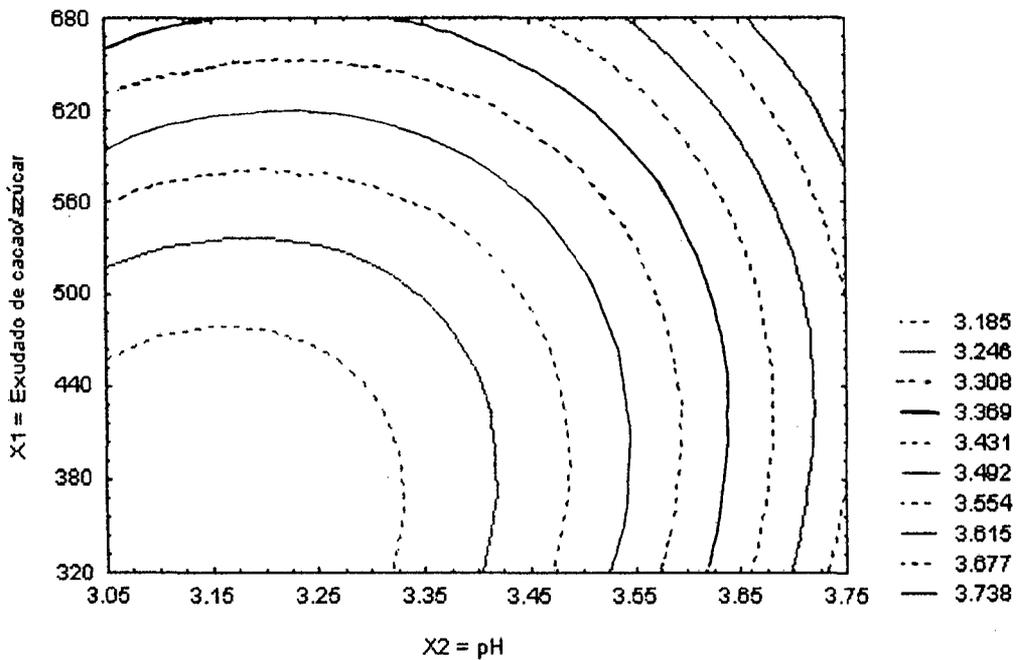


Figura 11. Gráfica de contornos (atributo consistencia) en función de la proporción de exudado de cacao/azúcar (X_1) y pH (X_2).

En la Figura 11 se puede apreciar que el proceso puede ser ligeramente sensible a los cambios en la proporción de exudado /azúcar y a los cambios de pH.

d. En el atributo acidez

Mediante mínimos cuadrados, se ajustó el modelo de segundo orden, usando los datos codificados (Anexo 6) cuyo resultado es:

$$Y=2,664043-0,09613137X_1-0,426424X_2-0,0275X_1X_2-0,113318X_1^2+0,099246X_2^2$$

A la función Y se aplicó la primera derivada en la que se obtuvieron los puntos estacionarios cuyos resultados fueron los siguientes:

$$X_1^* = -0,673 \cong -0,67 \text{ y } X_2^* = 2,055 \cong 2,06$$

En la función Y se aplicó la segunda derivada donde se obtuvieron los valores de $-0,226636$ en X_1 que es menor que cero por lo tanto la función es máxima en X_1 y $0,198492$ en X_2 este valor es mayor que cero, por lo tanto la función es mínima en X_2 .

Con los puntos estacionarios $X_1^* = -0,67$ y $X_2^* = 2,06$ y con las variables naturales se obtienen los puntos óptimos que fueron los siguientes:

$X_1 = 433$ g de azúcar y $X_2 = 3,81$ de pH, siendo $Y = 2,26$.

Al observar las Figuras 12 y 13, resulta que el punto óptimo esta cercano a 440 g de azúcar en la proporción con exudado donde la respuesta es máxima en ese punto (X_1) y 3,85 de pH la respuesta

* Es la región del punto óptimo

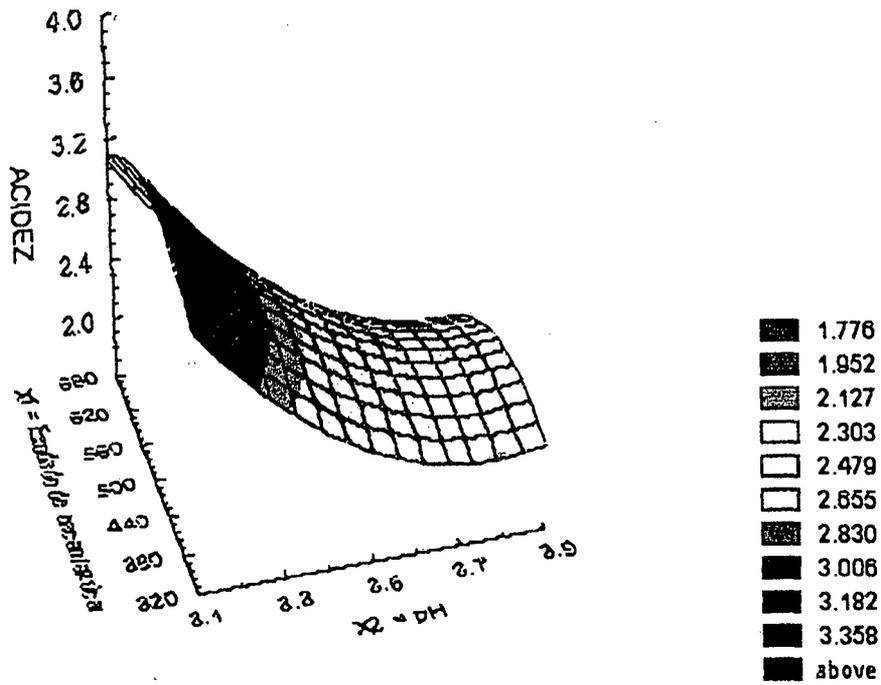


Figura 12. Superficie de respuesta (atributo acidez) para la respuesta máxima en función de la proporción exudado de cacao/azúcar (X_1) y pH (X_2).

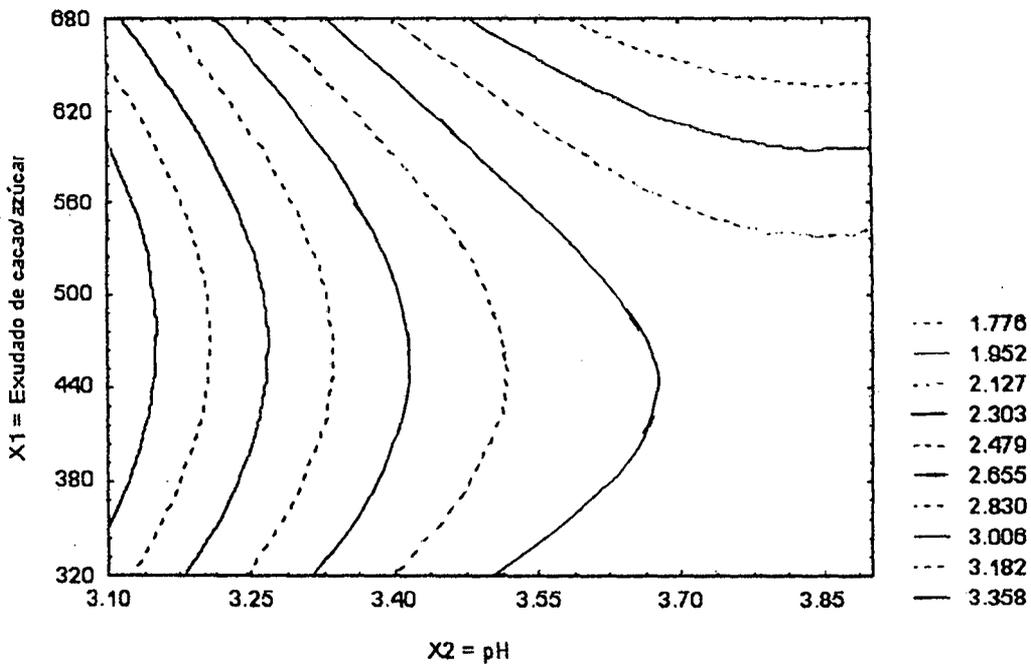


Figura 13. Gráfica de contornos (atributo acidez) en función de la proporción de exudado de cacao/azúcar (X_1) y pH (X_2).

es mínima en ese punto (X_2). En la Figura 13, se observa que el proceso puede ser ligeramente más sensible a los cambios de exudado de cacao en el punto máximo y más sensible a los cambios de pH en el punto mínimo.

Los parámetros óptimos del estandarizado en la elaboración de la jalea para X_1 (proporción exudado de cacao/azúcar) y para X_2 (pH) fueron obtenidos promediando cada valor de X_1 y X_2 de máxima respuesta de los atributos de color y aroma, cada valor X_1 y X_2 de mínima respuesta en el atributo consistencia, el valor máximo de respuesta de X_1 y el mínimo de respuesta X_2 para el atributo acidez, porque se consideró que fueron los mismos experimentos con los mismos panelistas para cada atributo estudiado cuyos resultados fueron los siguientes: para $X_1 = 505,25 \pm 178,69$ g de azúcar y para $X_2 = 3,71 \pm 0,43$ de pH, siendo el rendimiento máximo $Y = 3,05 \pm 0,66$.

En base a los resultados obtenidos por la metodología de la superficie de respuesta, y considerando las condiciones iniciales de operación en la estandarización de la mezcla para la elaboración de la jalea en el proceso y dentro de los rangos estudiados se puede indicar que la máxima respuesta que detectó el panel para obtener el máximo rendimiento es $Y = 3,05 \pm 0,66$ y éste valor se encuentra en el rango del calificativo medio de la evaluación sensorial (Anexo 1), y esto se logra estandarizando la

mezcla para la obtención de la jalea en una proporción de exudado de cacao/azúcar de 2:1,0105 (o sea para cada litro de exudado se requiere $505,25 \pm 178.69$ g de azúcar) y a un valor de pH de $3,71 \pm 0.43$.

2. Del flujograma de procesamiento final y balance de materia

a. Del flujograma de procesamiento

En la Figura 14, se muestra el flujo del proceso, indicándose los parámetros utilizados.

Debe resaltarse que en la operación de estandarización, se optimizaron los parámetros pH y proporción exudado/azúcar, obteniéndose los siguientes valores: pH $3,71 \pm 0,43$ y proporción exudado/azúcar 2:1,0105, o sea para cada litro de exudado se requiere $505,25 \pm 178,69$ g de azúcar.

Se debe mencionar que el pH del exudado de cacao fue inicialmente de 3,80 y se necesitó 9 ml de jugo de limón rugoso por cada litro de exudado de cacao para llegar al pH de $3,71 \pm 0,43$, que fue el óptimo en el presente estudio. Además éste valor se encuentra en el rango 2,80 a 3,80 para la estandarización de jaleas dispuesto por el INDECOPI (1976).

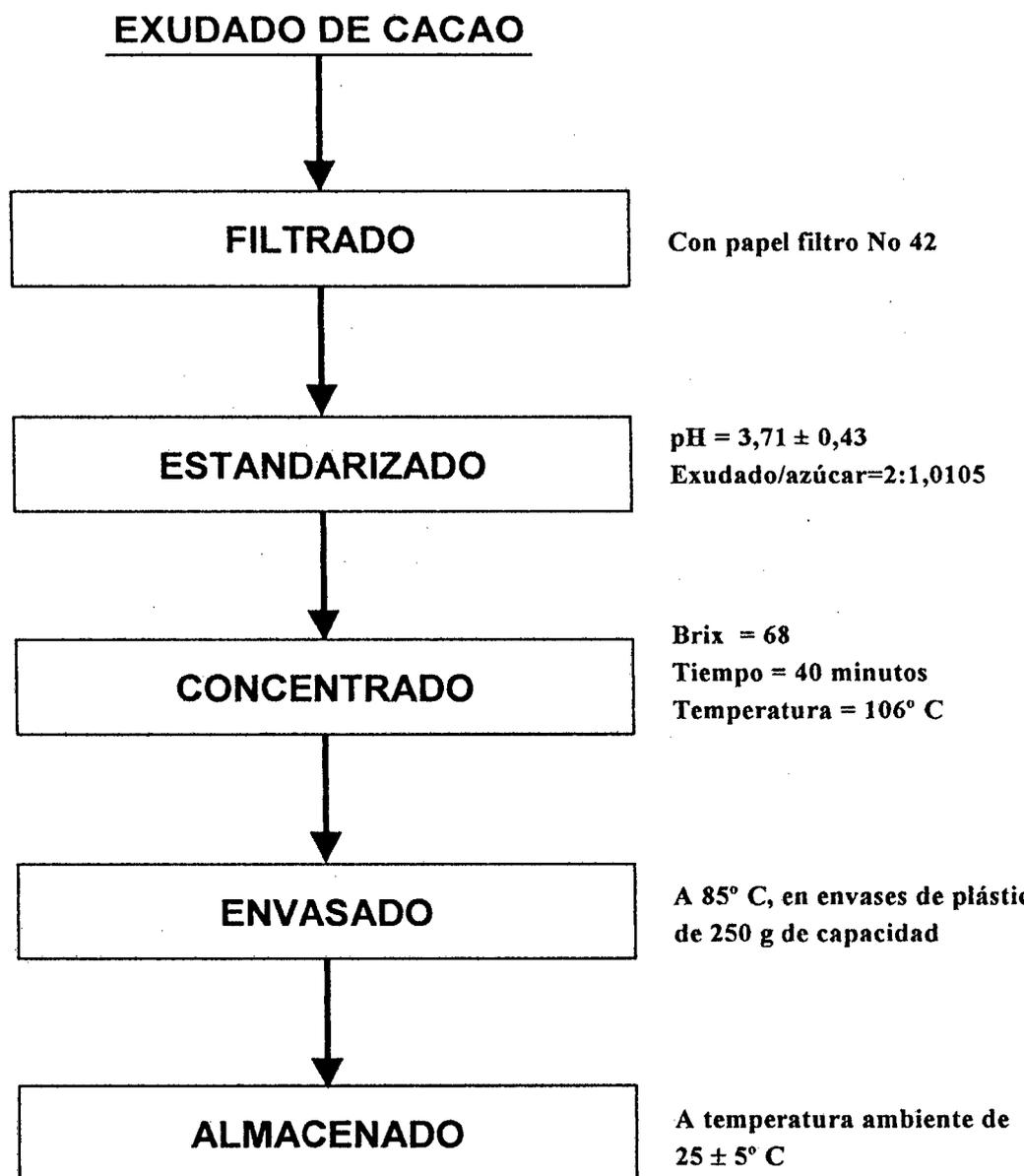


Figura 14. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de la jalea utilizando exudado de cacao.

b. Del balance de materia

El balance de materia y rendimiento se realizó tomando como base 1 Kg de exudado que fue convertido a 100 Kg tal como se observa en el Cuadro 10. Encontrándose pérdidas en las operaciones de filtrado, concentrado y envasado; con rendimientos por operación de 99,87 por ciento, 51,54 por ciento y 95,87 por ciento respectivamente. Se obtuvo mayor rendimiento por operación (100 por ciento) y por proceso (151,50 por ciento) en el estandarizado, debido a que ingresó los demás ingredientes a parte del exudado de cacao ya filtrado (99,87 Kg), como el azúcar blanca (50,53 Kg), el jugo del limón rugoso (0,9 Kg), la canela (0,10 Kg) y el clavo de olor (0,10 Kg).

En el filtrado se perdió 0,13 Kg, que fueron impurezas; en el concentrado sale del proceso 73,27 Kg debido a la evaporación del agua, ya que ésta operación se realizó por 40 minutos y hasta la temperatura de 106° C, y en el envasado se perdió 3,23 Kg debido al manipuleo (se separó la espuma antes de cerrar los envases).

En todo el proceso se obtuvo 75,00 por ciento de rendimiento en relación a la cantidad de exudado de cacao que ingresó. CEPLAC (1990), menciona que el rendimiento de la jalea esta en torno al 70 por ciento en relación a la cantidad de exudado de cacao

empleado, éste valor se aproxima a lo obtenido en el presente proceso.

Cuadro 10. Balance de materia y rendimiento del procesamiento de jalea de exudado de cacao.

MATERIA EN MOVIMIENTO					
OPERACION	INGRESA (Kg)	SALE (Kg)	CONTINUA (Kg)	R.O. (%)	R.P. (%)
Pesado	100,00	---	100,00	100,00	100,00
Filtrado	100,00	0,13	99,87	99,87	99,87
Estandarizado	Exudado = 99,87 Azúcar = 50,53 Jugo de limón = 0,90 Canela = 0,10 Clavo de olor = 0,10	---	151,50	100,00	151,50
Concentrado	151,50	73,27	78,23	51,64	78,23
Envasado	78,23	3,23	75,00	95,87	75,00
Almacenado	75,00	---	75,00	100,00	75,00

R.O.: Rendimiento por operación

R.P.: Rendimiento por proceso

El costo de producción de la jalea con exudado de cacao se presenta en el Anexo 12.

C. CARACTERIZACION Y ALMACENAMIENTO DE LA JALEA

Se almacenó durante 90 días, realizándose evaluaciones cada 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

1. Análisis físico - químico

En el Cuadro 11, se observan los resultados del análisis físico - químico de la jalea, a los 0, 30, 60 y 90 días de almacenamiento.

Cuadro 11. Análisis físico – químico de la jalea durante el periodo de almacenamiento.

ANALISIS	PERIODO DE ALMACENAMIENTO			
	0	30	60	90
pH	3,71 ± 0,02	3,69 ± 0,01	3,65 ± 0,04	3,60 ± 0,04
Sólidos solubles (° Brix)	68,00 ± 0,20	68,05 ± 0,20	68,05 ± 0,036	68,08 ± 0,01
Acidez titulable g ác. cítr./100 g muestra	0,43 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,50 ± 0,01
Azúcares reductores mg/100g muestra	252,15 ± 0,026	252,29 ± 0,01	252,36 ± 0,018	253,24 ± 0,04

¹ Estos valores representan el promedio ± la desviación estándar, de tres repeticiones.

a. Del pH

El análisis de varianza para la variación del pH durante el tiempo de almacenamiento se encuentra en el Anexo 7, donde se puede apreciar que no existe variación estadística significativa para los valores de pH.

b. De los sólidos solubles

En el Anexo 8, se presenta el análisis de varianza para los sólidos solubles, observándose que para un nivel de probabilidad del 5 por ciento no existe diferencia significativa entre los periodos de almacenamiento.

c. De la acidez titulable

En el Anexo 9, se presenta el análisis de varianza para la acidez titulable, observándose que existe diferencia significativa a un nivel de probabilidad del 5 por ciento. En el Cuadro 12, se presenta la prueba de tukey para éste análisis en función del tiempo de almacenamiento, observándose que no existe diferencia significativas entre los periodos de almacenamiento entre 0 y 30 días.

Cuadro 12. Comportamiento de la acidez titulable durante el periodo de almacenamiento.

Periodo de almacenamiento	Acidez titulable ¹
0 días	0,43 ± 0,01 ^a
30 días	0,45 ± 0,01 ^{a b}
60 días	0,48 ± 0,01 ^{b c d}
90 días	0,50 ± 0,01 ^{b c d}

¹ Estos valores representan el promedio ± la desviación estándar, de tres repeticiones.

Además se observó que en los periodos 60 y 90 días de almacenamiento son estadísticamente iguales a un nivel de probabilidad del 5 por ciento, mientras que al comparar 0 con 60 días y 0 con 90 días de almacenamiento existen diferencias estadísticas significativas. La acidez titulable de la jalea almacenada a temperatura ambiente durante el periodo de almacenamiento presentó un ligero aumento; según Braverman (1980), esto es debido a la disociación de los ácidos por efecto de la temperatura.

d. De los azúcares reductores

El Anexo 10, se presenta el análisis de varianza para la variación de los azúcares reductores durante los 90 días de almacenamiento, observándose variación estadística significativa a un nivel de probabilidad del 5 por ciento. En el Cuadro 13, se observa los resultados de la prueba de Tukey, determinándose que entre 0 días y los demás periodos de almacenamiento existió una variación significativa de azúcares reductores. Mientras entre los periodos 30 y 60 días no existieron diferencias estadísticas significativas, pero entre 30 días de almacenamiento y 90 días si existió diferencias.

Este incremento de los azúcares reductores que experimentó la jalea con respecto al valor inicial (0 días de almacenamiento), es debido a la inversión de la sacarosa, mediante el cual el

disacárido se hidroliza bajo la acción de los ácidos débiles en sus componentes fructuosa y glucosa y son los responsables del pardeamiento no enzimático, debido a que en sus moléculas existe un grupo carbonilo libre muy reactivo (Fennema, 1993).

Cuadro 13. Variación de los azúcares reductores durante el periodo de almacenamiento.

Periodo de almacenamiento	Azúcares reductores ¹
0 días	252,25 ± 0,026 ^a
30 días	252,29 ± 0,010 ^b
60 días	252,36 ± 0,018 ^{b c}
90 días	253,24 ± 0,04 ^d

¹ Estos valores representan el promedio ± la desviación estándar, de tres repeticiones.

Así mismo Cheftel y Cheftel (1980), manifiesta que la sacarosa sufre un proceso de hidrólisis lo que está favorecido por el pH ácido, la temperatura y el tiempo, produciéndose ésta hidrólisis durante el almacenamiento.

2. Análisis microbiológico

En el Cuadro 14, se presentan los resultados del análisis microbiológico evaluados al término del proceso (0 días de almacenamiento), a los 30, y 90 días de almacenamiento a una temperatura ambiente promedio de 24° C.

Cuadro 14. Análisis microbiológico en función del tiempo de almacenamiento.

ANÁLISIS	MUESTRA	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO		
		0 DÍAS	30 DÍAS	90 DÍAS
Numeración de microorganismos aerobios viables (NMAV)	Muestra N° 1	<10 ² / g	<10 / g	<10 / g
	Muestra N° 2	<10 ² / g	<10 / g	<10 / g
	Muestra N° 3		<10 / g	
Numeración de mohos y levaduras	Muestra N° 1	<10 / g	<10 / g	<10 / g
	Muestra N° 2	<10 / g	<10 / g	<10 / g
	Muestra N° 3		<10 / g	

Se observó que durante los 90 días de almacenamiento, en contenido de microorganismos NMAV disminuyó hasta un valor menor a 10 ufc/g y que el contenido de mohos y levaduras permaneció por debajo de 10 ufc/g. Estos contenidos de microorganismo son aceptables en cuanto a lo microbiano se refiere, considerando una serie de alimentos más sensibles que la jalea.

3. Análisis organoléptica de preferencia

Se realizó después de 90 días de almacenamiento, en ésta prueba se utilizó 50 panelistas no entrenados, donde se evaluó la preferencia de los panelistas de una jalea comercial marca "Florida" sobre la jalea obtenida, la ficha de evaluación y el procedimiento para llegar a los resultados se muestra en el Anexo 11.

- Resultando que de los 50 panelistas, 30 prefirieron la muestra de la jalea en estudio y 20 prefirieron la jalea comercial. Al analizar los datos mediante la prueba de chi cuadrado, se encontró que existe evidencias sobre la preferencia del panel de 50 personas no entrenadas por la jalea en estudio a un nivel de significancia de 1 y 5 por ciento.

Además, en ésta etapa paralelo a la prueba de preferencia, se realizó la prueba de medición del grado de satisfacción, para tener mayor información acerca de la jalea en estudio y la comercial. Utilizándose para la evaluación una ficha de escala hedónica no estructurada (15 cm de longitud), Anzaldúa (1994) citado por Vega (2000); obteniéndose los siguientes resultados:

Para la jalea en estudio : $11,25 \pm 2,421$

Para la jalea comercial marca "Florida" : $10,40 \pm 2,752$

V. CONCLUSIONES

1. Las operaciones y parámetros para la elaboración de la jalea fueron: pesado, filtrado, estandarizado; la mezcla óptima se estandarizó con una proporción de 2:1,050 (o sea para cada litro de exudado se requiere $505.25 \pm 178,69$ g de azúcar) y $3,71 \pm 0,43$ de pH, luego se realizó el concentrado, envasado y almacenado con $68^\circ \pm 0,20^\circ$ Brix y de acidez titulable de $0,43 \pm 0,01$ por ciento expresada como ácido cítrico, con un rendimiento del proceso de 75,00 por ciento.
2. La jalea durante el periodo de almacenamiento de 90 días al medio ambiente, no experimentó cambios estadísticos significativos en la variación de pH y sólidos solubles, pero si en el contenido de acidez titulable y contenido de azúcares reductores, presentando una carga microbiana aceptable y una aceptación organoléptica del producto por los panelistas.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se debe utilizar el exudado del cacao para la elaboración de jalea, por ser materia prima que resulta del beneficio del fruto con $1,29 \pm 0,15$ por ciento de pectina como pectato de calcio, $17 \pm 0,21^\circ$ Brix y acidez titulable de $0,78 \pm 0,01$ por ciento expresado como ácido cítrico.
2. Realizar estudios de la conservación del exudado de cacao utilizando conservadores químicos para evitar el pardeamiento en la jalea.
3. Efectuar estudios a nivel piloto o industrial para la elaboración de otros productos del exudado de cacao tales como: jugos concentrados, licores, destilados, vinagre, etc.
4. Analizar la viscosidad durante el periodo de almacenamiento (90 días), ya que éste parámetro influye en la aceptación de la jalea obtenido en el presente estudio.
5. Realizar estudios de mercado y marketing de la jalea del exudado de cacao en la provincia de Leoncio Prado.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. **A.O.A.C.** 1995. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 10 edition. EE.UU. 815 p.
2. **A.O.A.C.** 1997. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 16 edition. Vol II. EE.UU. p.p.139-158.
3. **BRAVERMAN, J. B.** 1980. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Manual Moderno. México DF. México. 358 p.
4. **CEPLAC.** 1984. Aproveitamento dos recursos de empresa cahuera. Ilheus B.A.Brasil. 46 p.
5. **CEPLAC.** 1990. Aproveitamento residuos e subproductos da pás-colheita do cacau. Ilhéus B.A. Brasil. 21 p.
6. **COCHRAN, D. y COX, W.** 1962. Diseños experimentales. Trillas. México D.F. México. 661 p.
7. **CODEX ALIMENTARIUS.** 1995. Requisitos generales. FAO/OMS. 2da Ed. Vol. 1. Roma. Italia. 264.
8. **CHEFTEL y CHEFTEL.** 1980. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Acribia. Vol. 1. Zaragoza. España. pp. 135-308.

9. **DESROSIER, N. W.** 1999. Conservación de los alimentos. 5ta ed. Continental. México D.F. México. 468 p.
10. **FAO.** 1981. Control de calidad de productos agropecuarios. Trillas. México D.F. México. 102 p.
11. **FENNEMA, O. R.** 1993. Química de los alimentos. Acribia. Zaragoza. España. 1070 p.
12. **MONTES, R.** 1979. Estudio de la pectina de miel y cáscara del fruto de cacao Rev. Theobroma, CEPEC. Brasil. 58 p.
13. **HART, F. y FISHER, H.I.** 1994. Análisis moderno de los alimentos. Acribia. Zaragoza. España. 619 p.
14. **HEISS, R. J.** 1978. Principios de envasado de los alimentos. Acribia. Zaragoza. España. pp. 135-151.
15. **HERNANDEZ, T.** 1986. El cultivo de cacao. Rev. Pura Selva. Ed. No 24. Abril. Tingo María. Perú. pp. 25-28.
16. **ICMS.** 1983. Microorganismos de los alimentos; técnicas de análisis microbiológico. Acribia. Zaragoza. España. 413 p.
17. **INDECOPI.** 1976. Norma técnica nacional; requisitos generales, ITINTEC 209. Lima Perú. 10 p.

18. MILLER, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry* 31 (3). pp. 426-428.
19. MONTES, A. 1981. *Bromatología*. Tomo I. Universitaria. Buenos Aires. Argentina. 465 p.
20. MONTGOMERY, D. C. 1991. *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo Iberoamericana. México D.F. México. pp. 467-481.
21. NOSTI, N. I. 1973. *Cacao, café, té*. Salvat. Madrid. España. 806 p.
22. PAEZ, C. J. 1970. *Lecciones de cultivos tropicales*. Publicado por el órgano del centro de estadística de agronomía. Lima. Perú. 160 p.
23. PEARSON, D. 1976. *Técnicas del laboratorio para análisis de los alimentos*. Acribia. Zaragoza. España. p. 345.
24. RANGANA, S. 1979. *Manual of analysis of fruit and vegetable products*. 2da ed. pp. 21-54.
25. RAUCH, G. H. 1970. *Fabricación de mermelada*. Acribia. Zaragoza. España. 199 p.
26. SABOYA, L. D. 1988. *Elaboración de mermelada a partir del pedúnculo de marañón (*Anacardum occidentale* L.)*. TESIS. Ind. Alim. UNAS. Tingo María. Perú. 92 p.

27. SANDOVAL, C. L. 1988. Aprovechamiento del exudado de cacao (*theobroma cacao*) en la obtención de mermelada. TESIS. Ind. Alim. UNAS. Tingo María. Perú. 116 p.
28. STEEL, R. G. y TORRIE, J. H. 1995. Bioestadísticas; principios y procedimientos. 2da ed. Mc Graw Hill. México D.F. México. 622 p.
29. UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. 1985. Estudios de agroindustria y comercialización en el valle del Alto Huallaga, USAID. Lima. Perú. 158 p.
30. VEGA, D. O. L. 2000. Utilización de la leche de soya (*Glycine max*) en la elaboración de helados. TESIS. Ind. Alim. UNAS. Tingo María. Perú. 69 p.
31. VELA, M. J. 1997. Obtención de pectina a partir del exudado de cacao (*Theobroma cacao*). TESIS. Ind. Alim. UNAS. Tingo María. Perú. 89 p.
32. VILLACHICA, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorios de la amazonía; tratado de cooperación amazónica. Lima, Perú. TCA. p. 131.
33. WOOD, G.A. 1986. Cacao, CECOSA. Continental S.A. México D.F. México. 354 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

FICHA DE ANALISIS SENSORIAL

Nombre:..... Fecha:..... Hora:.....

Producto: Jalea del exudado de cacao

Clasifique las 05 muestras según la escala que se presenta, escribiendo su código en el casillero correspondiente según la intensidad de color, aroma, consistencia y acidez que perciba y sepárelas con comas si son más de dos las que se ubique en un mismo casillero.

EVALUACION DEL COLOR

ESCALA	CLASIFICACION DE MUESTRAS
1. Extremadamente acaramelado oscuro	
2. Acaramelado oscuro	
3. Amarillo acaramelado	
4. Poco amarillo acaramelado	
5. Amarillo	

Observaciones :

EVALUACION DEL AROMA

ESCALA	CLASIFICACION DE MUESTRAS
1. Extremadamente extraño	
2. Muy extraño	
3. Típico a cacao	
4. Azúcar quemado	
5. Nada	

Observaciones :

EVALUACION DE LA CONSISTENCIA

ESCALA	CLASIFICACION DE MUESTRAS
1. Muy dura	
2. Moderadamente dura	
3. Ni fluida, ni dura	
4. Moderadamente fluida	
5. Muy fluida	

Observaciones :

EVALUACION DE LA ACIDEZ

ESCALA	CLASIFICACION DE MUESTRAS
1. Extremadamente ácido	
2. Muy ácido	
3. Acido	
4. Poco ácido	
5. Nada ácido	

Observaciones :

ANEXO 2

Resultados de la media obtenidas en la evaluación sensorial.

ATRIBUTOS ¹				
Experimentos	Color	Aroma	Consistencia	Acidez
1	3,37	2,63	3,06	3,14
2	3,44	2,89	3,47	2,14
3	3,53	2,78	3,36	2,86
4	3,81	2,94	3,69	1,75
5	3,61	2,89	3,28	2,64
6	3,60	2,90	3,25	2,60
7	3,61	2,92	3,30	2,68
8	3,61	2,88	3,28	2,70
9	3,60	2,91	3,28	2,70

¹ Valores que representan el promedio de 18 panelistas con dos repeticiones.

ANEXO 3

COMBINACION DE VARIABLES UTILIZADAS PARA EL ANALISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA ATRIBUTO COLOR

Combinación de variables utilizadas para el análisis de superficie de respuesta de la determinación adecuada en la estandarización de la jalea en el atributo color.

Experiemnto	Respuesta Y	Variables Naturales		Variables Codificadas	
		Azúcar	pH	X1	X2
1	3,37	400	3,2	-1	-1
2	3,44	400	3,6	-1	1
3	3,53	600	3,2	1	-1
4	3,81	600	3,6	1	1
5	3,61	500	3,4	0	0
6	3,6	500	3,4	0	0
7	3,61	500	3,4	0	0
8	3,61	500	3,4	0	0
9	3,6	500	3,4	0	0

Yf promedio 3,5375

Yc promedio 3,606

Suma Y 32,18
Suma Y² 115,1838

El modelo es:

$$Y = 3,575556 + 0,1325X_1 + 0,0875X_2 \quad cv = 0,0000025\%$$

178,8928 4,419509 2,918544 (Tc)

R² = 0,823788
SCE = 0,021572
Fc = 14,0251561
Ft(5%,2,6) = 5,14

Hipótesis:

- Ho : No existe regresión lineal significativa
Ha : Existe regresión lineal significativa

Como el Fc > Ft, rechazo Ho, es decir, existe regresión lineal significativa.

1. ESTIMACIÓN DEL ERROR:

S² = 0,000030 (Varianza del error)

2. VERIFICACIÓN DE INTERACCIÓN:

La estimación por mínimos cuadrados del coeficiente de productos cruzados (X1X2) denotado por B₁₂, es igual a la mitad del efecto de interacción calculado mediante un diseño factorial 2² ordinario, o bien:

B₁₂ = -0,1325

$$SC_{inter.} = \frac{(\text{efecto de interacción})^2}{n} = \frac{0,2809}{4} = 0,07022$$

Calculando el estadístico de falta de ajuste.

Fc = $\frac{SC_{inter.}}{S^2} = 2340,8333$

Ft(5%,1,4) = 7,71

Hipótesis:

Ho : El término de producto cruzado no es significativo

Ha : El término de producto cruzado es significativo

Como $F_c > F_t$, acepto Ha.

3. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS CUADRÁTICOS

Otra prueba de adecuación del modelo lineal se obtiene comparando la respuesta promedio de los cuatro puntos de la porción factorial del diseño, es decir:

Yf promedio 3,5375

Yc promedio 3,606

De esto, $Y_f - Y_c$ mide la curvatura global de la superficie, si B_{11} y B_{22} son los coeficientes de los términos cuadráticos puros X_1^2 y X_2^2 , entonces:

Y_f y Y_c , proporciona una estimación de B_{11} y B_{22}

Por lo tanto, $B_{11} + B_{22} = Y_f - Y_c$

$$B_{11} + B_{22} = -0,0685$$

Hipótesis:

Ho : B_{11} y $B_{22} = 0$ (El efecto cuadrático no es significativo)

Ha : B_{11} y B_{22} diferente de cero (El efecto cuadrático es significativo).

SC cuadrático puro = $\frac{(n_f * n_c)(Y_f - Y_c)^2}{n_f + n_c} = 0,010427$, luego:

$$F_c = \frac{SC \text{ cuadrático puro}}{S^2} = 347,574074$$

$$F_t(5\%, 1, 4) = 7,71$$

Como $F_c > F_t$, acepto Ha, efecto cuadrático es significativo.

Análisis de varianza para el modelo de primer orden

F.V.	gl	SC	CM	Fc	
Regresión	2	0,1008502	0,05042511	14,025156	**
Residuo	6	0,021572	0,00359533		
Interacción	1	0,07022	0,070225	2340,8333	**
Cua. puro	1	0,010427	0,010427	347,57407	**
Total	8	0,1224222			

Número de parámetros = 3

Número de datos = 9

En general del modelo:

$$Y = 3,575556 + 0,1325X_1 + 0,0875X_2$$

Deberíamos desplazarnos en 0.1325 unidades en dirección de X_1 por cada 0.0875 unidades en la dirección YX_2 , para alejarse del centro del diseño, a lo largo de la trayectoria de máxima pendiente se pasa por el punto

$X_1=0, X_2=0$, y tiene una pendiente igual a : $(0,0875/0,1325) =$

$$0,660377358$$

Es decir, por cada:

Incremento en X1 = 1
Azúcar

el Incremento en X2 es 0,6603774
pH

Diseño compuesto central.

Experimento	Respuesta Y	Variables Naturales		Variables Codificadas	
		Azúcar	pH	X1	X2
1	3,37	400	3,2	-1	-1
2	3,44	400	3,6	-1	1
3	3,53	600	3,2	1	-1
4	3,81	600	3,6	1	1
5	3,61	500	3,4	0	0
6	3,6	500	3,4	0	0
7	3,61	500	3,4	0	0
8	3,61	500	3,4	0	0
9	3,6	500	3,4	0	0
10	3,55	641,42	3,4	1,414	0
11	3,40	358,58	3,4	-1,414	0
12	3,62	500	3,68	0	1,414
13	3,45	500	3,12	0	-1,414

Suma Y 46.1954772

Suma Y² 164.320476

El Modelo :

$$Y=C(1)+C(2)*X1+C(3)*X2+C(4)*X1*X2+C(5)*X1^2+C(6)*X2^2$$

	Coefficient	t-Statistic
C(1)	3,605996	166,7828
C(2)	0,092777	5,427392
C(3)	0,073809	4,317779
C(4)	0,0525	2,171852
C(5)	-0,057383	-3,129855
C(6)	-0,027374	-1,493056

$$Y=3,605996+0,092777X_1+0,073809X_2+0,0525X_1X_2-0,057383X_1^2-0,027374X_2^2$$

Análisis de varianza para el modelo de segundo orden.

F.V.	gl	SC	CM	Fc
Regresión	5	0,148567	0,02971344	12,712795
Residuo	7	0,016361	0,00233729	
Total	12	0,164928		

R² = 90,0799%

Fc = 12,7127955

Ft(5%,5,7) = 3,97

Hipótesis:

Ho : No existe regresión no lineal significativa

Ha : Existe regresión no lineal significativa

Como el Fc > Ft, rechazo Ho, es decir, existe regresión no lineal significativa.

ANEXO 4

COMBINACION DE VARIABLES UTILIZADAS PARA EL ANALISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA ATRIBUTO AROMA

Combinación de variables utilizadas para el análisis de superficie de respuesta de la determinación adecuada en la estandarización de la jalea en el atributo aroma.

Experimento	Respuesta Y	Variables Naturales		Variables Codificadas	
		Azúcar	pH	X1	X2
1	2,63	400	3,2	-1	-1
2	2,89	400	3,6	-1	1
3	2,78	600	3,2	1	-1
4	2,94	600	3,6	1	1
5	2,89	500	3,4	0	0
6	2,9	500	3,4	0	0
7	2,92	500	3,4	0	0
8	2,88	500	3,4	0	0
9	2,91	500	3,4	0	0

Suma Y 25,74

Suma Y² 73,692

El modelo es:

$$Y = 2,86 + 0,05X_1 + 0,105X_2 \qquad cv = 0,00022\%$$

143,3322 1,670538 3,50813 (Tc)

R² = 0,715608

SCE = 0,0215

Fc = 7,548837209

Ft(5%,2,6) = 5,14

Hipótesis:

Ho : No existe regresión lineal significativa

Ha : Existe regresión lineal significativa

Como el Fc > Ft, rechazo Ho, es decir, existe regresión lineal significativa.

1. ESTIMACIÓN DEL ERROR:

S² = 0,00025 (Varianza del error)

2. VERIFICACIÓN DE INTERACCIÓN:

La estimación por mínimos cuadrados del coeficiente de productos cruzados (X1X2) denotado por B12, es igual a la mitad del efecto de interacción calculado mediante un diseño factorial 2² ordinario, o bien:

B₁₂ = -0,05

$$SC_{inter.} = \frac{(\text{efecto de interacción})^2}{n} = \frac{0,04}{5} = 0,00800$$

Calculando el estadístico de falta de ajuste.

$$F_c = \frac{SC_{inter.}}{S^2} = 32$$

$$F_t(5\%, 1, 4) = 7,71$$

Hipótesis:

- Ho : El término de producto cruzado no es significativo
 Ha : El término de producto cruzado es significativo

Como $F_c > F_t$, acepto Ha.

3. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS CUADRÁTICOS

Otra prueba de adecuación del modelo lineal se obtiene comparando la respuesta promedio de los cuatro puntos de la porción factorial del diseño, es decir:

$$\begin{aligned} Y_f \text{ promedio} &= 0 \\ Y_c \text{ promedio} &= 0 \end{aligned}$$

De esto, $Y_f - Y_c$ mide la curvatura global de la superficie, si B_{11} y B_{22} son los coeficientes de los términos cuadráticos puros X_1^2 y X_2^2 , entonces:

Y_f y Y_c , proporciona una estimación de B_{11} y B_{22}

Por lo tanto, $B_{11} + B_{22} = Y_f - Y_c$

$$B_{11} + B_{22} = 0$$

Hipótesis:

- Ho : B_{11} y $B_{22} = 0$ (El efecto cuadrático no es significativo)
 Ha : B_{11} y B_{22} diferente de cero (El efecto cuadrático es significativo).

$$SC \text{ cuadrático puro} = \frac{(n_f \cdot n_c)(Y_f - Y_c)^2}{n_f + n_c} = 0,000000 \text{ , luego:}$$

$$F_c = \frac{SC \text{ cuadrático puro}}{S^2} = 0$$

$$F_t(5\%, 1, 4) = 7,71$$

Como $F_c > F_t$, acepto Ho, efecto cuadrático es significativo.

Análisis de varianza para el modelo de primer orden

F.V.	gl	SC	CM	Fc
Regresión	2	0,0541	0,02705	7,5488372 **
Residuo	6	0,0215	0,00358333	
Interacción	1	0,00800	0,008000	32 **
Cua. puro	1	0,000000	0,000000	0 **
Total	8	0,0756		

Número de parámetros = 3

Número de datos = 9

En general del modelo:

$$Y = 2,86 + 0,05X_1 + 0,105X_2$$

Deberíamos desplazarnos en 0.05 unidades en dirección de X1 por cada 0.105 unidades en la dirección YX2, para alejarse del centro del diseño, a lo largo de la trayectoria de máxima pendiente se pasa por el punto

X1=0, X2=0, y tiene una pendiente igual a : $(0.105/0.05) = 2,1$

Es decir, por cada:

Incremento en X1 = 1 el Incremento en X2 es 2,1
Azúcar pH

Diseño compuesto central.

Experimento	Respuesta Y	Variables Naturales		Variables Codificadas	
		Azúcar	pH	X1	X2
1	2,63	400	3,2	-1	-1
2	2,89	400	3,6	-1	1
3	2,78	600	3,2	1	-1
4	2,94	600	3,6	1	1
5	2,89	500	3,4	0	0
6	2,9	500	3,4	0	0
7	2,92	500	3,4	0	0
8	2,88	500	3,4	0	0
9	2,91	500	3,4	0	0
10	2,94	641,42	3,4	1,414	0
11	2,84	358,58	3,4	-1,414	0
12	2,96	500	3,68	0	1,414
13	2,84	500	3,12	0	-1,414
Suma Y	37,32				
Suma Y ²	107,228400				

El Modelo :

$$Y=C(1)+C(2)*X1+C(3)*X2+C(4)*X1*X2+C(5)*X1^2+C(6)*X2^2$$

	Coefficient	t-Statistic
C(1)	2,90001	111,4405
C(2)	0,042681	2,074482
C(3)	0,073721	3,58313
C(4)	-0,025	-0,859267
C(5)	-0,026263	-1,190144
C(6)	-0,021261	-0,963491

$$Y=2,90001+0,042681X_1+0,073721X_2-0,025X_1X_2-0,026263X_1^2-0,021261X_2^2$$

Análisis de varianza para el modelo de segundo orden.

F.V.	gl	SC	CM	Fc
Regresión	5	0,067590	0,01351806	3,9923395
Residuo	7	0,023702	0,003386	
Total	12	0,091292		

R² = 74,0372%

Fc = 3,992339497

Ft(5%,5,7) = 3,97

Hipótesis:

Ho : No existe regresión no lineal significativa

Ha : Existe regresión no lineal significativa

Como el Fc > Ft, rechazo Ho, es decir, existe regresión no lineal significativa.

ANEXO 5

COMBINACION DE VARIABLES UTILIZADAS PARA EL ANALISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA ATRIBUTO CONSISTENCIA

Combinación de variables utilizadas para el análisis de superficie de respuesta de la determinación adecuada en la estandarización de la jalea en el atributo consistencia.

Experimento	Respuesta Y	Variables Naturales		Variables Codificadas	
		Azúcar	pH	X1	X2
1	3,06	400	3,2	-1	-1
2	3,47	400	3,6	-1	1
3	3,36	600	3,2	1	-1
4	3,69	600	3,6	1	1
5	3,28	500	3,4	0	0
6	3,25	500	3,4	0	0
7	3,3	500	3,4	0	0
8	3,28	500	3,4	0	0
9	3,28	500	3,4	0	0

Yf promedio

Yc promedio

Suma Y 29,97
Suma Y² 100,0379

El modelo es:

$$Y = 3,33 + 0,13X_1 + 0,185X_2 \quad cv = 0,00031\%$$

134,097 3,490011 4,966555 (Tc)

R² 0,859966
SCE 0,0333
Fc 18,4234234
Ft(5%,2,8) = 4,45

Hipótesis:

Ho : No existe regresión lineal significativa
Ha : Existe regresión lineal significativa

Como el Fc > Ft, rechazo Ho, es decir, existe regresión lineal significativa.

1. ESTIMACIÓN DEL ERROR:

$$S^2 = 0,00032 \quad (\text{Varianza del error})$$

2. VERIFICACIÓN DE INTERACCIÓN:

La estimación por mínimos cuadrados del coeficiente de productos cruzados (X1X2) denotado por B₁₂, es igual a la mitad del efecto de interacción calculado mediante un diseño factorial 2² ordinario, o bien:

$$B_{12} = -0,13$$

$$SC_{inter.} = \frac{(\text{efecto de interacción})^2}{n} = \frac{0,2704}{5} = 0,05408$$

Calculando el estadístico de falta de ajuste.

$$F_c = \frac{SC_{inter.}}{S^2} = 169$$

$$F_t(5\%,1,4) = 7,71$$

Hipótesis:

Ho : El término de producto cruzado no es significativo

Ha : El término de producto cruzado es significativo

Como $F_c > F_t$, acepto Ha.

3. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS CUADRÁTICOS

Otra prueba de adecuación del modelo lineal se obtiene comparando la respuesta promedio de los cuatro puntos de la porción factorial del diseño, es decir:

Yf promedio 3,395
 Yc promedio 3,278

De esto, $Y_f - Y_c$ mide la curvatura global de la superficie, si B_{11} y B_{22} son los coeficientes de los términos cuadráticos puros X_1^2 y X_2^2 , entonces:

Y_f y Y_c , proporciona una estimación de B_{11} y B_{22}

Por lo tanto, $B_{11} + B_{22} = Y_f - Y_c$

$$B_{11} + B_{22} = 0,117$$

Hipótesis:

Ho : B_{11} y $B_{22} = 0$ (El efecto cuadrático no es significativo)

Ha : B_{11} y B_{22} diferente de cero (El efecto cuadrático es significativo).

SC cuadrático puro = $\frac{(n_f \cdot n_c)(Y_f - Y_c)^2}{n_f + n_c} = 0,030420$, luego:

$$F_c = \frac{SC \text{ cuadrático puro}}{S^2} = 95,0625$$

$$F_t(5\%, 1, 4) = 7,71$$

Como $F_c > F_t$, acepto Ha, efecto cuadrático es significativo.

Análisis de varianza para el modelo de primer orden

F.V.	gl	SC	CM	Fc
Regresión	2	0,2045	0,10225	18,423423 **
Residuo	6	0,0333	0,00555	
Interacción	1	0,05408	0,054080	169 **
Cua. puro	1	0,030420	0,030420	95,0625 **
Total	8	0,2378		

Número de parámetros = 3

Número de datos = 9

En general del modelo:

$$Y = 3,33 + 0,13X_1 + 0,185X_2$$

Deberíamos desplazarnos en 0,13 unidades en dirección de X_1 por cada 0,185 unidades en la dirección alejarse del centro del diseño, a lo largo de la trayectoria de máxima pendiente se pasa por el punto $X_1=0, X_2=0$, y tiene una pendiente igual a : $(0,185/0,13) = 1,4230769$

Es decir, por cada:

Incremento en $X_1 = 1$ el incremento en X_2 es 1,4230769
 Azúcar pH

Diseño compuesto central.

n	Respuesta Y	Variables Naturales		Variables Codificadas	
		Azúcar	pH	X1	X2
1	3,06	400	3,2	-1	-1
2	3,47	400	3,6	-1	1
3	3,36	600	3,2	1	-1
4	3,69	600	3,6	1	1
5	3,28	500	3,4	0	0
6	3,25	500	3,4	0	0
7	3,3	500	3,4	0	0
8	3,28	500	3,4	0	0
9	3,28	500	3,4	0	0
10	3,35	641,42	3,4	1,414	0
11	3,28	358,58	3,4	-1,414	0
12	3,47	500	3,68	0	1,414
13	3,26	500	3,12	0	-1,414

Suma Y 43,33

Suma Y² 144,687300

El Modelo :

$$Y=C(1)+C(2)*X1+C(3)*X2+C(4)*X1*X2+C(5)*X1^2+C(6)*X2^2$$

	Coefficient	t-Statistic
C(1)	3,277993	83,45446
C(2)	0,077384	2,491844
C(3)	0,129637	4,174437
C(4)	-0,02	-0,455425
C(5)	0,032258	0,968503
C(6)	0,057266	1,719312

$$Y=3,277993+0,077384X_1+0,129637X_2-0,02X_1X_2+0,032258X_1^2+0,057266X_2^2$$

Análisis de varianza para el modelo de segundo orden.

F.V.	gl	SC	CM	Fc
Regresión	5	0,211078	0,04221558	5,4724919
Residuo	7	0,053999	0,00771414	
Total	12	0,265077		

R² = 79,6289%

Fc = 5,47249194

Ft(5%,5,7) = 3,97

Hipótesis:

Ho : No existe regresión no lineal significativa

Ha : Existe regresión no lineal significativa

Como el Fc > Ft, rechazo Ho, es decir, existe regresión no lineal significativa.

ANEXO 6

COMBINACION DE VARIABLES UTILIZADAS PARA EL ANALISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA ATRIBUTO ACIDEZ

Combinación de variables utilizadas para el análisis de superficie de respuesta de la determinación adecuada en la estandarización de la jalea en el atributo acidez.

Experimento	Respuesta Y	Variables Naturales		Variables Codificadas		
		Azúcar	pH	X1	X2	
1	3,14	400	3,2	-1	-1	Yf promedio
2	2,14	400	3,6	-1	1	
3	2,86	600	3,2	1	-1	
4	1,75	600	3,6	1	1	
5	2,64	500	3,4	0	0	Yc promedio
6	2,6	500	3,4	0	0	
7	2,68	500	3,4	0	0	
8	2,7	500	3,4	0	0	
9	2,7	500	3,4	0	0	

Suma Y 23,21
Suma Y² 61,1733

El modelo es:

$$Y = 2,5788 - 0,1675X_1 - 0,5275X_2 \quad cv = 0,000137051 \%$$

62,46602 -2,704797 -8,518093 (Tc)

R² 0,93013
SCE 0,092039
Fc 39,936871
Ft(5%,2,8) = 4,45

Hipótesis:

Ho : No existe regresión lineal significativa
Ha : Existe regresión lineal significativa

Como el Fc > Ft, rechazo Ho, es decir, existe regresión lineal significativa.

1. ESTIMACIÓN DEL ERROR:

S² = 0,00188 (Varianza del error)

2. VERIFICACIÓN DE INTERACCIÓN:

La estimación por mínimos cuadrados del coeficiente de productos cruzados (X1X2) denotado por B₁₂, es igual a la mitad del efecto de interacción calculado mediante un diseño factorial 2² ordinario, o bien:

B₁₂ = 0,1675

SCinter. = $\frac{(\text{efecto de interacción})^2}{n} = \frac{0,4489}{5} = 0,08978$

Calculando el estadístico de falta de ajuste.

Fc = $\frac{SCinter.}{S^2} = 47,755319$

Ft(5%,1,4) = 7,71

Hipótesis:

Ho : El término de producto cruzado no es significativo

Ha : El término de producto cruzado es significativo

Como $F_c > F_t$, acepto Ha.

3. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS CUADRÁTICOS

Otra prueba de adecuación del modelo lineal se obtiene comparando la respuesta promedio de los cuatro puntos de la porción factorial del diseño, es decir:

Yf promedio 2,4725

Yc promedio 2,664

De esto, $Y_f - Y_c$ mide la curvatura global de la superficie, si B_{11} y B_{22} son los coeficientes de los términos cuadráticos puros X_1^2 y X_2^2 , entonces:

Y_f y Y_c , proporciona una estimación de B_{11} y B_{22}

Por lo tanto, $B_{11} + B_{22} = Y_f - Y_c$

$$B_{11} + B_{22} = -0,1915$$

Hipótesis:

Ho : B_{11} y $B_{22} = 0$ (El efecto cuadrático no es significativo)

Ha : B_{11} y B_{22} diferentes de cero (El efecto cuadrático es significativo).

SC cuadrático puro = $\frac{(n_f * n_c)(Y_f - Y_c)^2}{n_f + n_c} = 0,081494$, luego:

$$F_c = \frac{SC \text{ cuadrático puro}}{S^2} = 43,3478132$$

$$F_t(5\%, 1, 4) = 7,71$$

Como $F_c > F_t$, acepto Ha, efecto cuadrático es significativo.

Análisis de varianza para el modelo de primer orden

F.V.	gl	SC	CM	Fc	
Regresión	2	1,2252499	0,61262494	39,936871	**
Residuo	6	0,092039	0,01533983		
Interacción	1	0,08978	0,089780	47,755319	**
Cua. puro	1	0,081494	0,081494	43,347813	**
Total	8	1,3172889			

Número de parámetros = 3

Número de datos = 9

En general del modelo:

$$Y = 2,5788 - 0,1675X_1 - 0,5275X_2$$

Deberíamos desplazarnos en -0,16 unidades en dirección de X_1 por cada -0,5275 unidades en la dirección X_2 , para alejarse del centro del diseño, a lo largo de la trayectoria de máxima pendiente se pasa por el $X_1=0$, $X_2=0$, y tiene una pendiente igual a : $(-0,5275/-0,1675) = 3,149253731$

Es decir, por cada:

Incremento en $X_1 = 1$ el Incremento en X_2 es 3,1492537
Azúcar pH

Diseño compuesto central.

n	Respuesta Y	Variables Naturales		Variables Codificadas	
		Azúcar	pH	X1	X2
1	3,14	400	3,2	-1	-1
2	2,14	400	3,6	-1	1
3	2,86	600	3,2	1	-1
4	1,75	600	3,6	1	1
5	2,64	500	3,4	0	0
6	2,6	500	3,4	0	0
7	2,68	500	3,4	0	0
8	2,7	500	3,4	0	0
9	2,7	500	3,4	0	0
10	2,58	641,42	3,4	1,414	0
11	2,65	358,58	3,4	-1,414	0
12	2,58	500	3,68	0	1,414
13	3,50	500	3,12	0	-1,414

Suma Y 34,52
Suma Y² 93,758600

El Modelo :

$$Y=C(1)+C(2)*X1+C(3)*X2+C(4)*X1*X2+C(5)*X1^2+C(6)*X2^2$$

	Coefficient	t-Statistic
C(1)	2,664043	25,49839
C(2)	-0,096137	-1,16383
C(3)	-0,426424	-5,162271
C(4)	-0,0275	-0,235423
C(5)	-0,113318	-1,27905
C(6)	0,099246	1,120218

$$Y=2,664043-0,09613137X_1-0,426424X_2-0,0275X_1X_2-0,113318X_1^2+0,099246X_2^2$$

Análisis de varianza para el modelo de segundo orden.

F.V.	gl	SC	CM	Fc
Regresión	5	1,712669	0,34253382	6,2759105
Residuo	7	0,382054	0,05457914	
Total	12	2,094723		

R² = 81,7611%

Fc = 6,27591049

Ft(5%,5,7) = 3,97

Hipótesis:

Ho : No existe regresión no lineal significativa

Ha : Existe regresión no lineal significativa

Como el Fc > Ft, rechazo Ho, es decir, existe regresión no lineal significativa.

ANEXO 7

Análisis de varianza para la variación del pH durante el periodo de almacenamiento

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	Fc.	Pt < P	Sig. 5%
ALMACENAMIENTO	0,0212250	3	2,398	0,1435	N.S.
RESIDUAL	0,0236000	8			
TOTAL	0,0448250	11			

ANEXO 8

Análisis de varianza para la variación de los sólidos solubles durante el periodo de almacenamiento.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	Fc.	Pt < P	Sig. 5%
ALMACENAMIENTO	0,0099000	3	0,328	0,8058	N.S.
RESIDUAL	0,0806000	8			
TOTAL	0,0905000	11			

ANEXO 9

Análisis de varianza para la acidez titulable durante el periodo de almacenamiento

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	Fc.	Pt < P	Sig. 5%
ALMACENAMIENTO	0,0087000	3	29,000	0,0001	*
RESIDUAL	8,00000E-004	8			
TOTAL	0,0095000	11			

ANEXO 10

Análisis de varianza para azúcares reductores durante el periodo de almacenamiento

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	Fc.	Pt < P	Sig. 5%
ALMACENAMIENTO	2,2002000	3	1086,52		*
RESIDUAL	0,0054000	8			
TOTAL	2,2056000	11			

Procedimiento de la prueba de preferencia

El análisis de los resultados mediante la prueba de chi cuadrado se realizaron como sigue:

Panelistas que prefirieron la jalea comercial : 20

Panelistas que prefirieron la jalea en estudio : 30

Se utilizó la formula del chi cuadrado (χ^2):

$$\chi^2 = \frac{2(|O - E| - \frac{1}{2})^2}{E}$$

$$\chi^2 = \frac{2(|30 - 50| - \frac{1}{2})^2}{50}$$

$$\chi^2 = 15,21$$

Puesto que el número de categorías (jalea comercial y en estudio)

es: $K=2$, $v= k-1 = 2 - 1 = 1$

- El valor crítico $\chi^2_{0,95}$, para un grado de libertad es igual a 3,84. Entonces puesto que $15,25 > 3,84$, se rechaza la hipótesis H_0 (jalea en estudio = jalea comercial) por lo tanto se puede afirmar que el panel detecta significativamente preferencia por la jalea en estudio.
- El valor crítico $\chi^2_{0,99}$, para un grado de libertad es igual a 6,63, sucede lo mismo que en el caso anterior debido a que $15,25 > 6,63$, por lo tanto se rechaza la hipótesis H_0 (jalea en estudio = jalea comercial) por lo tanto se puede afirmar que el panel detecta significativamente preferencia por la jalea en estudio.

ANEXO 12

Costo de producción para la elaboración de la jalea del exudado de cacao.

DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT. (S/.)	SUB- TOTAL (S/.)
1. MATERIA PRIMA				
Exudado de cacao	Kg	100	1,00	100,00
2. MANO DE OBRA				
Operarios		2	15,00	30,00
3. COSTOS INDIRECTOS				
a. Insumos				
Azúcar refinada	Kg	51	1,80	90,95
Limón rugoso	Kg	1	1,00	1,00
Especias (clavo de olor y canela)	Kg	2	10,00	2,00
b. Materias auxiliares				
Envases de plástico de 250 g de capacidad		300	0,18	54,00
Tela tocuyo		1	0,50	0,50
Detergente		1	1,50	1,50
c. Combustible				
Kerosene	Gal.	5	7,00	35,00
4. DEPRECIACION (5%)				6,50
5. COSTOS OPERATIVOS				
Gastos administrativos y de venta (30 por ciento)				96,44
COSTO TOTAL (S/.)				417,89

COSTO UNITARIO DE PRODUCCION (CUP) = S/. 417,89 / 300 unid

COSTO UNITARIO DE PRODUCCION (CUP) = S/. 1,39

ANEXO 13

CURVA ESTANDAR PARA DETERMINAR VITAMINA C

Datos para obtener la curva estándar para determinar vitamina C.

Acido ascórbico (mg/100 ml)	L1	L2	L1 - L2
1	0,305	0,244	0,061
2	0,305	0,190	0,115
3	0,305	0,130	0,175
4	0,305	0,071	0,234
5	0,305	0,013	0,292

$$Y = 0,00107 + 0,05817X$$

$$R^2 = 0,9996$$

ANEXO 14

CURVA ESTANDAR PARA DETERMINAR AZUCARES REDUCTORES

Datos para obtener la curva estándar para determinar azúcares reductores.

Mg/ml	Absorbancia
0,11	0,085
0,22	0,138
0,33	0,208
0,55	0,343
1,10	0,673

$$Y = 0,01249 + 0,59953X$$

$$R^2 = 0,9996$$