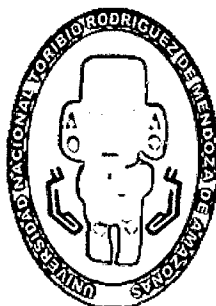


UNIVERSIDAD NACIONAL

TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



“DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN JUGO DE NARANJA-PANELA,
PORCENTAJE DE PECTINA Y pH EN LA VISCOSIDAD DE LA MERMELADA
ECOLÓGICA DE NARANJA (*Citrus sinensis*)”.

TESIS

Para obtener el Título Profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR: Br. MARTIN DÍAZ TORRES

ASESOR: Ing. ELENA VICTORIA TORRES MAMANI

CHACHAPOYAS – AMAZONAS - PERÚ

2008

Nº de registro.....

UNIVERSIDAD NACIONAL

**TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN JUGO DE NARANJA-PANELA,
PORCENTAJE DE PECTINA Y pH EN LA VISCOSIDAD DE LA MERMELADA
ECOLÓGICA DE NARANJA (*Citrus sinensis*)”.**

TESIS

Para obtener el Título Profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR: Br. MARTIN DÍAZ TORRES

ASESOR: Ing. ELENA VICTORIA TORRES MAMANI

CHACHAPOYAS – AMAZONAS - PERÚ

2008

DEDICATORIAS

A mis padres, **Fortunato Díaz e Inocencia Torres** quienes con su cariño y dedicación guían mis pasos para la realización de mis metas y objetivos, inculcándome los valores que complementan mi vida personal y profesional.

A **Marely Tatiana y Maribel**, gracias a su cariño y compañía pude vencer las dificultades encontradas en el camino de mi carrera profesional.

A todos mis hermanos, sobrinos y amigos, a ellos quienes siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente en los momentos más difíciles de mi carrera profesional y quienes me incentivaron a seguir adelante hasta lograr y cumplir la meta esperada.

AGRADECIMIENTO

Agradezco con mucha consideración a mis asesores: Ing. **Juan Manuel Garay Román** y la Ing. **Elena Victoria Torres Mamani**, por sus invalorables amistades y valiosas orientaciones y contribución brindada para la elaboración y ejecución de la presente tesis.

A mi profesor y amigo Est. **Elías Alberto Torres Armas**, por su infinita amistad, estima y colaboración en el análisis estadístico de los resultados del presente trabajo de investigación.

A mi profesor y amigo Ing. **Erick Aldo Auquiñivin Silva**, por su valioso apoyo en el manejo y manipulación de los equipos del laboratorio de tecnología, empleados en los análisis del producto terminado.

A **Nélida y Elizabeth Cubas, Robert**, por su valioso apoyo con equipos de cómputo para la redacción del proyecto y del informe de la tesis.

A todos los profesores, Ingenieros y personas que me impartieron sus conocimientos durante mi paso por esta casa superior de estudios, los cuales contribuyeron a realizarme profesionalmente, a mis amigos y compañeros que me brindaron su confianza y estímulo durante mi preparación profesional.

Br. Martin Díaz Torres

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

La Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas fue creada el 18 de septiembre del 2000, con Ley de creación N° 27347, iniciando sus actividades el 25 de mayo del 2001, con Resolución de Funcionamiento N° 114- 2001-CONAFU.

Dr. MANUEL ALEJANDRO BORJA ALCALDE

Presidente de la Comisión Organizadora

DR. VICTOR HUGO CHANDUVÍ CORNEJO

Vicepresidente académico de la Comisión Organizadora

Ing. FEDERICO RAÚL SÁNCHEZ MERINO

Vicepresidente Administrativo de la Comisión Organizadora

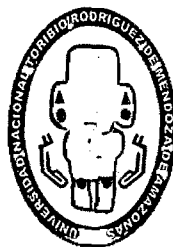
Ms. C. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Responsable de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial

VISTO BUENO DEL ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL

TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



El docente de la UNAT-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la ejecución de la tesis titulado “**Determinación de la relación jugo de naranja-panela, Porcentaje de pectina y pH en la viscosidad de la mermelada ecológica de naranja (*Citrus sinensis*)**”, presentado por Martin Díaz Torres egresado de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAT-A.

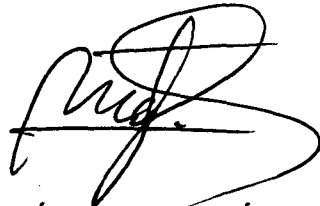
Habiendo revisado el informe final de la tesis en mención, doy la conformidad y el visto bueno para continuar con el trámite correspondiente.

Chachapoyas, 28 de enero del 2008

Ing. ELENA VICTORIA TORRES MAMANI

Docente Auxiliar de la UNAT-A

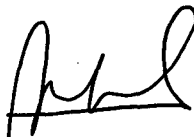
JURADO DICTAMINADOR



Ing. MIGUEL ÁNGEL GARCÍA TORRES
PRESIDENTE



Ing. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA
SECRETARIO



Ing. HELI HUMBERTO AGUIRRE ZAQUINAULA
VOCAL

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
JURADO DICTAMINADOR.....	vii
TABLA DE CONTENIDOS.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIAL Y MÉTODOS	10
2.1. MATERIAL.....	10
2.1.1. Material Biológico.....	10
2.2. MÉTODOS.....	10
2.2.1. Tratamiento de los análisis preliminares de la naranja.....	10
2.2.2. Operaciones y parámetros de procesamiento de la mermelada ecológica de naranja	11
2.2.2.1. Obtención de la naranja.....	11
2.2.2.2. Pesado de la naranja.....	11

2.2.2.3. Lavado y Pelado de la naranja.....	11
2.2.2.4. Extracción del jugo de la naranja.....	12
2.2.2.5. Filtrado o colado del jugo extraído.....	12
2.2.2.6. Formulación de ingredientes para la mermelada.....	12
2.2.2.7. Concentrado o cocción de la mermelada de naranja.....	12
2.2.2.8. Traslado de la mermelada	13
2.2.2.9. Envasado.....	13
2.2.2.10. Enfriado.....	13
2.2.2.11. Almacenado.....	14
III. RESULTADOS.....	16
3.1. Estimación de la máxima determinación del pH, °Brix y viscosidad de la mermelada con el estadístico Statgraphics 5,1.....	18
3.2. Análisis de la mermelada desde la obtención de la materia prima hasta el producto terminado.....	19
IV. DISCUSIONES.....	41
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES.....	47
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	48
ANEXOS.....	50

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1: Determinación promedio de datos, tanto del pH (Y1), °Brix (Y2) y viscosidad (Y3) en la mermelada ecológica de naranja, aplicando el diseño estadístico de Box Behnken de los experimentos realizados tomando como base la tabla 1y2 del anexo 2	17
Tabla 2. Determinación de los efectos estimados e interacciones en el orden decreciente para el pH (Y1), con los datos de la tabla 1.....	20
Tabla 3. Análisis de la varianza para determinar el pH óptimo, teniendo en cuenta las variables independientes.....	20
Tabla 4. Coeficientes de regresión para el pH, en función a las variables independientes.....	22
Tabla 5. Resultados de la estimación para el pH en todos los niveles experimentales.....	23
Tabla 6. Pronóstico de la ruta ascendente para el pH en función de las variables independientes.....	24
Tabla 7. Valores óptimos del pH calculado con el Statgraphics 5,1.....	25
Tabla 8. Determinación de los efectos estimados e interacciones en el orden decreciente para los °Brix (Y2), con los datos de la tabla 1.	27
Tabla 9. Análisis de la varianza para determinar los °Brix óptimo, teniendo en cuenta las variables independientes.....	27

Tabla 10. Coeficientes de regresión para °Brix, en función a las variables independientes.....	29
Tabla 11. Resultados de la estimación de los °Brix en todos niveles experimentales.....	30
Tabla 12. Pronóstico de ruta ascendente de los °Brix para las variables independientes.....	31
Tabla 13. Valores óptimos de sólidos solubles (°Brix), calculado con el Statgraphics 5,1.....	32
Tabla 14. Determinación de los efectos estimados e interacciones en el orden decreciente para la viscosidad (Y3), con los datos de la tabla 1.....	34
Tabla 15. Análisis de varianza para determinar la viscosidad óptima, teniendo en cuenta las variables independientes.....	34
Tabla 16. Coeficientes de regresión de la viscosidad (Y3), en función a las variables independientes.....	36
Tabla 17. Resultados de estimación de la viscosidad para todos los niveles experimentales.	37
Tabla 18. Pronóstico de ruta ascendente para la viscosidad en función a las variables independientes.....	38
Tabla 19. Valores óptimos de la viscosidad (Y3), calculado con el Statgraphics 5.1.....	39

INDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

	Pag.
Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de mermelada ecológica de naranja.....	14
Figura 2. Diagrama de operaciones de la elaboración de mermelada ecológica de naranja.....	15
Figura 3. Gráfica de superficie del pH en función a las variables independientes.....	25
Figura 4. Gráfica de contornos de la respuesta estimada del pH en función a las variables independientes.....	26
Figura 5. Gráfica de contornos de la respuesta estimada de los °Brix en función a las variables independientes.....	32
Figura 6. Gráfica de superficie de °Brix en función a las variables independientes.....	33
Figura 7. Gráfica de superficie de la viscosidad en función a las variables independientes.....	39
Figura 8. Gráfica de contornos de de la respuesta estimada de la viscosidad en función a las variables independientes.....	40

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pag.
Fotografía 1. Medida del pH del jugo de naranja	51
Fotografía 2. Evaporación o concentración de la pectina.....	51
Fotografía 3. Cocción o concentración de la mermelada ecológica de naranja.....	52
Fotografía 4. Determinación de los sólidos solubles (°Brix) de la mermelada.....	52
Fotografía 5. Medida de la viscosidad de la mermelada.....	53

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo la determinación de la relación de jugo de naranja-panela, Porcentaje de pectina y pH en la viscosidad de la mermelada ecológica de naranja (*Citrus sinensis*). Para ello se realizaron 15 experimentos con tres repeticiones cada experimento, teniendo en cuenta el diseño estadístico de Box-Behnken, la relación de jugo-panela fueron: para el jugo de naranja 330, 350 y 370 mililitros (ml); para la panela 330, 350 y 370 gramos (g) y para la pectina 7, 8 y 9 % con relación a la panela.

Los resultados obtenidos utilizando el diseño estadístico de Box-behnken se determinó que el pH óptimo es de 4,3 utilizando 345,7 ml de jugo de naranja, 333,4 gramos de panela y 7 % de pectina orgánica líquida. Para la concentración de sólidos solubles (°Brix), utilizando el mismo diseño estadístico se determinó como °Brix óptimo de 74 %, utilizando 351 ml de jugo de naranja, 347,8 g de panela y 9 % de pectina. Y la viscosidad óptima fue de 26021.8 centipoise, utilizando 341,6 ml de jugo de naranja, 352 g de panela y 7 % de pectina líquida. Los resultados óptimos descritos también son representados gráficamente, teniendo en cuenta los coeficientes de regresión máxima y mínima que son ajustados en la ecuación polinomial de cada variable determinada.

Palabras claves.

- Mermelada ecológica.
- Panela granulada

ABSTRACT

This research was aimed at determining the relationship of orange juice-Panela, Percentage of pectin and pH in the viscosity of the jam ecological orange (*Citrus sinensis*). It conducted 15 experiments with three replications taking into account the statistical design Box-Behnken, the ratio of juice-Panela were: orange juice quantities were 330, 350 ml and 370, for the quantities were panela of 330, 350 and 370 g and pectin percentages were 7, 8 and 9 % compared with the sugar cane.

The results obtained using a statistical design Box-Behnken found that the optimum pH of 4,3 using 345,7 ml of orange juice, panela cane and 333,4 g of 7 % organic liquid pectin. For the concentration of soluble solids (°B), using the same statistical design was determined as °Brix optimal 74 %, using 351ml of orange juice, 347,8 g of Panela cane and 9 % of pectin. And the optimal viscosity was 26021.8 centipoises, employing 341,6 ml of orange juice, 352,0 g of Panela cane and 7 % of liquid pectin. The best results are represented graphically described, taking into account the regression coefficients which are the highest and lowest adjusted in the equation polynomial of each variable identified.

Palabras claves.

- Jam ecological orange.
- Panela

I. INTRODUCCIÓN

En las dos últimas décadas, el crecimiento del movimiento medioambiental, combinado con la preocupación por la salud y la calidad de la dieta ha llevado a muchos a cuestionar las prácticas agrícolas modernas, la preocupación se ha centrado en la seguridad de los alimentos, seguida de varios peligros alimentarios, como la salmonela, la listeria y la BSE (encefalopatía espongiforme bovina), y más recientemente, los alimentos modificados genéticamente, las implicaciones medioambientales del uso generalizado de producción agroquímicas, así como los riesgos sanitarios, asociados a residuos en los alimentos. El desarrollo del mercado de los alimentos ecológicos ha estado guiado por el consumidor debido a los aspectos antes mencionados y en combinación con un período de prosperidad económica, por ser más saludable y menos perjudicial para el medio ambiente. En muchos países europeos la demanda de alimentos ecológicos ha superado la oferta; un producto se dice que es ecológico cuando no menos del 95 % de insumos han sido producidos en forma ecológica (Wright 2002).

El manejo y transformación de alimentos orgánicos debe mantener la inocuidad, calidad e integridad del producto, y debe ser realizado en forma separada en tiempo y/o espacio de la manipulación y transformación de productos no orgánicos. Los métodos de transformación deben estar basados en procesos químicos, físicos y biológicos que no deterioren la calidad orgánica de todos los ingredientes en cada etapa del proceso. Los productos orgánicos importados deben adecuarse a todas las disposiciones descritas en el Reglamento Técnico y estar certificados por un Organismo de Certificación debidamente acreditado y autorizado por la autoridad competente (CONAPO 2006).

El Reino Unido, es actualmente el mercado más dinámico para la comida y bebida ecológica de todo el mundo. En 1974, la Soil Association establece el primer grupo de normas ecológicas, las cuales fueron la base del Reglamento 2092/91 de la Unión Europea. La certificación ecológica asegura que los productores realizan los controles oportunos para garantizar el cumplimiento de los requisitos de embalaje y el empleo de materias primas ecológicas. Las categorías del producto más importante para el mercado ecológico Europeo son las frutas y verduras frescas, los cereales y los productos lácteos, aunque varían entre los países según la disponibilidad de productos, las primas sobre los precios y las preferencias del consumidor (Wright 2002).

Las razones fundamentales por lo que la gente compra alimentos ecológicos son: Primero, es una internacionalización del razonamiento; es decir, la gente se interesa o se preocupa por lo que come. Quieren asegurarse que eligen la mejor opción en cuestiones de salud, seguridad para este tipo de gente, y representan una fracción importante del mercado ecológico, por el aroma y el sabor. Segundo, la elección de la gente por elegir la comida ecológica está relacionada con asuntos externos. Se interesan por saber como son producidos sus alimentos, de donde vienen y que se les hace durante su trayecto desde el campo hasta la mesa o consumo, probablemente estén preocupados por temas medioambientales, la sostenibilidad de la agricultura, el campo y el futuro del mundo, los que representan muchas de las opciones intelectuales de comprar comida ecológica, preocupándose por el medio ambiente y la agricultura convencional (Wright 2002).

Los productos orgánicos, son aquellos que provienen de cultivos libres de sustancias químicas, es decir, de todos aquellos cultivos en los que no se emplean plaguicidas ni fertilizantes sintéticos, por el contrario, durante su cultivo se usa agua limpia para el riego, así como semillas certificadas, que no han sido manipuladas

genéticamente. El Perú es uno de los pocos países del mundo donde se produce éste tipo de alimentos, gracias a que se mantienen vigentes las prácticas agronómicas de nuestros ancestros; en la actualidad, el Perú ocupa el tercer lugar de América Latina en extensión agrícola de cultivos orgánicos, donde los suelos son sanos, fértiles y libres de contaminantes (Santa Natura 2006)

Muchas de las enfermedades del mundo están relacionadas al consumo de los residuos de sustancias químicas que se encuentran principalmente, en las frutas y verduras que se consume diariamente, si consideramos las últimas décadas pasadas, la agricultura mundial hizo uso excesivo de productos químicos en los campos de cultivos, lo cual ha perjudicado no sólo a consumidores y agricultores sino también al suelo, agua y aire que fueron contaminados de manera alarmante. Es por eso que este producto es elaborado con insumos orgánicos, logrando así conservar intactos todos sus nutrientes, energía, pureza y propiedades benéficas hasta llegar a manos del consumidor (Santa Natura 2006).

El futuro del país depende en gran parte del desarrollo agroindustrial, pues posee una gran diversidad de recursos agrícolas. En la Región Amazonas destacan la producción de frutas cítricas, que en la actualidad están siendo aprovechadas en forma deficiente, y en algunos casos no se está dando la debida importancia. Dentro de las líneas de procesamiento tradicional se tiene la posibilidad de emplear la naranja criolla (*Citrus sinensis*) como un producto orgánico, o sea cultivado sin utilizar sustancias químicas, contribuyendo de esta manera en incrementar los ingresos económicos de los agricultores, para luego tener productos elaborados ecológicamente y así dar el valor agregado a la fruta excedente, utilizando insumos orgánicos; la preparación de

mermelada ecológica de naranja, ha pasado por ser un proceso casero, para convertirse en una importante actividad de la industria de procesamiento de frutas. La conservación de éste producto se basa en las características de la materia prima que se emplea y los varios efectos que se ejercen sobre los microorganismos potencialmente deteriorantes de la mermelada. Las naranjas se caracterizan por ser ácidas con un valor de pH que oscila entre 3,0 a 3,8, la concentración se hace a temperaturas que varían entre 85-96 °C, con un tiempo entre 10-30 minutos, tratamiento en la cual se elimina formas vegetativas de microorganismos y la mayoría de esporuladas, el efecto conservante es la alta concentración de sólidos solubles (65-68 %) que alcanza el producto final (Camacho 1983).

La mermelada es el producto de consistencia pastosa o gelatinosa, obtenida por la cocción y concentración de frutas sanas, limpias y adecuadamente preparadas, adicionada edulcorantes naturales y aditivos permitidos, con o sin adición de agua, la consistencia buena es la que presenta una mermelada, en la cual la fruta entera, los trozos, tiras o partículas finas de las misma, están dispersos uniformemente en todo el producto, este puede ser firme pero no duro, o puede presentarse viscoso sin llegar a ser líquido, de un color brillante uniforme en todo el producto y característico a la variedad de fruta empleada en la preparación, libre de oscurecimiento, debido a la elaboración defectuosa y de sabor y aroma característico al de la fruta empleada como materia prima; puede tener un ligero sabor caramelizado, pero carecerá de cualquier sabor y aroma extraños (Norma ITINTEC 1991).

La elaboración de mermelada ecológica de naranja (*Citrus sinensis*) es una alternativa viable para el desarrollo agroindustrial y saludable de la Región por el valor agregado que se le da a la fruta, y abre un nuevo mercado aumentando los beneficios

nutricionales y económicos. Además la mermelada a partir de frutas garantiza la estabilidad y conservación del producto a temperatura ambiente reduciendo costos y prolongando su vida útil, las frutas tropicales tienen muchas propiedades y componentes aromatizantes (Camacho 1981).

Debido a la alta concentración de sólidos solubles en la mermelada ecológica de naranja se utilizará la panela como edulcorante. La panela es un producto orgánico, conocido también en nuestro medio como chancaca granulada, producto obtenido de la evaporación del jugo de la caña de azúcar y la consiguiente cristalización de la sacarosa, y los demás componentes soluble en el jugo, quedando en forma granulada, con coloración de tonos amarillos a pardo oscuro, de sabor y olor característico, se utiliza como edulcorante y aromatizante orgánico en bebidas frías y calientes, así como también en mermeladas y jaleas elaborados en forma orgánica, tanto para el consumo familiar como industrial. Los parámetros técnicos indican que debe tener entre 96-98 °Brix; 5,5-11,0 % de azúcares reductores, 5,8-6,2 de pH, 1,6-5,0 % de humedad y de 0,8-1,5 % de sólidos sedimentables. La composición química nutricional aproximada es de: 2,4 mg/100 g de hierro, 82-85 % de carbohidratos, 20-80 mg/100 g de sodio, 80-250 mg/100 g de calcio, 1,5-2,0 % de cenizas, 0,2 % de nitrógeno, 40-120 mg/100 g de fósforo, y un poder energético de 351 cal/100 g (Mestanza 2004).

Los requisitos organolépticos de la mermelada está dado por un sistema de calificación, y se clasifican por grados de calidad, asignando un puntaje de acuerdo con la importancia relativa de cada factor expresada numéricamente en una escala de 100 puntos; el número máximo de puntos que se le asigna a cada factor es: consistencia 20 puntos, color 20 puntos, ausencia de defectos 20 puntos, sabor y aroma 40 puntos;

sumando un total de 100 puntos, La cantidad de sólidos solubles (°Brix) como mínimo es de 65 %; un pH entre 3,0-3,8; y contenido de contaminantes como máximo (en mg/Kg ppm) de: Arsénico 1, Plomo 1, Cobre 5, Estaño 250 (Norma ITINTEC 1991).

A partir de la materia prima (naranja), se obtienen los siguientes rendimientos:

Jugo de naranja filtrado	29 %
Desechos totales	71 %
Contenido de Azúcar de la fruta	10,4 %.

Se adiciona un 2-3 % de cáscaras cortadas finas, (Sólo el flavedo o la parte exterior de la naranja). Opcionalmente, a las cáscaras se le hace el escaldado por 10-15 minutos para reducir los aceites esenciales en el producto terminado, y al mismo tiempo, ablandarlas. La cantidad de azúcar debe ser igual a la cantidad de jugo de la naranja y el producto terminado, mermelada tipo jalea debe, contener entre 65-68 °Brix; después de la recepción, lavado y pesado de la fruta, se extrae el jugo, lo más rápido posible para evitar el exceso de amargor. El jugo se filtra en un lienzo. Luego se concentra, adicionándole pectina entre 0,6-0,8 %, con un 0,5% de ácido cítrico para favorecer la acidez y la formación del gel en naranjas poco ácidas. A 65-68 °Brix, la mermelada se retira del fuego para luego proceder al llenado de los frascos, después del enfriado, deben ser lavados, secados, etiquetados y almacenados (Dpto. de Agricultura de la FAO 2005).

Para la elaboración de la mermelada, el insumo más importante es la pectina, éste es un hidrocoloide que en solución acuosa presenta propiedades espesantes, estabilizantes y sobre todo gelificantes. Son insolubles en alcoholes, disolventes

orgánicos corrientes y parcialmente solubles en jarabes ricos en azúcares. La disolución en agua de la pectina en polvo tiene lugar en tres etapas: dispersión, hinchado y disolución. Para la dispersión en polvo es necesaria una fuerte agitación a fin de separar bien los gránulos de pectina e impedir la formación de grumos que serían posteriormente insolubles. Una vez dispersada, la pectina necesita tiempo para hidratarse; es la etapa del hinchado. La viscosidad de la solución depende de la concentración y la temperatura, el peso molecular y el grado de esterificación de la pectina (Ahmed 1981).

Este grado de esterificación determinará el comportamiento de las pectinas junto a los ingredientes necesarios para la gelificación. Es así que las pectinas con alto metoxilo necesitan para formar geles contar con una concentración mínima de sólidos solubles (°Brix) y un valor de pH que oscila entre un rango relativamente estrecho. Los grados SAG de una determinada pectina extraída de una fruta como la de cáscaras de cítricos, varían principalmente según el grado de madurez de la fruta, del proceso de extracción y condiciones de almacenamiento (Ahmed 1981).

El comportamiento del ácido en el fenómeno de la gelificación, esta estrechamente ligado a la acidez activa, expresada como pH, con significado y valores diversos de la acidez titulable o total. Algunas sales contenidas en la fruta, llamadas sales tampones o buffer, tienen poder estabilizante sobre los iones ácidos y básicos de una solución y reduce el efecto de la acidez total. En una solución de alto contenido de ácido, la presencia de sales tampones disminuye la acidez activa e influye negativamente en el proceso de gelificación, y requiere ajustar el pH a valores bien delimitados (Ahmed 1981).

Para cada tipo de pectina y para cada valor de concentración de azúcar existe un valor de pH, que corresponde el óptimo de gelificación, este valor está comprendido entre límites estrechos, que van, para pectinas de alto metoxilo entre 2,8 y 3,7 de pH; y Valores superiores a éste la gelificación no tiene efecto, mientras que para valores inferiores a 2,8 de pH se produce la sinéresis; este fenómeno se manifiesta por una exudación de jarabe y es debido al endurecimiento excesivo de las fibras de pectina, que pierden la elasticidad necesaria para retener los líquidos del gel (Ahmed 1981).

Entre los factores que disminuyen este fenómeno están: el aumento del pH, la concentración de pectina y sólidos solubles (°Brix). De otro lado la sinéresis es aumentada por el uso de la pectina, rápida gelificación y la adición de jarabe a la glucosa. El ácido se adiciona al final de la cocción para crear las condiciones necesarias de la gelificación y se inicia el proceso, la adición anticipada provocaría fenómenos de pre-gelificación que dañarían el resultado final de la elaboración, el ácido más usado es el ácido cítrico por su agradable sabor (Ahmed 1981).

La formación del gel tiene lugar con proporciones variables de los componentes, que deben alcanzar en cada caso un exacto equilibrio para obtener el óptimo de gelificación, este equilibrio está influenciado por la presencia de ciertas sales de la fruta o adicionadas. La gelificación de la pectina de alto metoxilo está comprendida entre los valores de 60 y 80 % de sólidos solubles. La cocción prolongada de ingredientes puede causar graves inconvenientes como: exceso de inversión, con la respectiva cristalización de la glucosa, y la caramelización de los azúcares, con el oscurecimiento del producto y la pérdida de aromas. La normal gelificación se obtiene ajustando el pH de la fruta (pulpa o jugo) entre los límites ya indicados. La acidez total de la mermelada debe ser

mantenida lo más constante posible; ésta puede variar entre un máximo de 8 % y un mínimo de 3 % con un óptimo de 5 % (Camacho 1983).

Las legislaciones de casi todos los países establecen para las mermeladas un contenido mínimo de sólidos solubles que varía desde 60-68,5 %. El rendimiento teórico de una formulación está calculado sobre el total de la materia sólida de los componentes, cuyos valores no sufren variaciones con la cocción. Los valores aproximados de los sólidos solubles de las principales materias primas son:

- Sacarosa 100 %
- Ácido cítrico seco 100 %
- Pectina seca 100 %
- Fruta de 5 al 30 %.

Los primeros tres valores son constantes, mientras el último depende de la variedad y el grado de maduración y conservación de la fruta. La concentración de azúcar aumenta en la cocción, no sólo por la eliminación del agua, sino también por la inversión de la sacarosa. En un producto con un valor teórico del 65 % de sólidos solubles y con el 30 % de sacarosa invertida, el incremento de las sustancias sólidas es de cerca del 1 % del producto terminado, resultando un valor real de sólidos solubles de 66 %, éste aumento es considerado como margen de seguridad (Camacho 1983).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. MATERIAL

2.1.1. Material Biológico

- Se utilizó naranja criolla (*Citrus sinensis*), procedente del distrito de Longar, provincia de Rodríguez de Mendoza, para la elaboración de la mermelada.
- Cáscara de naranja criolla con madurez fisiológica para la obtención de pectina orgánica, también procedente del distrito de Longar, Provincia de Rodríguez de Mendoza.
- La panela o chancaca granulada se obtuvo de productores agropecuarios procedente de la provincia de Rodríguez de Mendoza de la Región Amazonas.
- Limón ácido procedente de la provincia de Bagua, utilizado en la hidrólisis ácida para obtener la pectina líquida ecológica.

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Tratamiento de los análisis preliminares de la naranja

Se procedió a determinar el pH, utilizando el pH-metro digital, sólidos solubles usando el refractómetro visual de 0-50 % en la etapa de recolección y maduración de la naranja, también se realizó el pesado en una balanza mecánica de triple brazo.

2.2.2. Operaciones y parámetros de procesamiento de la mermelada ecológica de naranja

En la figura 1 se representa el diagrama de flujo para la elaboración y procesamiento de la mermelada ecológica de naranja criolla (*Citrus sinensis*) Procedente de Rodríguez de Mendoza.

2.2.2.1. Obtención de la naranja

Se utilizó jugo de naranja criolla procedente del distrito de Longar, provincia de Rodríguez de Mendoza Región Amazonas, con un estado de madurez óptima y de buena calidad, sin magulladuras y de la misma variedad.

2.2.2.2. Pesado de la naranja

La naranja utilizada previamente seleccionada se pesó y se determinó su rendimiento, se calculó los insumos necesarios para la elaboración de la mermelada.

2.2.2.3. Lavado y Pelado de la naranja

Una vez, pesado la naranja se procedió a lavar con abundante agua para eliminar impurezas adheridas a la fruta, y luego se realizó el pelado, separando la cáscara de la pulpa con la finalidad de evitar la mezcla de sustancias extrañas de la cáscara hacia el jugo.

2.2.2.4. Extracción del jugo de la naranja

Luego de separar la cáscara de la pulpa, se procedió a extraer el jugo de la pulpa por intermedio de un extractor o exprimidor manual.

2.2.2.5. Filtrado o colado del jugo extraído

Se filtró el jugo de naranja extraído, haciéndolo pasar por un colador fino para eliminar semillas y partículas de la pulpa.

2.2.2.6. Formulación de ingredientes para la mermelada

Luego de colar el jugo extraído, se midió en ml y se calculó la cantidad de panela y pectina que se necesitaba. La pectina que se utilizó fue en forma líquida, y fue mezclado en un vaso de 200 ml, con una porción igual de solución de jugo de naranja con panela caliente, luego se adicionó a la mezcla cuando estaba entre 64-66 °Brix y dentro de 10-25 minutos se retiraba del fuego, previamente haciendo la prueba de la gota determinando si la mermelada ya estaba listo para envasarlo.

2.2.2.7. Concentrado o cocción de la mermelada de naranja

En esta etapa se procedió a concentrar la solución elevando la temperatura, con la finalidad de evaporar parte del agua contenido en el jugo o solución, la medida más usada para retirar del fuego o terminar la cocción se hizo a través de una medida objetiva (prueba de flujo o de gota). Esta prueba

consistió en: tomar una muestra de la mermelada que esta en cocción, enfriarla previamente y dejarla caer en un vaso con agua fría y observar si la gota de muestra desaparece en el trayecto, quiere decir que todavía falta, y si la gota cae al fondo del vaso sin desintegrarse, quiere decir que la mermelada ya esta lista para envasarlo (CIPCYT 1998).

2.2.2.8. Traspase de la mermelada

Consistió en retirar la mermelada de la olla donde se realizó la cocción para evitar el sobrecalentamiento y con ello el cambio del color, dejando libre la olla para continuar con la producción.

2.2.2.9. Envasado

La mermelada fue envasada en caliente a una temperatura de 85 °C en envases de vidrio para su conservación, y para esterilizar la tapa se tuvo que invertir el envase por unos tres minutos.

2.2.2.10. Enfriado

El enfriamiento de los recipientes llenos y sellados se efectuó por medio de agua fría dejándolo en reposo hasta su completo enfriamiento.

2.2.2.11. Almacenado

Antes de pasar al almacenaje, se realizó la limpieza superficial de los envases, luego se almacenó por lotes identificados por la fecha y número de experimento para realizar los controles necesarios.

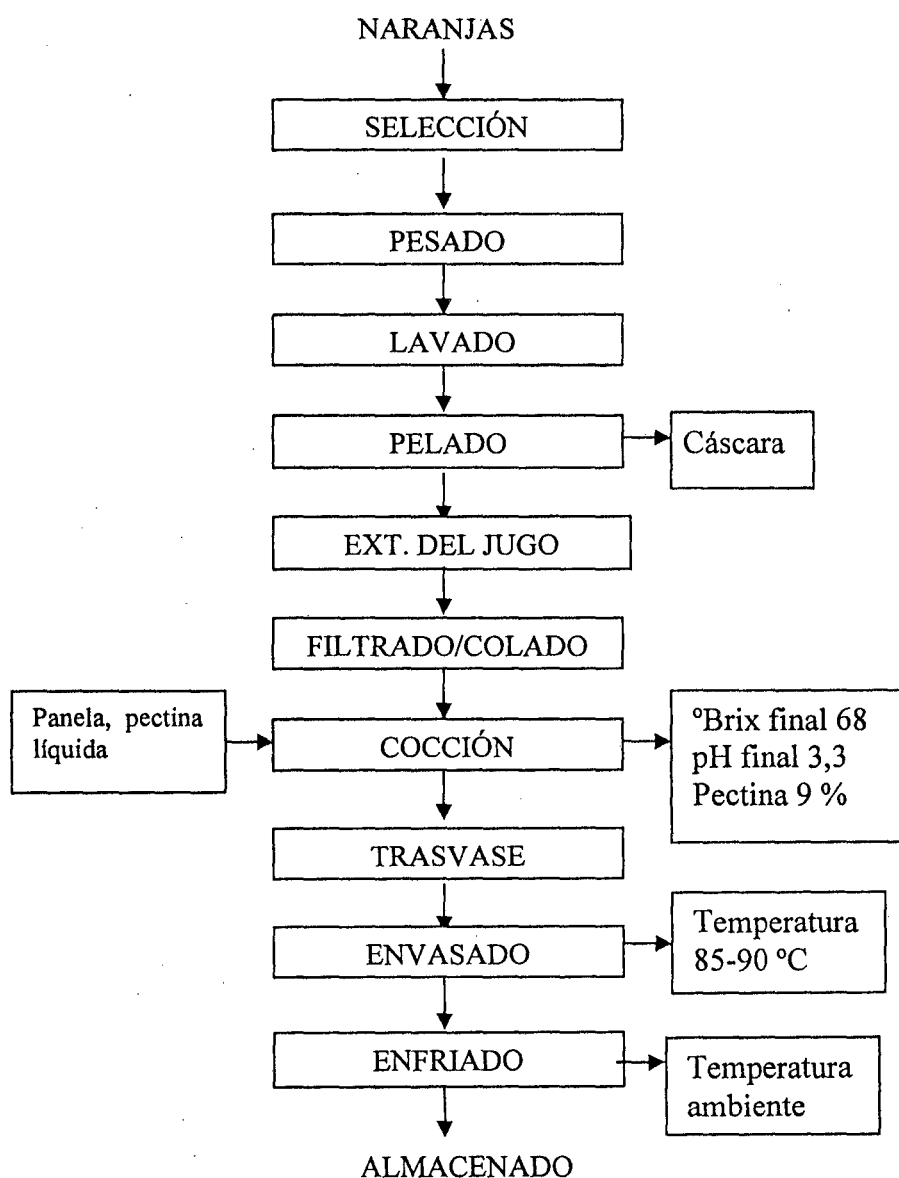


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de mermelada ecológica de naranja.

Diagrama de operaciones

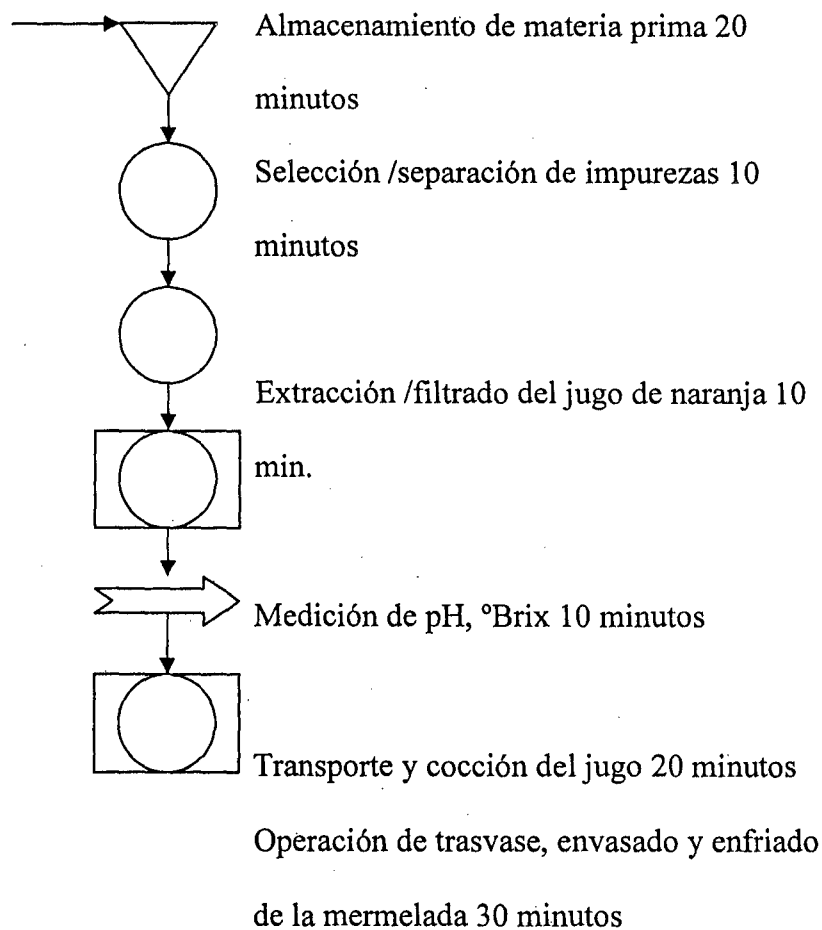


Figura 2. Diagrama de operaciones de la elaboración de mermelada ecológica de naranja.

Resumen del diagrama de operaciones

Actividad	Símbolo	Nº de actividades	Tiempo total
Almacén	▽	1	20 minutos
Operación	○	2	20 minutos
Insp/operación	◻	2	40 minutos
Transporte	➡	1	20 minutos
Total de tiempo empleado			100 minutos

III. RESULTADOS

Los resultados del trabajo de investigación acerca de la determinación de la relación jugo de naranja-panela, porcentaje de pectina y pH en la viscosidad de la mermelada ecológica de naranja (*Citrus sinensis*), son los que se muestran a continuación, tablas y figuras que representan los resultados obtenidos.

En la tabla 2 del anexo 2 se determina la relación de las variables independientes, dado como: A, jugo de naranja (ml); B, panela (g); C, porcentaje de pectina con relación a la panela (gramos de panela / % pectina), para determinar el pH necesario, °Brix para gelificar a la mermelada y dar una viscosidad óptima, sin tener en cuenta el tiempo de cocción. Estos resultados determinados son optimizados con el diseño estadístico indicado en el capítulo anterior cuando no se tienen rango establecido referente al proyecto de investigación.

En la tabla 1 se demuestra los datos observados del producto final por los equipos existentes en los laboratorios de la UNAT-A, pH (Y1), °Brix (Y2) y viscosidad (Y3) de los 15 experimentos realizados, los cuales son analizados por el software Statgraphics 5,1 y obtener resultados óptimos que son descritos posteriormente.

Tabla 1. Determinación promedio de datos, tanto del pH (Y1), °Brix (Y2) y viscosidad (Y3) en la mermelada ecológica de naranja, aplicando el diseño estadístico de Box Behnken de los experimentos realizados tomando como base la tabla 1y2 del anexo 2.

Nº de Experimt.	Jugo de naranja	Panela	Pectina	pH	°Brix	viscosidad
	ml	g	%			en cp.
	A	B	C	Y1	Y2	Y3
1	370	370	8	4,18	69,0	3323
2	370	330	9	3,26	70,0	3503
3	330	350	8	4,02	67,5	13643
4	330	370	7	3,72	70,0	3078
5	370	350	8	3,24	67,0	3339
6	370	350	7	3,80	69,0	9197
7	330	330	9	2,29	70,5	12050
8	330	350	7	3,86	73,5	26425
9	350	370	9	4,13	74,5	11664
10	350	370	8	3,25	70,0	19847
11	350	330	9	4,11	72,0	8613
12	350	330	7	4,16	69,0	4783
13	350	350	8	3,83	72,5	18640
14	370	370	9	3,33	68,0	28220
15	330	330	7	4.22	73,5	8860

3.1. Estimación de la máxima determinación del pH, °Brix y viscosidad de la mermelada con el estadístico Statgraphics 5,1

El nivel óptimo de cada variable independiente, se ha determinado usando las técnicas de optimización de Respuesta Superficial (Daniel 1976), el cual fue aplicado a las tres variables independientes, y sus relaciones se ajustaron al siguiente modelo polinomial cuadrático.

$$Y = b_0 + b_1A + b_2B + b_3C + b_4AB + b_5AC + b_6BC + b_7A^2 + b_8B^2 + b_9C^2$$

Donde:

Y = Variables dependientes (pH, °Brix y viscosidad)

A, B, C = Variables independientes

b_0 = Coeficiente de regresión en el punto central

b_1, b_2, b_3 = Coeficientes lineales

b_4, b_5, b_6 = Coeficientes de integración de segundo orden

b_7, b_8, b_9 = Coeficientes cuadráticos.

Para la identificación del valor óptimo fue necesario estimar la curvatura, para esto, cada variable fue ensayada en 15 niveles experimentales mediante el diseño de Box-Behnken, es un diseño factorial fraccional (Daniel 1976). Los coeficientes del modelo polinomial fueron calculados usando las técnicas de regresión simple y luego se describió las ecuaciones XY polinomiales que fueron usadas para generar respuestas y líneas de contorno haciendo diferentes combinaciones con los niveles de las variables independientes. Todos los cálculos y gráficos fueron realizados con el software Statgraphics. 5,1.

3.2. Análisis de la mermelada desde la obtención de la materia prima hasta el producto terminado

Después de haber optimizado los valores de las variables que influyeron en las características del producto final de la mermelada ecológica, durante la producción, se hicieron permanentes análisis, desde que se obtuvo la materia prima, hasta el producto terminado utilizando equipos existentes en los laboratorios de la UNAT-A como: el pH del jugo de la naranja fue de 3,6 midiéndose en un pH- metro digital, y para la mermelada fue de 3,2 a 4,2 de pH; los °Brix del jugo de la naranja fue de 11, y la mermelada registró desde 67 a 74,5 % de sólidos solubles (tabla 1) medido con el refractómetro visual portátil de 0 - 50 °Brix para el jugo de naranja, y para la mermelada de 50 -100 °Brix; la viscosidad fue medida en viscosímetro rotacional digital que mide desde 2- 200 r.p.m, sólo se midió a la mermelada registrando una viscosidad que va desde 3078 a 28220 centipoises, utilizando spines 4 y 5 para la medición, fue envasado en envases de vidrio transparente tapado herméticamente, para luego hacer los análisis respectivos determinados en el proyecto de investigación.

Las características organolépticas de la mermelada dieron como resultado lo siguientes:

- Color: brillante característico a la mezcla jugo de naranja – panela
- Sabor: característico a naranja-panela
- Olor y aroma: característico a la mermelada de naranja
- Consistencia: gelatinosa característico a una mermelada de fruta.

Tabla 2. Determinación de los efectos estimados e interacciones en el orden decreciente para el pH (Y1), con los datos de la tabla 1.

Promedio	=	-95,0921	+/-	205,301
A:A	=	1,28496	+/-	1,41397
B:B	=	0,171644	+/-	1,64996
C:C	=	-13,9104	+/-	17,7415
AA	=	-0,00213341	+/-	0,00261691
AB	=	0,000107705	+/-	0,0022704
AC	=	0,0220389	+/-	0,0352361
BB	=	-0,000469192	+/-	0,00255704
BC	=	0,0148511	+/-	0,0387311
CC	=	0,0305467	+/-	0,964737

Tabla 3. Análisis de la varianza para determinar el pH óptimo, teniendo en cuenta las variables independientes.

Fuente	Suma de Cuad.	Gl	Cuad. Medio	F-Ratio	P-Valor
A:A	0,365495	1	0,365495	0,83	0,4052
B:B	0,00478956	1	0,00478956	0,01	0,9212
C:C	0,27207	1	0,27207	0,61	0,4685
AA	0,294142	1	0,294142	0,66	0,4520
AB	0,000995989	1	0,000995989	0,00	0,9640
AC	0,173136	1	0,173136	0,39	0,5591
BB	0,0149009	1	0,0149009	0,03	0,8616
BC	0,0650705	1	0,0650705	0,15	0,7172
CC	0,000443706	1	0,000443706	0,00	0,9760
Error total:	2,21287	5	0,442573		
Total (corr.)	3,95273	14			

R^2	=	44,0168 %
R^2 (ajustado para g.l)	=	0,0 %
Error estándar de estimación	=	0,665262
Error absoluto de la media	=	0,318681
Estadístico Durbin-Watson	=	2,57039 (P=0,0972)
Auto correlación residual Lag. 1	=	-0,38361

La tabla 3 de ANOVA divide la variabilidad en Y1 (pH) en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. Para después probar la significación estadística de cada efecto comparando la media al cuadrado contra una estimación del error experimental. En este caso, 0 (cero) de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95 % de nivel de confianza.

El estadístico R^2 indica que el modelo así ajustado explica el 44% de la variabilidad en Y1 (pH). El estadístico R^2 ajustado, es más adecuado para la comparación de números diferentes de variables independientes, es 0,0 %. El error estándar de la estimación muestra la desviación normal de los residuos para ser 0,7. El error absoluto de la media (MAE) es de 0,3, siendo éste el promedio del valor de los residuos. El estadístico Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay cualquier correlación significativa basada en el orden en el que se suceden en la tabla de datos. Puesto que el p-valor es superior a 0,05, no hay indicios de correlación de serie en los residuos.

Tabla 4. Coeficientes de regresión para el pH, en función a las variables independientes

Constante	b_0	=	-95,0921
A:A	b_1	=	0,642481
B:B	b_2	=	0,0858219
C:C	b_3	=	-6,95518
AA	b_4	=	-0,00106671
AB	b_5	=	0,0000538526
AC	b_6	=	0,0110194
BB	b_7	=	-0,000234596
BC	b_8	=	0,00742557
CC	b_9	=	0,0152733

Con los coeficientes de la tabla 4, completamos la ecuación polinomial y con el software Statgraphics 5,1 se calculan los valores óptimos de cada una de las variables en estudio.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$Y1 = -95,0921 + 0,642481 \times A + 0,0858219 \times B - 6,95518 \times C - 0,00106671 \times A^2 + 0,0000538526 \times A \times B + 0,0110194 \times A \times C - 0,000234596 \times B^2 + 0,00742557 \times B \times C + 0,0152733 \times C^2.$$

Tabla 5. Resultados de la estimación para el pH en todos los niveles experimentales.

Fila	Valor Observados	Valor Ajustados	Inf. 95 % CL para la media	Sup. 95 % CL para la media
1	4,18	3,53719	2,16834	4,90603
2	3,26	3,3319	1,7732	4,89059
3	4,02	5,0073	2,11589	4,88557
4	3,72	3,72471	2,18759	5,26183
5	3,24	3,61233	2,52854	4,69613
6	3,80	3,66227	2,10038	5,22416
7	2,29	2,8226	1,27173	4,37347
8	3,86	3,99145	2,65089	5,332
9	4,13	3,79526	2,32068	5,26984
10	3,25	3,88653	2,72043	5,05263
11	4,11	3,50393	2,15862	4,84924
12	4,16	4,31106	2,91389	5,70824
13	3,83	3,98322	2,75096	5,21547
14	3,33	3,66631	2,23405	5,09857
15	4,22	4,07051	2,66383	5,47719

La tabla 5 contiene información sobre los valores del pH que se han generado usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

- La existencia del valor observado de Y1 (pH).
- El valor pronosticado de Y1 (pH) utilizando el modelo ajustado y
- Como límite de confianza 95 % para la respuesta media.

Cada ítem corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de la tabla de resultados.

Tabla 6. Pronóstico de la ruta ascendente para el pH en función de las variables independientes.

A	B	C	Y1
0,0	0,0	0,0	-95,0921
1,0	0,0739252	-12,3423	-6,41762
2,0	-0,0993377	-30,9653	135,535
3,0	3,42003	44,0739	-367,18
4,0	3,77974	38,9398	-337,082
5,0	4,12216	33,3577	-303,71

La tabla 6 muestra la ruta ascendente (o descendente). El cual es el camino del centro de la región experimental actual a lo largo de la respuesta estimada variando rápidamente con una variación mínima en los factores experimentales.

Tabla 7. Valores óptimos del pH calculado con el Statgraphics 5,1

Valor óptimo maximizado del pH = 4,3

Factor	Inferior	Mayor	Óptimo
A	330,0	370,0	345,709
B	330,0	370,0	333,381
C	7,0	9,0	7,0

La tabla 7 muestra la combinación de los niveles de factores que maximizan al pH por encima de la región indicada, demostrado por Statgraphics 5,1.

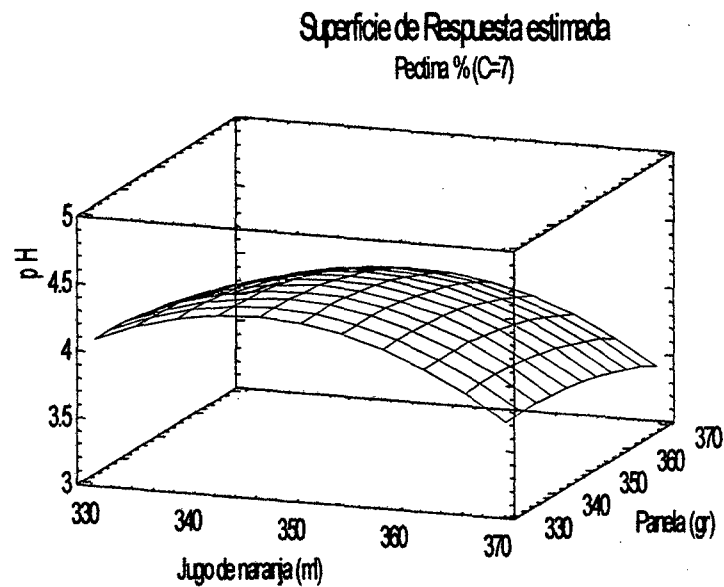


Figura 3: Gráfica de superficie del pH en función a las variables independientes.

Contornos de Superficie de la Respuesta Estimada

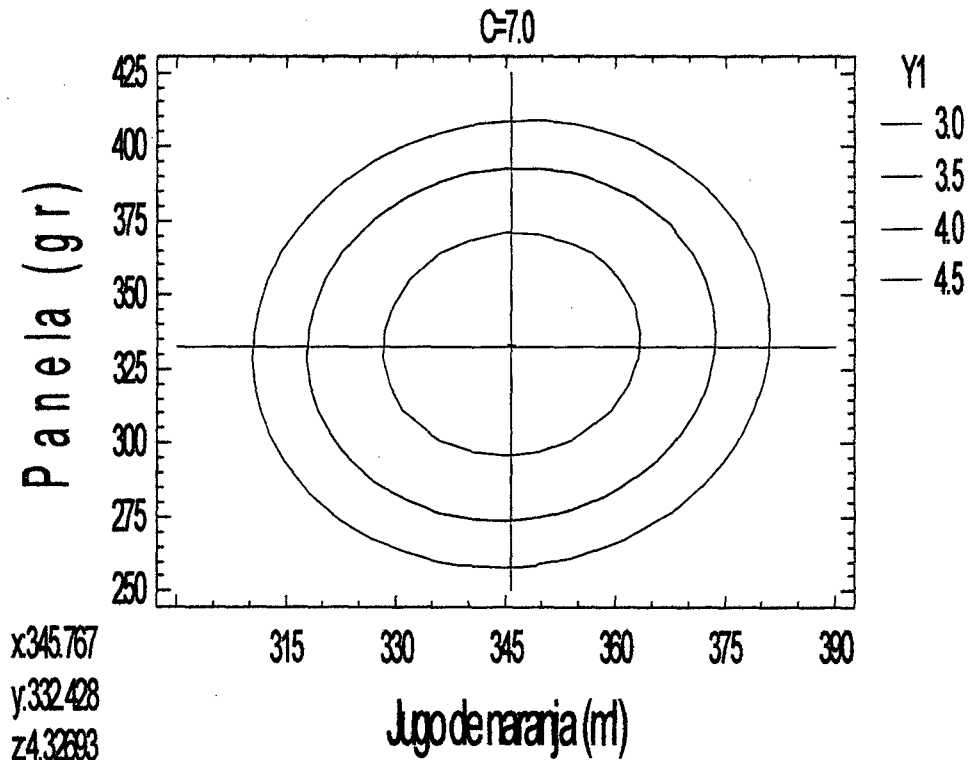


Figura 4. Gráfica de contornos de la respuesta estimada del pH en función a las variables independientes.

El tratamiento computarizado con el software estadístico Statgraphics 5,1 de los resultados de aplicar el diseño Box-Behnken, nos demuestra que se puede obtener una mermelada con un pH óptimo de 4,3 (Z), empleando 345,8 ml de jugo de naranja y de 332,4 gramos de panela y de 7 % de pectina líquida.

Tabla 8. Determinación de los efectos estimados e interacciones en el orden decreciente para los °Brix (Y2), con los datos de la tabla 1.

Promedio	=	-737,719	+/-	778,407
A:A	=	7,74079	+/-	5,36113
B:B	=	3,80638	+/-	6,25587
C:C	=	-98,5232	+/-	67,2674
AA	=	-0,0163199	+/-	0,0099221
AB	=	0,00727346	+/-	0,00860828
AC	=	0,131727	+/-	0,133599
BB	=	-0,00815402	+/-	0,00969508
BC	=	-0,0763605	+/-	0,14685
CC	=	4,95706	+/-	3,65783

Tabla 9. Análisis de la varianza para determinar los °Brix óptimo, teniendo en cuenta las variables independientes.

Fuente	Suma de Cuad.	Gl	Cuad. Medio	F-Ratio	P-Valor
A:A	13,2639	1	13,2639	2,08	0,2084
B:B	2,35539	1	2,35539	0,37	0,5695
C:C	13,6484	1	13,6484	2,15	0,2029
AA	17,2124	1	17,2124	2,71	0,1609
AB	4,54218	1	4,54218	0,71	0,4367
AC	6,18531	1	6,18531	0,97	0,3694
BB	4,50044	1	4,50044	0,71	0,4387
BC	1,72029	1	1,72029	0,27	0,6253
CC	11,6847	1	11,6847	1,84	0,2334
Error total	31,8115	5	6,3623		
Total (corr.)	75,1	14			

R ²	=	57,6412 %
R ² (ajustado para g.l.)	=	0,0 %
Error estándar de estimación	=	2,52236
Error absoluto de la media	=	1,22281
Estadístico Durbin-Watson	=	2,17402 (P=0,3433)
Auto correlación residual Lag 1	=	-0,176262

La tabla 9 de ANOVA divide la variabilidad en Y2 (°Brix) en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. Para después probar la significación estadística de cada efecto comparando la media al cuadrado contra una estimación del error experimental. En este caso, 0 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero, al 95 % de nivel de confianza.

El estadístico R² indica que el modelo así ajustado explica el 57,6 % de la variabilidad en Y2 (°Brix). El estadístico R² ajustado, es el más adecuado para la comparación de números diferentes de variables independientes, es 0 %. El error estándar de la estimación muestra la desviación normal de los residuos para ser 2,5. El error absoluto de la media (MAE) es de 1,2, siendo éste el promedio del valor de los residuos. El estadístico Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay cualquier correlación significativa basada en el orden en el que se suceden en la tabla de datos. Puesto que el p-valor es superior a 0,05, no hay indicios de correlación de serie en los residuos.

Tabla 10. Coeficientes de regresión para los °Brix, en función a las variables independientes.

Constante	b_0	=	-737,719
A:A	b_1	=	3,87039
B:B	b_2	=	1,90319
C:C	b_3	=	-49,2616
AA	b_4	=	-0,00815995
AB	b_5	=	0,00363673
AC	b_6	=	0,0658637
BB	b_7	=	-0,00407701
BC	b_8	=	-0,0381802
CC	b_9	=	2,47853

En la tabla 10 se muestra la ecuación de la regresión que es ajustado a los datos. La ecuación del modelo ajustado es.

$$\begin{aligned}
 Y_2 = & -737,719 + 3,87039 \times A + 1,90319 \times B - 49,2616 \times C - 0,00815995 \times A^2 \\
 & + 0,00363673 \times A \times B + 0,0658637 \times A \times C - 0,00407701 \times B^2 - \\
 & 0,0381802 \times B \times C + 2,47853 \times C^2.
 \end{aligned}$$

Tabla 11. Resultados de la estimación de los °Brix en todos niveles experimentales.

Fila	Valor Observados	Valor Ajustados	Inf. 95 % CL para la media	Sup. 95 % CL para la media
1	69,0	67,6112	62,4211	72,8012
2	70,0	68,6775	62,7676	74,5873
3	67,5	69,1255	63,8749	74,3762
4	70,0	70,8492	65,0212	76,6773
5	67,0	67,4534	63,3441	71,5626
6	69,0	68,5305	62,6085	74,4525
7	70,5	70,6245	64,7443	76,5047
8	73,5	72,8372	67,7545	77,92
9	74,5	72,0556	66,4647	77,6465
10	70,0	70,2565	65,8352	74,6778
11	72,0	72,915	67,8142	78,0157
12	69,0	71,2195	65,9221	76,5169
13	72,5	71,5534	66,8813	76,2256
14	68,0	70,7275	65,297	76,158
15	73,5	71,5636	66,231	76,897

En la tabla 11 contiene información sobre los valores de Y2 (°Brix) que se han generado usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

- La existencia del valor observado de Y2 (°Brix).
- El valor pronosticado de Y2 (°Brix) utilizando el modelo ajustado
- El límite de confianza para la respuesta media es de 95 %.

Cada ítem corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de la tabla de datos.

Tabla 12. Pronóstico de la ruta ascendente de los °Brix para las variables independientes.

A	B	C	Y2
0,0	0,0	0,0	-737,719
1,0	0,813942	-39,0958	4980,65
2,0	0,186632	40,2432	1306,94
3,0	0,174302	69,1813	7741,76
4,0	0,0285554	109,105	23435,9
5,0	-0,218473	157,356	52953,2

En la tabla 12 se muestra la ruta ascendente (o descendente). Este es el camino del centro de la región experimental actual a lo largo de la cual, la respuesta estimada varía rápidamente con una variación mínima en los factores experimentales.

Tabla 13. Valores óptimos de sólidos solubles (°Brix), calculado con el Statgraphics 5,1

Valor óptimo maximizado de los °Brix = 74

Factor	Inferior	Mayor	Óptimo
A	330,0	370,0	350,983
B	330,0	370,0	347,803
C	7,0	9,0	9,0

En la tabla 13 se demuestra la combinación de los niveles de factores que maximizan Y2 (°Brix) por encima de la región indicada, demostrado por el diseño Statgraphics 5,1.

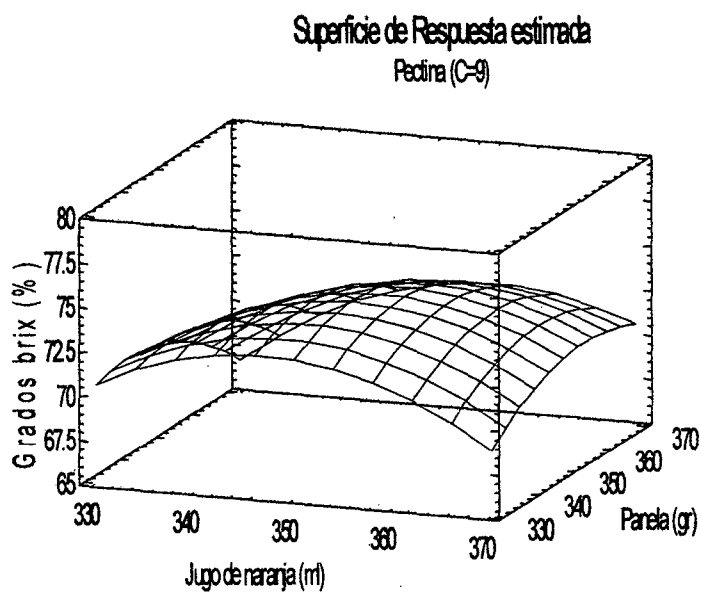


Figura 5: Gráfica de superficie de °Brix en función a las variables independientes.

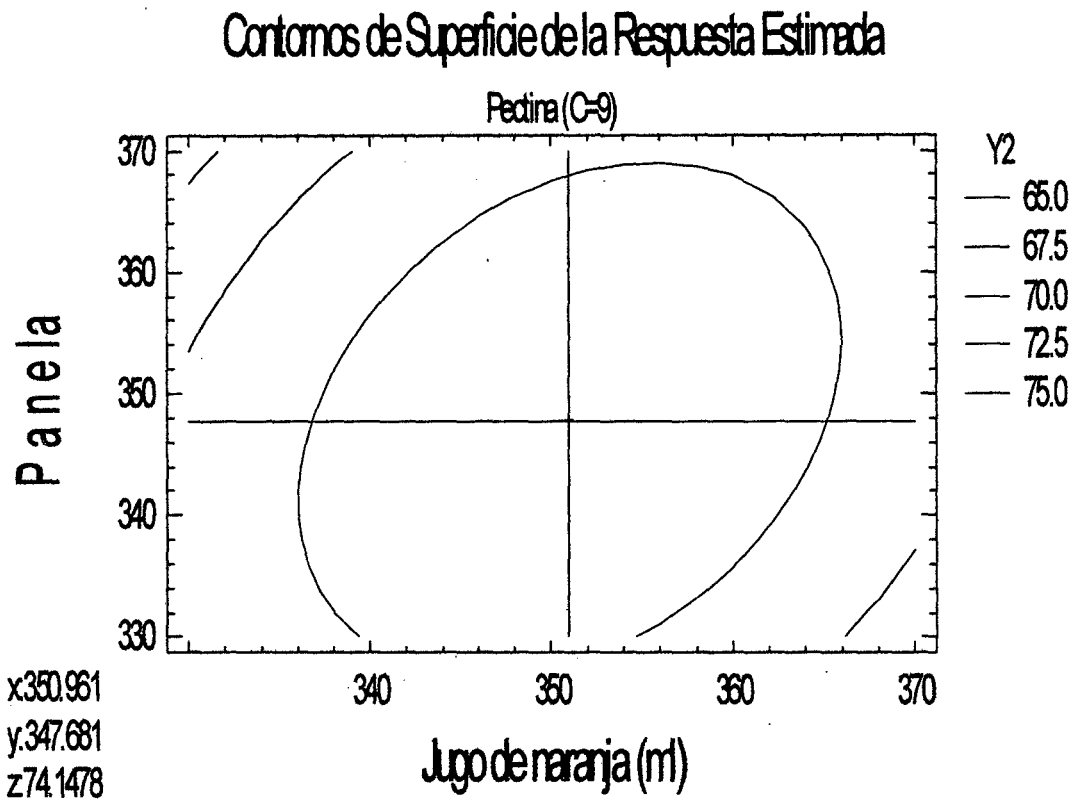


Figura 6. Gráfica de contornos de la respuesta estimada de los °Brix en función a las variables independientes.

El tratamiento computarizado con el software estadístico Statgraphics 5,1 de los resultados de aplicar el diseño Box-Behnken, nos demuestra que se puede obtener una mermelada con °Brix óptimo de 74 (Z), empleando 350,9 ml de jugo de naranja, 347,7 gramos de panela y de 9 % de pectina líquida.

Tabla 14. Determinación de los efectos estimados e interacciones en el orden decreciente para la viscosidad (Y3), con los datos de la tabla 1.

Promedio	=	-3,14854E6	+/-	2.42294E6
A:A	=	8927,0	+/-	16687.6
B:B	=	35607,5	+/-	19472.6
C:C	=	-382165,0	+/-	209383.0
AA	=	-43,3547	+/-	30.8845
AB	=	46,1192	+/-	26.7949
AC	=	637,215	+/-	415.852
BB	=	-70,7458	+/-	30.1778
BC	=	-221,896	+/-	457.1
CC	=	15169,0	+/-	11385.7

Tabla 15. Análisis de varianza para determinar la viscosidad óptima, teniendo en cuenta las variables independientes.

Fuente	Suma de Cuad.	Gl	Cuad. Medio	F-Ratio	P-Valor
A:A	1,76406E7	1	1,76406E7	0,29	0,6156
B:B	2,06121E8	1	2,06121E8	3,34	0,1270
C:C	2,05356E8	1	2,05356E8	3,33	0,1276
AA	1,21473E8	1	1,21473E8	1,97	0,2193
AB	1,82619E8	1	1,82619E8	2,96	0,1458
AC	1,44738E8	1	1,44738E8	2,35	0,1860
BB	3,38776E8	1	3,38776E8	5,50	0,0660
BC	1,45266E7	1	1,45266E7	0,24	0,6479
CC	1,09415E8	1	1,09415E8	1,77	0,2403
Error total	3,08217E8	5	6,16435E7		
Total (corr.)	9,61481E8	14			

R^2	=	67,9435 %
R^2 (ajustado para g.l.)	=	10,2417 %
Error estándar de estimación	=	7851,34
Error absoluto de la media	=	3893,56
Estadístico Durbin-Watson	=	2,89429 (P=0,0183)
Auto correlación residual Lag. 1	=	-0,503796

En la tabla 15 de ANOVA divide la variabilidad en Y3 (viscosidad) en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos. Para después probar la significación estadística de cada efecto comparando la media al cuadrado contra una estimación del error experimental. En este caso, 0 de los efectos tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95 % de nivel de confianza.

El estadístico R^2 indica que el modelo ajustado explica el 67,9 % de la variabilidad en Y3 (viscosidad). El estadístico R^2 ajustado, es el más adecuado para la comparación de números diferentes de variables independientes, es 10,2%. El error estándar de la estimación muestra la desviación normal de los residuos para ser 7851,3. El error absoluto de la media (MAE) es de 3893,6, siendo éste el promedio del valor de los residuos. El estadístico Durbin-Watson (DW), examina los residuos para determinar si hay cualquier correlación significativa basada en el orden en el que se suceden en la tabla de datos. Puesto que el p-valor es inferior a 0,05, hay indicios de una posible correlación de serie. Represente los residuos frente al orden de la fila para ver si hay cualquier modelo que pueda ser visto.

Tabla 16. Coeficientes de regresión de la viscosidad (Y3), en función a las variables independientes.

Constante	b0	=	-3,14854E6
A:A	b1	=	4463,5
B:B	b2	=	17803,7
C:C	b3	=	-191082
AA	b4	=	-21,6774
AB	b5	=	23,0596
AC	b6	=	318,608
BB	b7	=	-35,3729
BC	b8	=	-110,948
CC	b9	=	7584,48

En la tabla 16 se muestra la ecuación de la regresión que es ajustado a los datos. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\begin{aligned}
 Y3 = & -3,14854E6 + 4463,5 \times A + 17803,7 \times B - 191082,0 \times C - 21,6774 \times A^2 \\
 & + 23,0596 \times A \times B + 318,608 \times A \times C - 35,3729 \times B^2 - 110,948 \times B \times C \\
 & + 7584,48 \times C^2.
 \end{aligned}$$

Tabla 17. Resultados de estimación de la viscosidad para todos los niveles experimentales.

Fila	Valor Observados	Valor Ajustados	Inf. 95 % CL para la media	Sup. 95 % CL para la media
1	3323,0	8436,29	-7718,66	24591,2
2	3503,0	75,2544	-18320,3	18470,8
3	13643,0	12479,6	-3864,07	28823,4
4	3078,0	6851,65	-11289,2	24992,5
5	3339,0	8842,08	-3948,75	21632,9
6	9197,0	7104,3	-11329,0	25537,6
7	12050,0	9416,19	-8886,99	27719,4
8	26425,0	23486,2	7665,11	39307,2
9	11664,0	18017,8	614,994	35420,6
10	19847,0	9702,18	-4060,04	23464,4
11	8613,0	13416,7	-2460,52	29293,9
12	4783,0	3078,53	-13410,7	19567,8
13	18640,0	19331,8	4788,86	33874,8
14	28220,0	23124,1	6220,68	40027,5
15	8860,0	11822,4	-4779,08	28423,8

En la tabla 17 contiene información sobre los valores de Y3 (viscosidad) que se han generado usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

- La existencia del valor observado de Y3 (viscosidad).
- El valor pronosticado de Y3 (viscosidad) utilizando el modelo ajustado
- El límite de confianza para la respuesta media 95 %.

Cada ítem corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de la tabla de datos.

Tabla 18. Pronóstico de ruta ascendente para la viscosidad en función a las variables independientes.

A	B	C	Y2
0,0	0,0	0,0	-3,14854E6
1,0	3,31478	-28,735	8,66929E6
2,0	-4,48397	176,272	1,9896E8
3,0	-4,53648	217,987	3,1585E8
4,0	-4,63855	260,725	4,63005E8
5,0	-4,77651	304,203	6,41169E8

En la tabla 18 se muestra la ruta ascendente (o descendente). Este es el camino del centro de la región experimental actual a lo largo de la cual, la respuesta estimada varía rápidamente con una variación mínima en los factores experimentales.

Tabla 19. Valores óptimos de la viscosidad (Y3), calculado con el Statgraphics 5.1

Valor óptimo de la viscosidad = 26021,8 centipoises.

Factor	Inferior	Mayor	Óptimo
A	330,0	370,0	341,638
B	330,0	370,0	352,034
C	7,0	9,0	7,0

En la tabla 19 se demuestra la combinación de lo niveles de factores que maximizan Y3 (viscosidad) por encima de la región indicada, demostrado por Statgraphics 5,1.

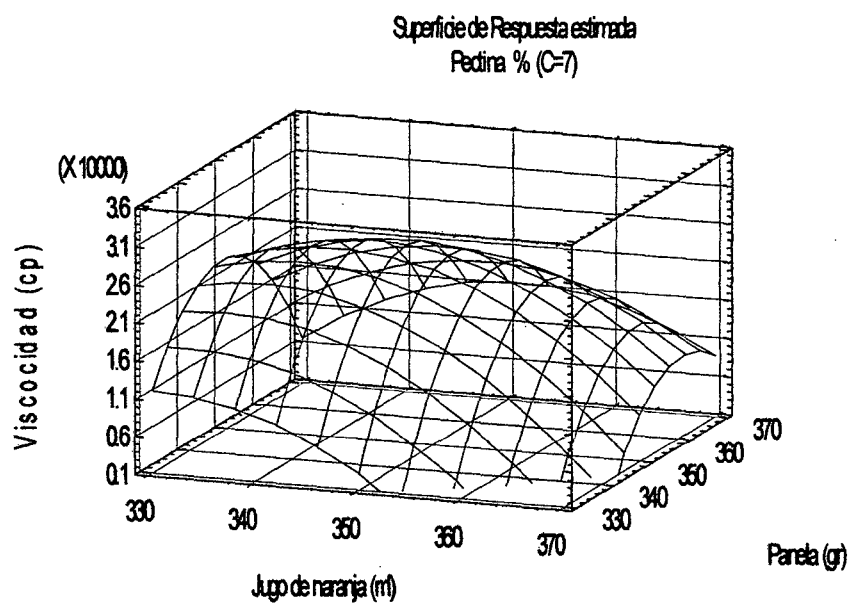


Figura 7: Gráfica de superficie de la respuesta estimada de viscosidad en función al porcentaje de pectina óptima.

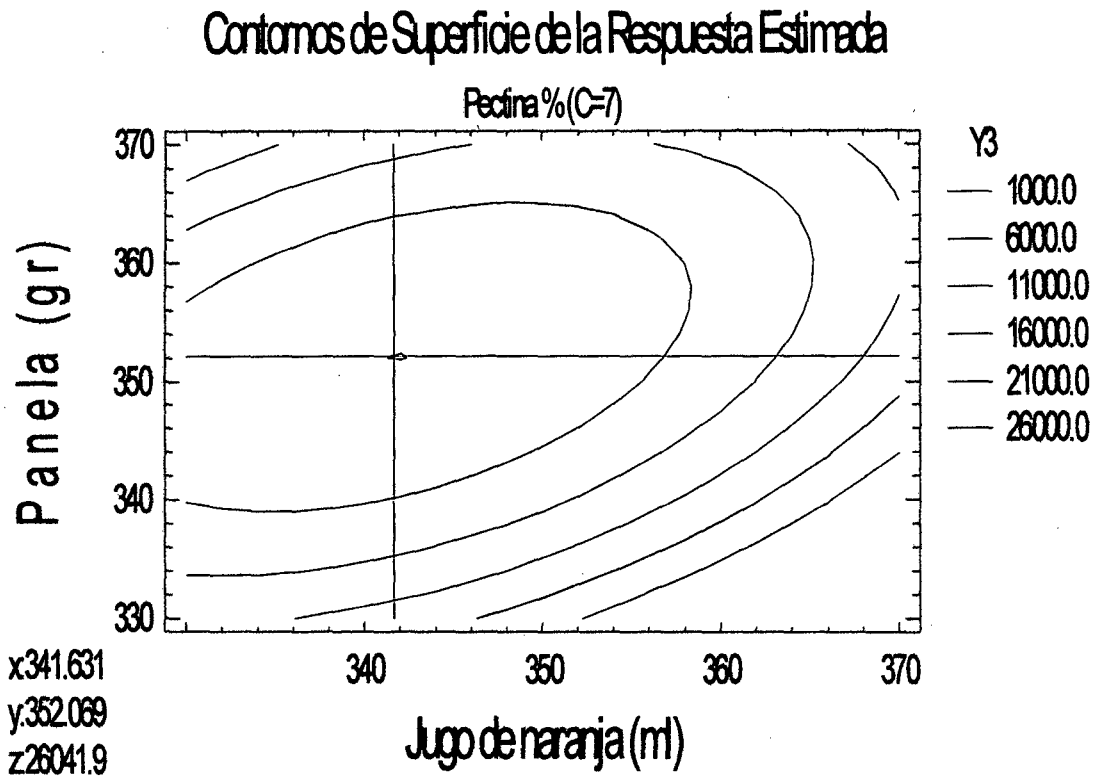


Figura 8. Gráfica de contornos de superficie de la respuesta estimada de la viscosidad en función a las variables independientes.

El tratamiento computarizado con el software estadístico Statgraphics 5,1 de los resultados de aplicar el diseño Box-Behnken, nos demuestra que se puede obtener una mermelada con una viscosidad (Z) óptima de 26041,9centipoises, utilizando 341,6 ml de jugo de naranja (X), 352,1 gramos de panela (Y) y 7 % de pectina líquida.

IV. DISCUSIONES

La determinación de los valores de las tres variables independientes: A, B, C (tabla 1 del anexo 2), utilizando el diseño estadístico de Box Behnken permitió determinar el experimento con un pH máximo de 4,2 (exp.15), para una concentración de sólidos solubles de 73,5 % y una viscosidad de 8860 centipoises a 20 r.p.m (sp. 4) a 20°C, empleando 330 ml de jugo de naranja criolla (A), 330 g de panela y 7 % de pectina orgánica líquida, obteniéndose una mermelada de calidad aceptable, pero predominando el sabor y aroma de la panela. Mientras que el Statgraphics 5,1 maximiza aún pH óptimo de 4,3 utilizando 345,7 ml de jugo de naranja, 333, 4 gramos de panela y 7 % de pectina orgánica líquida.

Respecto a concentración de sólidos solubles (°Brix) máximo determinado por el diseño estadístico de Box Behnken (tabla 1 del anexo 2) es de 74,5 % (exp. 9), con un pH de 4,1 y 11664 centipoises de viscosidad a 10 r.p.m (sp.5) a 20 °C, empleando 350 ml de jugo de naranja, 370 gramos de panela y 9 % de pectina, resultando una mermelada de consistencia un poco más densa o viscosa que la anterior, con características organolépticas predominantes de la panela. Mientras que con el Statgraphics 5,1 se determinó la concentración de °Brix con un óptimo de 74,2, empleando 351 ml de jugo de naranja, 347,8 gramos de panela y 9 % de pectina.

Utilizando el mismo diseño estadístico de Box Behnken (tabla 1 del anexo 2) se determinó el experimento que tiene una viscosidad máxima de 28220 centipoise a 20 r.p.m (sp.4) a 20 °C (exp.14), con un pH de 3,3 y concentración de sólidos solubles de 68 %, empleando 370 ml de jugo de naranja, 370 gramos de panela y 9 % de pectina,

obteniéndose una mermelada con mejores características organolépticas que las anteriores, con una consistencia o viscosidad más firme y de mejor calidad que las mermeladas determinadas en el experimentos 9 y 15; pero con el Statgraphics 5,1 se determinó una viscosidad óptima de 26021.8 centipoise a 20 r.p.m (sp.4) a 20 °C, empleando 341.6 ml de jugo de naranja, 352,0 gamos de panela y con 7 % de pectina orgánica líquida.

Según referencias bibliográficas (depósito de documentos de la FAO 2005) manifiesta que la mermelada de naranja (*Citrus sinensis*). Debe contener un pH entre 3,5-3,8; concentración de sólidos solubles (°Brix) entre 66-68.5 %, con 0,6-0,8 % de pectina comercial (en polvo) y 0,5 % de ácido cítrico en naranjas poco ácidas, empleando azúcar blanco y jugo de naranja con una relación de 1:1 respectivamente.

Mientras que (INDECOPI-NTP 1999) manifiesta que las mermeladas se clasifican por grados de calidad, asignándoles un puntaje que estaría de acuerdo con la importancia relativa de cada factor expresada numéricamente en una escala de 100 puntos como máximo y de 70 puntos como mínimo.

El número máximo de puntos que se le puede asignar a cada factor es: para la consistencia, color y ausencia de defectos un máximo de 20 puntos y un mínimo de 14 puntos para cada uno; mientras que para el sabor y aroma un máximo de 40 puntos y un mínimo de 28 puntos en conjunto; dependiendo al tipo de clasificación y grados de calidad de la mermelada; concentración de sólidos solubles como mínimo de 65 % y máximo de 68.5 % (CIPCYT 1998), un pH entre el rango de 3,0-3,8 y de pectina entre 0,5-1,5 % dependiendo al tipo de fruta.

De manera general, se sabe que no se forma un gel por debajo de 50 % de azúcar o por encima de un pH 4,5. Por lo tanto es necesario corregir el pH, añadir azúcar y pectina en proporciones adecuadas para favorecer la formación del gel. La corrección del pH y la cantidad de azúcar a añadir se determinan en función a las características de la fruta que se utiliza para la elaboración de mermeladas (CIPCYT 1998).

Determinado los valores óptimos de: pH 4,3, °Brix 74,5 y de viscosidad 26021.8 centipoises por el programa de Statgraphics 5,1, el cual permite predecir que se podría obtener una mermelada ecológica de naranja de buena calidad, ya que son datos que están dentro de los parámetros establecidos.

Según (Egan 1991), manifiesta que la mermelada debe contener un porcentaje de sólidos solubles no menor de 68,5 %, a menos que el envase esté cerrado herméticamente, entonces su contenido no debe ser menor de 65 % de sólidos solubles, además dice que ninguna conserva ni mermelada debe contener ningún ácido que se le haya adicionado, diferente de los ácidos cítrico, tartárico y málico.

Respecto a la invención (descubrimiento) de la viscosidad en mermeladas según (Frasquet 2005), manifiesta que una mermelada debe tener un contenido en fruta igual o superior al 40 % en peso y una viscosidad aparente a 25 °C comprendida entre 4300 y 9400 centipoises, a 60 r.p.m y entre 50200 y 90000 centipoises, a 2 r.p.m, teniendo como espesante una mezcla de pectina-goma xantana, un contenido en azúcares entre 43 y 47 °Brix, y un pH entre 3,2 y 3,6.

Siendo Tixotrópica a 2 r.p.m (revoluciones por minuto) y Pseudoplástica a 60 r.p.m, mientras que una viscosidad aparente a 25 °C comprendida entre 5983 y 6150 centipoises, a 60 r.p.m, y entre 60000 y 61500 centipoises, a 2 r.p.m cuando la fruta es naranja, la sacarosa y el jarabe estén en una proporción relativa comprendida entre 2,0 y 2,2 % también cuando la fruta es naranja.

Por lo tanto la elaboración y/o procesamiento de mermelada es fácil pero muy compleja por que existe muchas variaciones respecto a su consistencia, esto varía dependiendo al tipo de fruta, insumos adicionados como también la preferencia del consumidor.

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se elaboró una mermelada ecológica a partir del jugo de naranja utilizando insumos orgánicos, teniendo resultados satisfactorios en todos los análisis realizados.

Los valores de las variables independientes para tener un pH óptimo de acuerdo al programa de Statgraphics 5,1 (pH 4,3) son de:

Jugo de naranja	=	345,7 ml
Panela	=	333,4 g
Pectina líquida	=	7 %

Los valores de las variables independientes para tener sólidos solubles (°Brix) óptimo de acuerdo al programa de Statgraphics 5,1 (°Brix 74,5) son de:

Jugo de naranja	=	351,0 ml
Panela	=	350,3 g
Pectina líquida	=	7 %

Los valores de las variables independientes para tener una viscosidad óptima de acuerdo al programa de Statgraphics 5,1 (26021,8 centipoise) son de:

Jugo de naranja	=	341,7 ml
Panela	=	347,8 g
Pectina líquida	=	9 %

La mermelada ecológica de naranja, por sus características físico-químicas determinadas, se ajustan a las normas técnicas peruanas referente a la elaboración de mermeladas, así como también cumple con las normas internacionales de productos orgánicos.

Las naranjas utilizadas para la elaboración de mermelada ecológica registraron un pH de 3,6 y contenido de sólidos solubles 11 % (°Brix), fueron de muy buena calidad y de la misma variedad, con un óptimo estado de madurez.

VI. RECOMENDACIONES

Emplear naranjas con un óptimo estado de madurez y sanidad, cultivadas sin utilizar sustancias químicas ni aguas contaminadas para su regadío.

Realizar trabajos de investigación para mejorar la cristalización de la panela y así evitar el oscurecimiento, cambio de color y sabor del producto terminado sin utilizar insumos químicos, tanto en el cultivo de la caña como en la elaboración de la panela.

Realizar estudios de mercados y costos de producción para la creación de una industria de elaboración de productos orgánicos en la región de Amazonas, y así poder incrementar el desarrollo económico de los productores agropecuarios.

Utilizar las cáscaras de naranja para extraer aceites esenciales, pectina y alimento balanceado para el ganado, y así obtener subproductos de gran beneficio, empleando los residuos que queda de la mermelada, en el caso de la pectina será utilizado para gelificar la mermelada, jaleas y otros productos de pastelería.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Wright, Simon y Diane M 2002. Procesado y producción de alimentos ecológicos segunda edición. Edt. Acribia. S:A España.
2. CONAPO 2006. Reglamento técnico para los productos orgánicos. Perú.
3. Santa Natura 2006. Procesamiento y elaboración de productos orgánicos.
4. La Soil Association 1974. Organismo Internacional de productos orgánicos.
5. Camacho G 1983. Como preparar mermeladas. ICTA. Universidad Nacional de Colombia- Bogotá.
6. Normas Técnicas Peruanas 1991. ITINTEC 203.047-08-14, Para frutas, mermeladas, compotas, jaleas. Requisitos, organolépticos, microbiológico. 2ª Edición. Perú.
7. Ahmed D.E 1981. High methoxyl Pectin's and their uses in Jam manufacture A literature survey. Scientific and Technical.
8. Ministerio de Educación 1998. Guía para el Docente en la elaboración de mermeladas de la carrera de Industrias Alimentarias (Proyecto "CIPCYT" 1997) Lima-Perú.
9. Mestanza, C 2004. Proyecto "Mejoramiento de la calidad e incremento de la producción de la panela en el caserío de Zubiata Puquio del distrito de Huambo". Financiado por el Gobierno Regional de Amazonas.
10. Greasham, R y Inamine, E 1989. Nutritional Improvement of Processes. In Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology, ed. N. Solomon y A Demain, American Society for Microbiology. Washington DC, USA.

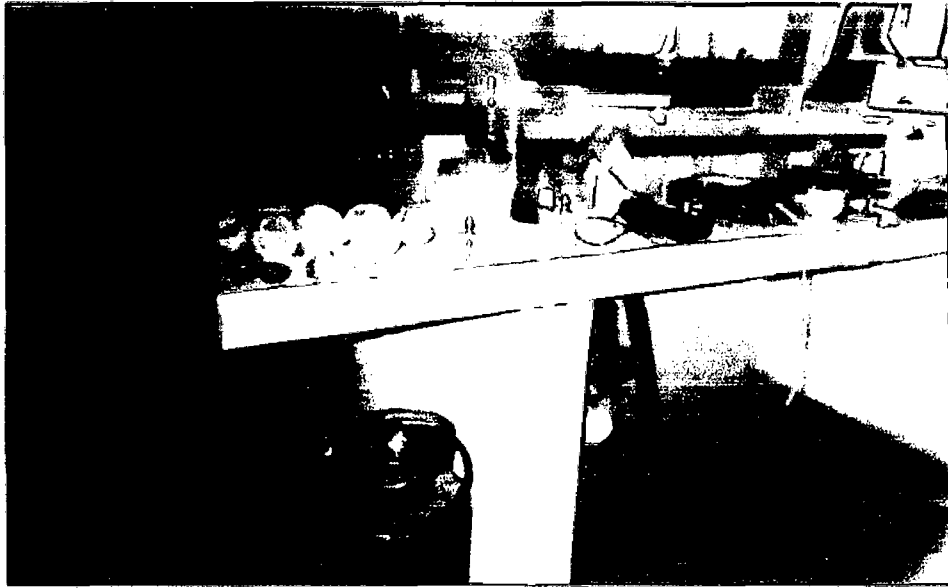
11. Daniel, L. E 1976. Application of response surface optimization techniques to polygene macrolide fermentation studies in shake flask. Dev. Ind. Microbiology.
12. Departamento de Agricultura 2005. Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas amazónicas nativas. Depósito de documentos de la FAO. <http://www.fao.org/docrep/X5029S/X5029S07.htm>. Con acceso el 20-01-2008.
13. Mi empresa 2001. Producción de mermeladas, jaleas y zumos de frutas.
14. Primo, Eduardo Y 1998. Química de los Alimentos. Edt. Síntesis S.A. Madrid-España.
15. Rosenthal, Andrew 2001. Textura de los Alimentos. Edit. Acribia. Zaragoza-España.
16. Egan Harold, Kirk Ronal S y Sawyer. 1991 Análisis Químico de los Alimentos de Pearson. Cuarta Edición. Edit. CONTINENTAL, S.A. DE CV. México.
17. Frasquet G, Díaz Federico y Ruiz A, Gloria Angélica 2005. Jumel Alimentaría S.A. Sotaya, 246715 L'Alqueria de la Comtessa, Valencia Epaña. Oficina Española de Patentes y Marcas. Mermeladas. Manual de Industrias Alimentarias".
18. Madrid Vicente 1989. 3ª Edición, Madrid, España. http://www.observatorio-alimentario.org/patentes/archivos/2235671_a1.pdf. Acceso el 25 /01 /08.
19. INDECOPI – NTP 1999. Organismo regulador de la propiedad privada. Perú.
20. Cruz, Manuel A. y Velasco, Estela D 2006. Obtención de pectina a partir de la cáscara de la naranja. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán México

ANEXOS

ANEXO N° 1

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MERMELADA ECOLÓGICA DE NARANJA

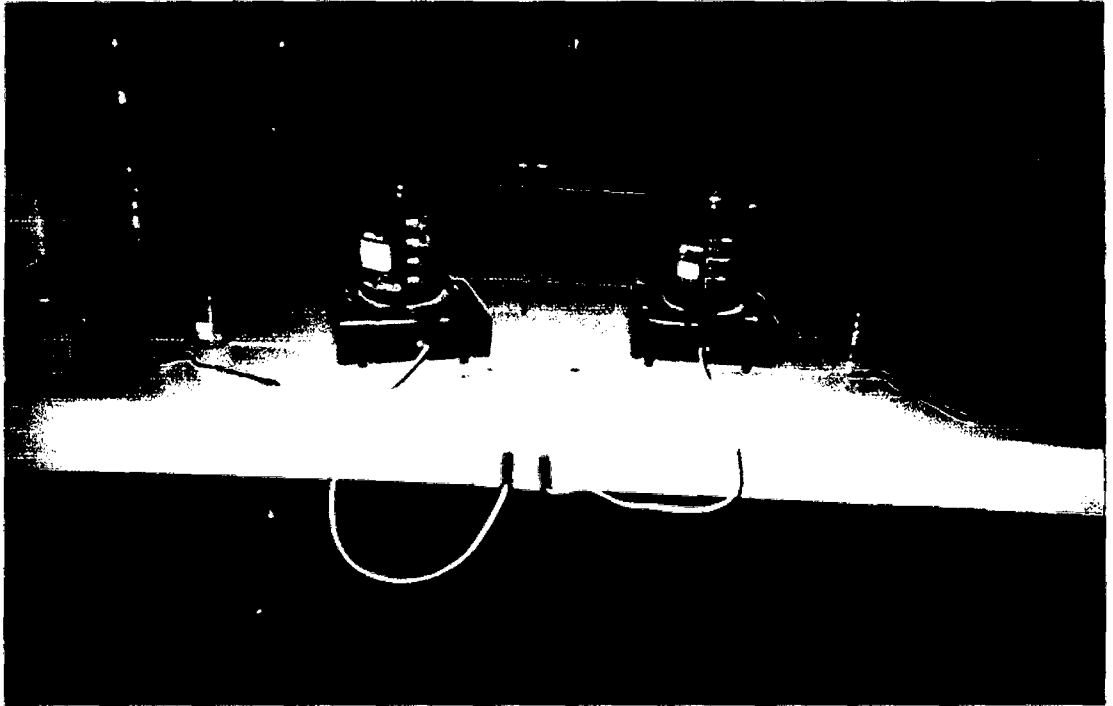
Fotografía 1: Medida del pH del jugo de naranja



Fotografía 2: Evaporación o concentración de la pectina



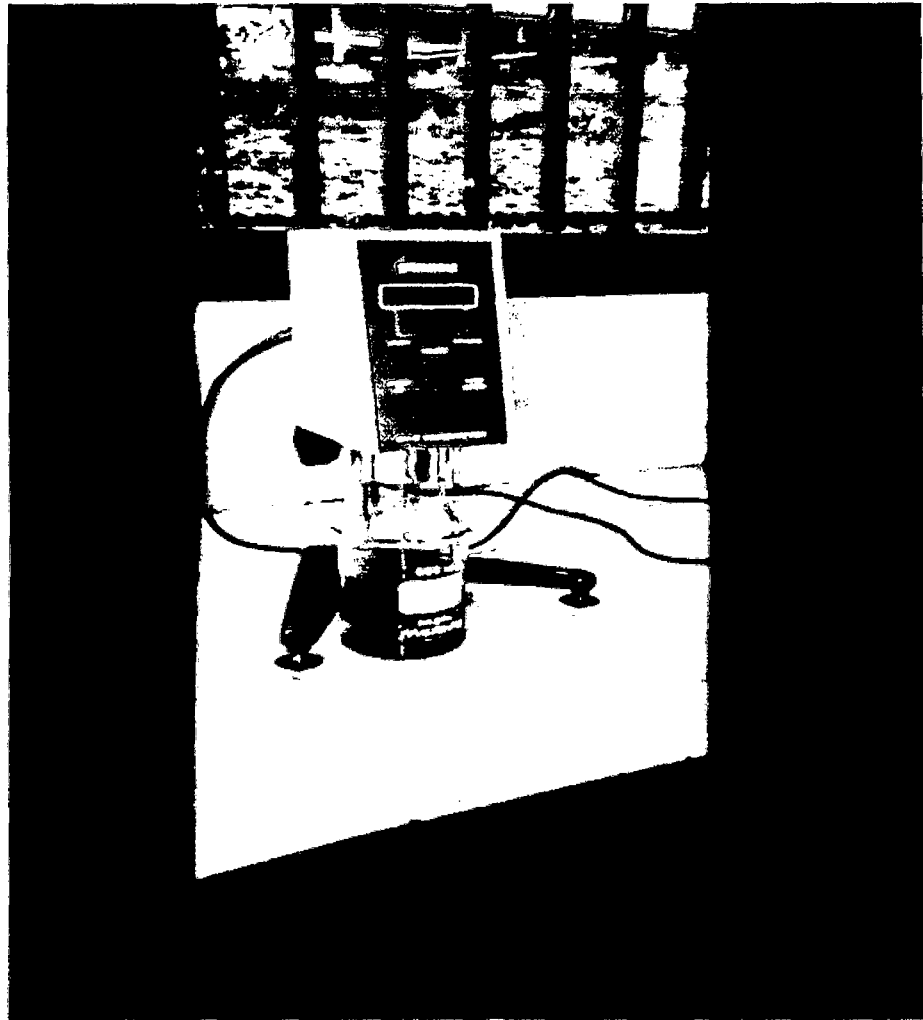
Fotografía 3: Cocción o concentración de la mermelada ecológica de naranja



Fotografía 4: Determinación de los °Brix de la mermelada ecológica de naranaja



Fotografía 5: Medida de la viscosidad de la mermelada



ANEXO N° 2

Determinación con el diseño estadístico de Box-Behnken

La influencia de las tres variables independientes sobre la determinación del pH, °Brix y viscosidad, se hizo a través del diseño estadístico de Box-Behnken (Greasham 1989), el que nos permitió optimizar sus valores siguiendo la distribución de la tabla 2; donde cada columna representó una variable y cada fila un experimento. Los elementos +, 0 y -, representan niveles: alto, medio y bajo de cada variable respectivamente.

Tabla 1. Los rangos de los valores de las variables a determinar con el diseño estadístico experimental de Box- Behnken son:

Relación	Jugo de naranja ml. (A)	Panela Gramos (B)	Pectina % (C)
Alta (+)	370	370	9
Media (0)	350	350	8
Baja (-)	330	330	7

Tabla 2: Diseño estadístico de Box- Behnken para determinar las tres variables independientes.

Números de Experimentos	Variables		
	A	B	C
1	+	+	0
2	+	-	+
3	-	0	0
4	-	+	-
5	+	0	0
6	+	0	-
7	-	-	+
8	-	0	-
9	0	+	+
10	0	+	0
11	0	-	+
12	0	-	-
13	0	0	0
14	+	+	+
15	-	-	-

(+): Valor alto; (0): valor medio y (-): valor bajo.

Una vez realizado los experimentos, se procedió a calcular los coeficientes del modelo polinomial usando el software estadístico Statgraphics 5,1, utilizando la ecuación descrita para generar gráficas de contornos de respuestas en superficies versus el nivel de variables, que indicó la región donde se encontraba la respuesta óptima.

Requisitos de calidad de una mermelada

El factor más importante que afecta la calidad de las mermeladas, es la calidad de la materia prima. Si las frutas congeladas y los jugos son materias primas usuales, es esencial que las variedades, el sabor, el color, la ausencia de defectos, el manejo de las condiciones de almacenamiento, se controle cuidadosamente para asegurar la calidad de los productos finales, si se usa la fruta fresca como materia prima y se utiliza buenas técnicas de procesamiento, las mermeladas obtenidas son de excelente calidad y puede obtenerse también la esencia volátil que se perdería (Manual CIPCYT 1997).

Los estándares de calidad para mermeladas están dados por las normas técnicas de cada país y existen diversos métodos para verificar las características de calidad de la mermelada. La viscosidad de las mermeladas también puede verificarse por medidas objetivas, así como el pH, y la concentración en grados Brix. Las mermeladas pueden evaluarse por una prueba de esparcido o de flujo o por la prueba de la gota. Lo más importante es que el fabricante utilice estas pruebas como forma de mantener la uniformidad de su producto final (Manual CIPCYT 1997).

Errores frecuentes que se deben evitar en la elaboración de la mermelada ecológica de naranja

Los errores cometidos durante la elaboración de mermeladas ecológica, entre los cuales se deben buscar la causa del fracaso en la obtención y gelificación de este producto, entre ellos tenemos:

- Omisión en la adición de uno o más ingredientes.
- Peso inexacto de uno o más ingredientes.
- Solución parcial de la pectina en la masa (grumos).

- Inexactitud en la lectura de °Brix o de la temperatura del punto final de la concentración.
- El Refractómetro debe ser lavado diariamente con agua destilada, cuya lectura debe ser cero. Los termómetros de igual forma midiendo el punto de ebullición de la solución.
- El cerrado defectuoso de los envases, puede permitir contaminación por el ingreso del agua o microorganismos durante el almacenamiento de la mermelada.

Causas de inconvenientes más comunes

La elaboración de un producto como la mermelada que depende de un amplio número de factores variables, no pueden ser inmune siempre a inconvenientes, aún con un riguroso control de las condiciones de proceso durante la producción. Un examen químico y físico del producto terminado y de sus ingredientes será normalmente suficiente para diagnosticar las causas de los eventuales inconvenientes y sus posibles correctivos. Los factores a controlar son: contenidos de sólidos solubles (°Brix), pH, porcentaje de azúcar invertido, gelificación, aroma y color (Camacho 1981).

Cálculo de la formulación de ingredientes

El cálculo de la formulación para la elaboración de la mermelada, requiere del conocimiento, de las características de sus componentes y de sus proporciones en el empleo, estos son:

- Contenido de fruta respecto al producto final
- Los sólidos solubles del producto final
- El poder gelificante o graduación de la pectina

- pH de la fruta
- pH óptimo de gelificación de la pectina.

Para calcular el volumen de ácido necesario, se debe ajustar el pH, midiendo una muestra del jugo o pulpa, luego se evalúa el pH, sin retirar el electrodo se continúa leyendo los cambios de pH, agitando lentamente y agregando cantidades pequeñas de ácido cítrico hasta alcanzar el pH deseado; determinándose de esta forma el volumen de ácido necesario para la cantidad determinada de mermelada a preparar.

Determinación de las viscosidades según invenciones de Frasquet 2005

En la siguiente tabla se determina las viscosidades a 2 r. p.m. y a 60 r. p. m. para cuatro tipos de mermelada, especificando los valores máximos y mínimos preferentes y unos valores óptimos para cada tipo de mermelada:

Velocidad (rpm)	Tipo de Mermelada	Viscosidad mínima (cp)	Viscosidad máxima (cp)	Valor óptimo (cp)
2	Fresa	68400	72400	72000
	Melocotón	50200	53200	53000
	Ciruela	83500	90000	87500
	Naranja	60000	61500	61000
60	Fresa	6247	6420	6347
	Melocotón	4300	4693	4540
	Ciruela	8483	9400	8965
	Naranja	5983	6150	6133

Las viscosidades han sido medidas mediante un Viscosímetro digital comercializado como Brookfield DVII, Modelo S, con rangos de velocidades de 0,1 a 200 r.p.m y 6 husillos (spines) con sonda de sensor de temperatura. El equipo es apto para medir la viscosidad aparente en función de una velocidad especificada (en r.p.m) y del tipo de husillo empleado. En la invención (invento) fue empleado el husillo nº 5 (sp.5) para todos los valores correspondientes a 2 r.p.m y los valores correspondientes a

60 r.p.m, para las mermeladas de fresa y melocotón, y con el husillo nº 6 (sp.6) para los valores correspondientes a 60 r.p.m. para mermeladas de ciruela y naranja. En la siguiente tabla se indican los contenidos en azúcares y espesantes indicados en la tabla anterior.

Fruta	Inicial % Azúcar	% Azúcar Mermelada	% glucosa Mermelada	Total Azúcares	% Espesante Mermelada
Fresa	8	22.15	15.10	37.25	1.01
Melocotón	11	20.50	17.36	37.86	1.5
Ciruela	16	19.18	15.34	34.52	1.01
Naranja	11	23.36	11.12	34.48	0.87

Los valores iniciales son los contenidos de azúcar de la fruta antes de ser procesada, y los restantes valores son los contenidos de azúcares en la mermelada final, tras las etapas de calentamiento y evaporación de agua, con la consiguiente concentración. Estos valores son unos valores óptimos para cada una de las mermeladas.

Tratamiento de las cáscaras de naranja para obtener pectina

Para la elaboración de la mermelada ecológica de naranja, el insumo más importante es la pectina la cual permite dar la gelificación apropiada a la mermelada, Para obtener este insumo en forma orgánica, se utilizó el método más conocido como hidrólisis ácida (Cruz 2006).

Para preparar un litro de pectina líquida ecológica, se obtuvo las naranjas con una madurez fisiológica; luego se hizo el lavado de la naranja para eliminar impurezas adheridas a la fruta; en seguida se separó la cáscara de la pulpa y se pesó 3,5 Kg de cáscara; para luego ser lavado con agua caliente a una temperatura de 60 °C por 10 minutos, para eliminar sustancias solubles que perjudican sus características organolépticas; después se realizó la inactivación bacteriana, sometiendo a las cáscaras durante 3 minutos a una temperatura de 90 °C; luego se sometió a las cáscaras a una

hidrólisis ácida por 90 minutos, adicionándole agua acidulada (pH 2,0 utilizando jugo de limón ácido), en una relación cáscara / agua acidulada 1:3, a temperatura de 85 °C, agitando constantemente; posteriormente se realizó el filtrado o colado, para separar la pectina del resto de los compuestos de las cáscaras; luego se evaporó el 75 % de la carga inicial, controlando la temperatura entre 65-70 °C, hasta obtener un litro de pectina líquida, el cual fue utilizado en la mermelada ecológica de naranja.

Algunos investigadores como Myers y Baker (citado por Cruz 2006), emplearon temperaturas entre 95 °C y 100 °C, durante 60 minutos, con un pH de 1,8 enfriando y diluyendo con agua fría.