

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería en Alimentos



CARACTERIZACIÓN Y POTENCIAL INDUSTRIAL DEL FRUTO COMESTIBLE DE DOS VARIEDADES DE *BROMELIA PINGUIN*

Trabajo de Graduación presentado por Deidy Nineth
Valladares Pivaral para optar al grado académico de
Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los
Alimentos

Guatemala,

2002

CARACTERIZACIÓN Y POTENCIAL INDUSTRIAL
DEL FRUTO COMESTIBLE DE DOS
VARIETADES DE *BROMELIA PINGUIN*

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería en Alimentos



CARACTERIZACIÓN Y POTENCIAL INDUSTRIAL DEL FRUTO COMESTIBLE DE DOS VARIEDADES DE *BROMELIA PINGUIN*

Trabajo de Graduación presentado por Deidy Nineth
Valladares Pivaral para optar al grado académico de
Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los
Alimentos

Guatemala,


2002

Vo. Bo.

(f) Ana Silvia Cde Ruiz
Dr. Ricardo Bressani

Tribunal examinador:

(f) Ana Silvia Cde Ruiz
Dr. Ricardo Bressani

(f) 
MSc. Patricia Palacios de
Palomo

(f) Ana Silvia Cde Ruiz
MSc. Ana Silvia
Colmenares

Fecha de aprobación: Guatemala de 25 de octubre 2002

PREFACIO

La idea de la recuperación y explotación de esta fruta nace del deseo de conocer cultivos regionales, fomentado por las enseñanzas de mis padres; y a una interesante y paralela inquietud sobre el fruto de la piñuela, compartida con el Dr. Ricardo Bressani a quien agradezco su asesoría y orientación.

El cultivo fue buscado en la región oriental del país, y después de tener la oportunidad de degustar su incomparable pulpa, dulce pero intensamente ácida a la vez, se decidió buscar una utilización viable. Para ello se planteó la necesidad de conocer parámetros físicos y químicos del fruto, para poder establecer qué procesos o técnicas debían ser utilizadas para su industrialización.

Este trabajo de investigación se llevó a cabo bajo las limitaciones propias debidas a la estacionalidad y poca disponibilidad del cultivo de la *Bromelia Pinguin*, por lo que se agradecen tanto las donaciones, así como a las personas que aceptaron dedicar su tiempo a la búsqueda de este silvestre cultivo. Por tanto, la cantidad de fruto recolectada no fue grande, pero sí suficiente para trabajar en mayores proporciones con la piñuela de la variedad amarilla y en menor proporción con la variedad roja.

Por otra parte, la elaboración de algunos productos requirió la utilización de equipo especial por lo que agradezco a Alimentos Montesol, S.A. por permitirme elaborar el enlatado de la pulpa en sus instalaciones y a la Familia Ventura Guirola por la facilitación del equipo de deshidratación.

Igualmente, la ayuda de las personas que degustaron los productos y emitieron sus comentarios fue de gran utilidad para la descripción de estos.

CONTENIDO

	página
PREFACIO	iv
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
Capítulo	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	4
A. <i>BROMELIA PINGUIN</i> (PIÑUELA): GENERALIDADES	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
A. MUESTRAS	8
B. CARACTERIZACIÓN FÍSICA	9
C. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA	10
D. ELABORACIÓN DE PRODUCTOS	10
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
A. CARACTERIZACIÓN FÍSICA	16
B. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA	20
C. PIÑUELA EN ALMÍBAR EN ENVASE DE HOJALATA	25
D. PULPA DE PIÑUELA DESHIDRATADA	27
1. Deshidratación	27
2. Presentación en polvo	28
3. Rehidratación	30
4. Dulce de piñuela (Fruit Roll)	31
E. MERMELADA DE PIÑUELA	35
F. JARABE CON SABOR A PIÑUELA POR DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y APLICACIÓN DE ENZIMAS PECTOLÍTICAS	38
G. JUGO DE PIÑUELA (USO DE ENZIMAS PECTOLÍTICAS)	41
V. CONCLUSIONES	45
VI. RECOMENDACIONES	47
VII. BIBLIOGRAFÍA	49
VIII. APÉNDICES	51

LISTA DE TABLAS

Tabla No.		página
1	Partes de la planta <i>Bromelia Pinguin</i>	5
2	Aves polinizadoras de <i>Bromelia Pinguin</i>	6
3	Valor nutricional de la piñuela	7
4	Valor nutricional de la piñuela y porción comestible	7
5	Composición química de piñuela según la FAO	7
6	Promedio y desviación estándar de las dimensiones de las dos variedades de piñuela	16
7	Análisis de varianza de un factor: LARGO	16
8	Análisis de varianza de un factor: DIÁMETRO MÁXIMO	17
9	Análisis de varianza de un factor: NÚMERO DE SEMILLAS	17
10	Análisis de varianza de un factor: DIÁMETRO DE SEMILLAS	18
11	Pesos de las dos variedades de piñuela	18
12	Análisis de varianza de un factor: PESO TOTAL	18
13	Análisis de varianza de un factor: PESO CÁSCARA	19
14	Análisis de varianza de un factor: PESO SEMILLAS	19
15	Análisis de varianza de un factor: PESO PULPA	20
16	Caracterización química de las dos variedades	21
17	Análisis de varianza de un factor: % HUMEDAD	21
18	Análisis de varianza de un factor: % AZÚCARES	22
19	Análisis de varianza de un factor: % PECTINA (PECTATO DE CALCIO)	22
20	Análisis de varianza de un factor: VITAMINA C (mg/g)	23
21	Análisis de varianza de un factor: % CENIZAS	23
22	Análisis de varianza de un factor: ° Brix	24
23	Análisis de varianza de un factor: pH	24
24	Formulación de almíbar	25
25	Contenido del envase de hojalata	25
26	Descripción sensorial de la piñuela en almíbar	25
27	Pérdida de peso de la pulpa en el proceso de deshidratación	27
28	Descripción sensorial de la piñuela en polvo	29
29	Prueba de rehidratación de piñuela en polvo en agua	30
30	Descripción sensorial del dulce de piñuela	33
31	Formulación de mermelada de piñuela	35
32	Descripción sensorial del dulce de piñuela	36
33	Valores de textura de las mermeladas	37
34	Valores de color bajo el sistema de Hunter	38
35	Deshidratación osmótica: prueba No.1	38
36	Deshidratación osmótica: prueba No.2	39
37	Obtención de jugo de piñuela con uso de diferentes niveles de enzima	41
38	Obtención de jugo de piñuela con uso de diferentes niveles de enzima y después de filtrado	42
39	Análisis de varianza de un factor: VOLUMEN DE JUGO OBTENIDO	42
40	Descripción sensorial del dulce de piñuela	42
41	Contenido de fibra dietética promedio	43
42	Proceso de congelación de piñuela	51
43	Caracterización física variedad roja	51
44	Caracterización física variedad amarilla	52
45	Humedad variedad roja	53
46	Humedad variedad amarilla	54
47	Curva de calibración	55
48	Azúcares variedad amarilla	55
49	Azúcares variedad roja	56
50	Pectina variedad roja	56
51	Pectina variedad amarilla	57
52	Estandarización solución 2,6-dicloro indofenol	57
53	Vitamina C variedad roja	57
54	Vitamina C variedad amarilla	57
55	Cenizas variedad roja	58
56	Cenizas variedad amarilla	58
57	° Brix variedad roja	58
58	° Brix variedad amarilla	58
59	pH variedad roja	59
60	pH variedad amarilla	59
61	Fórmula mermelada	60

LISTA DE FIGURAS

Tabla No.		página
1	<i>Bromelia p.</i> Variedad roja	4
2	<i>Bromelia p.</i> Variedad amarilla	4
3	Corte	8
4	Piñuela en racimos (Dos niveles de maduración)	8
5	Racimo	8
6	Unidades variedad amarilla y roja	8
7	Lavado	8
8	Unidades enteras para análisis físico	8
9	Pelado	9
10	Corte longitudinal	9
11	Remoción de semillas	9
12	Pulpa de piñuela congelada	9
13	Rehidratación de piñuela en polvo	13
14	Variedad amarilla	16
15	Variedad roja	16
16	Envases de piñuela en almíbar	26
17	Piñuela en almíbar al abrir el envase	26
18	Piñuela en almíbar color de la pulpa	26
19	Piñuela y piña en almíbar	27
20	Control de temperatura	28
21	Moldes de deshidratación	28
22	Piñuela antes de ser deshidratada por 3 horas más	29
23	Piñuela en polvo	29
24	Piñuela en polvo empacada	29
25	Productos obtenidos de la rehidratación	31
26	Deshidratado para el dulce antes del moldeo	32
27	Proceso de enrollado del dulce de piñuela	32
28	Dulce con y sin azúcar glass	32
29	Productos obtenidos	32
30	Aplicación de azúcar glass al dulce de piñuela	33
31	Color de piñuela antes y después de colocar azúcar glass	34
32	Otras formas de dulces de piñuela	34
33	Mermelada de piñuela envasada	35
34	Mermelada de piñuela después de 12 días de envasada	36
35	Textura de la mermelada de piñuela	36
36	Deshidratación osmótica con diferentes proporciones de pulpa: sacarosa	40
37	Sistema 1, 2 y 3, después de centrifugación (de izquierda a derecha)	41
38	Jarabes obtenidos de los tres sistemas 1, 2 y 3 (de izquierda a derecha)	41
39	Sistema de filtrado	41
40	Jugo de piñuela después de filtración	43
41	Fibra remanente del jugo	43
42	Fibra de piñuela seca	44
43	Proporción en peso de piñuela roja	53
44	Proporción en peso de piñuela amarilla	53
45	Pérdida de humedad en el tiempo variedad roja	54
46	Pérdida de humedad en el tiempo variedad amarilla	55
47	Absorbancia en función de concentración de glucosa anhidra	56
48	Disminución de peso en proceso de deshidratación	59
49	Tiempo de hidratación requerido para disolver piñuela en polvo a diferentes concentraciones	60
50	Textura de la mermelada de piñuela	61
51	Textura de la mermelada de piña	61
52	Textura de la mermelada de piña y albaricoque	61
53	Color mermeladas	61
54	Resultados deshidratación osmótica (prueba No.1)	62
55	Resultados deshidratación osmótica (prueba No.2)	62
56	Resultados de extracción de jugo con enzimas pectolíticas (prueba No.3)	63

RESUMEN

Con el fin del aprovechamiento del fruto comestible de la *Bromelia Pinguin* se procedió a caracterizar tanto física como químicamente, las dos variedades (roja y amarilla) con las cuales se trabajó. Con ello se determinó que entre las dos variedades existen diferencias significativas en: largo, diámetro máximo, diámetro de semillas, número de semillas, peso total, peso de pulpa, peso de semillas, contenido de humedad, azúcares, pectina, vitamina C, cenizas y grados Brix. Por lo contrario, no existe diferencia significativa en los parámetros de peso de cáscara y pH de la pulpa. Sobre la base establecida con estos parámetros se desarrollaron exitosamente una harina de piñuela, un dulce de piñuela (Fruit Roll), mermelada de piñuela, jarabe de piñuela y jugo de piñuela. Como productos secundarios pueden obtenerse, una mermelada de la elaboración del jarabe y fibra dietética de la extracción del jugo. Esta última constituye el 92.61% del remanente obtenido de la filtración del jugo y por lo tanto el 8.24% del puré de pulpa de piñuela.

Con ello se demuestra que es posible la industrialización de la piñuela, habiéndose obtenido rendimientos del orden del 18, 24, 40, 47, 72 % respectivamente para los productos antes mencionados. La utilización de enzimas pectolíticas aumentan significativamente la obtención tanto de jarabe como de jugo, siendo una decisión basada en costo la que debe determinar su utilización. En el caso del producto enlatado y de elaboración de productos secundarios, el porcentaje de utilización es del 100 % del peso de pulpa como tal.

Todos los productos obtenidos contaban con adecuadas características sensoriales, excepto la pulpa entera en almíbar enlatada, la cual no poseía una textura y color atractivos para su consumo, ya que la textura era rugosa y su color intenso amarillo no característico.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación posee tanto importancia alimentaria, como agropecuaria nacional; ya que en la actualidad la piñuela representa uno de los tantos cultivos autóctonos subexplotados del país.

Guatemala es rica en recursos naturales. Sin embargo, la falta de industrialización y de aplicación de tecnología apropiada, provoca que los cultivos menos representativos o los que deben ser mejorados para obtener productos adecuados para su consumo, queden marginados.

Dichos cultivos, incluyendo a la piñuela, pueden ser aprovechados en forma alternativa, diversificando la alimentación y obteniendo un beneficio económico de ellos.

Actualmente, la piñuela se consume en las regiones rurales del país en forma fresca y elaborando alimentos como refrescos y dulces. Sin embargo, su consumo está limitado debido a que el producto en fresco tiende a dañar el tejido de la lengua, debido a su alta astringencia; por lo cual, es casi imposible consumir más de tres o cuatro unidades sin sufrir este daño. Sin embargo, para los que la consumen de esta forma vale la pena dicho sufrimiento debido a su exquisito sabor. Por otra parte, la piñuela se utiliza en jarabes medicinales por su efecto diurético y vermícida, después de ser preparado con azúcar.

Es importante buscar las técnicas o procesos que pueden aplicarse para elaborar productos que puedan ser consumidos en mayores escalas y ofrezcan a la agricultura guatemalteca una nueva opción. Por otra parte, el aumento en la popularidad del consumo de frutas frescas en el mundo está forzando a la agroindustria a aplicar procesos de preservación, que permitan obtener productos naturales y de aceptables características.

Por todo lo anterior, este trabajo de investigación busca el desarrollo de productos que tengan características sensoriales aceptables y un valor agregado que despierte el interés del actual y globalizado mercado de los alimentos. Por lo tanto, se plantea la siguiente hipótesis: Las dos variedades de piñuela no poseen diferencias significativas en sus propiedades físicas y químicas; y ambas pueden ser utilizadas para elaborar productos alimenticios.

El fin de proponer una diversidad de productos elaborados a partir de la pulpa de la piñuela es promover el desarrollo de las actividades frutícolas y agroindustriales, al disponer de alternativas tecnológicas para el mejor aprovechamiento de los recursos y demostrar que efectivamente existen grandes posibilidades para su industrialización.

En todos los procesos se monitorean variables de que describa el comportamiento de la materia prima durante los mismos; por ejemplo, el peso en los procesos de deshidratación, los °Brix en proceso de evaporación y almíbares, así como descripción de propiedades sensoriales, tales como color, sabor y textura.

Se trabajó con dos variedades de piñuela. Una de ellas proveniente del oriente de país, específicamente del departamento de Santa Rosa (con cáscara amarilla); la otra proveniente de la región costera, del departamento de Suchitepéquez (con cáscara roja)

La piñuela fue recolectada por lotes, de las regiones ya mencionadas y preparadas por medio de lavado, escaldado, pulpado y congelamiento hasta el momento de su utilización.

Para determinar las técnicas apropiadas para el procesamiento de la pulpa de piñuela se procedió a determinar ciertas características, tanto físicas como químicas.

Las propiedades físicas que se determinan son: dimensiones: largo, diámetro máximo y diámetro de semillas; peso total, peso y número de semillas y porción comestible de pulpa la cual determinar el rendimiento de la fruta.

Los parámetros químicos a determinar son: humedad, azúcares, vitamina C., cenizas, pectina, fibra dietética, °Brix, pH. Estas últimas se analizaron por medio de los métodos descritos por la AOAC.

Dichos parámetros y propiedades se compararon entre las dos variedades, ya que de acuerdo con Tamaro (1964), la composición del jugo y pulpa de la fruta varía en una misma especie, con la variedad, con el terreno, clima, abono y edad. Dicha comparación fue realizada por medio de un análisis de varianza. Con ello, se determinó que las medias de todos los parámetros de las dos variedades, excepto el peso de la cáscara y el pH de la pulpa, poseen diferencias significativas.

A partir del análisis de las características químicas se estableció que se elaborarían seis productos para la conservación y elevación de las características sensoriales de la variedad amarilla, por cuestiones de disponibilidad:

1. Pulpa entera en almíbar en envase de hojalata. Este producto no contó con características adecuadas, por lo que se necesitaría realizar pruebas con envases sin barniz interior, menores niveles de ácido ascórbico y disminuir el contenido de azúcares, para evitar la deshidratación por ósmosis que se observó después de seis meses de almacenamiento. El porcentaje de utilización de la pulpa fue del 100 % pues es envasada entera.

2. Piñuela en polvo, a partir de la deshidratación por aire caliente y molienda. El producto final posee muy buenas características sensoriales. Constituye un producto intermedio que puede ser utilizado para elaborar productos finales como jugos, néctares y purés, debido a su alta capacidad de humectación. Fue estable durante los 15 días de observación. El porcentaje de utilización de la pulpa fue del 18.92 %.

3. Dulce de piñuela (Fruit Roll), por medio de la deshidratación y moldeo de la pulpa. Este producto posee muy buenas características sensoriales, especialmente de textura y sabor. El porcentaje de utilización es de 26.91 %.

4. Mermelada, por evaporación y adición de sacarosa, a partir de fruta congelada. Posee buenas características de textura, color y sabor. Siendo este último un tanto astringente. En el caso de la textura resultó ser más dura, y poseer más adhesividad que una marca local de mermelada de piña. En el aspecto de color resultó ser más oscura que la marca local. El porcentaje de rendimiento de la pulpa es del 40 %.

5. Jarabe con sabor a piñuela, a partir de deshidratación osmótica de fruta fresca y con la ayuda de aplicación de enzimas pectolíticas y hemicelulasas. Los jarabes obtenidos de proporciones de 75 piñuela:25 sacarosa y la 50:50, poseen buenas características sensoriales y de rendimiento (37.57 y 47.96 respectivamente), por lo que ambas pueden ser utilizadas para la deshidratación parcial de la pulpa. En este caso las enzimas utilizadas produjeron cantidades de jarabe significativamente diferentes. Se propone el uso paralelo de la pulpa remanente para la elaboración de mermelada o fruta glaseada.

6. Jugo de Piñuela con la ayuda de aplicación de enzimas pectolíticas y hemicelulasas. El producto posee buenas características, especialmente de color, aunque sabor astringente. El rendimiento de la pulpa fue del 72.6 % sin enzimas, 74.1 % con 100 ppm de enzimas y 78.25 % con 200 ppm, de las mismas. El residuo de pulpa 92.61 % de fibra dietética la cual podría ser utilizada para la fortificación de alimentos. Esto representa un 8.24 % de la pulpa fresca.

Con estos productos desarrollados se comprueba que la pulpa de la *Bromelia Pinguin* puede ser industrializada pues ofrece productos con propiedades sensoriales únicas e interesantes niveles de rendimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. *BROMELIA PINGUIN* (PIÑUELA): GERENALIDADES

Bromelia Pinguin es el nombre científico de la planta cuya fruta se denomina vulgarmente "piñuela". Como su nombre lo indica pertenece a la familia de las Bromeliaceae.

FIGURA No. 1 *Bromelia p.* variedad roja



FIGURA No. 2 *Bromelia p.* variedad amarilla



Su distribución geográfica es variada, se encuentra en Guatemala, América tropical y las Antillas. En general, su hábitat es el bosque seco subtropical, monte espinoso subtropical (FAO, 1993).

Según P.R.E.A. (1977), la planta, *B. Pinguin* Linnaeus, se encuentra en el territorio guatemalteco en altitudes de 1100 metros sobre el nivel del mar, o menos. Por su parte, Standley & Steyermark (1958), ya había descrito que la planta se encuentra en las regiones bajas del territorio guatemalteco, a las mismas altitudes que el autor anteriormente mencionado, específicamente en los departamentos de: Petén, Baja Verapaz, Zacapa, Chiquimula, El Progreso, Guatemala, Escuintla, Jutiapa, Quetzaltenango y probablemente en otros de altitudes bajas. Pueden observarse que la planta forma anchos matorrales en las planicies de la Costa Pacífica y en las tierras bajas del Motagua. Es plantado como setos vivos, en regiones donde no son nativas.

Conocidas en Yucatán por los Mayas, con los nombres de "tsalbay", "cham", "chom" y "hman".

En Guatemala a la planta joven, cuando no ha florecido, se le denomina muta y los pequeños " retoños" se les llama hijos de muta o hijos de piña o chupones (Standley & Steyermark, 1958). Sus flores son de color amarillo - moradas de aproximadamente 6 centímetros de longitud (FAO, 1993).

La planta consta de numerosas hojas de vaina ancha que poseen afiladas espinas a los costados; y su altura es de aproximadamente 1 metro. Sus hojas poseen fibras largas y fuertes.

Gilmartin (1972), describe las partes de la planta, encontrada en Ecuador, dimensionalmente, como se presenta a continuación:

Tabla No. 1 Partes de la planta <i>Bromelia Pinguin</i>	
• PLANTA	1 metro de alto por 2 metros de diámetro o más.
• HOJAS	De 1 a 2 metros de largo; ancho de 3.5 a 4.5, lineales, diminutamente curvadas hacia abajo, delineadas con robustas espinas de 1 centímetro de largo, con la punta curva y afilada, vaina de 20 centímetros por 10 de ancho.
• "SCAPE"	Bien desarrollada, de aproximadamente 2 centímetros de diámetro.
• "SCAPE-BRACH"	(<i>Foliaceous</i>), vaina rosetada y sub inflada.
• INFLORESCENCIA	Muchas flores, estrechamente piramidal, (farinose).
• BRACTEAS PRIMARIAS	Con margen entero
• RACIMOS	A 12- floreadas.
• BRACTEA FLORAL	1.0 a 3.0 centímetros de largo, lineares sub juntadas desde una ancha base.
• FLORES	Hasta 6 cm. de largo, distintivamente pedicellada.
• SEPALOS	1.5 a 3.0 centímetros de largo, angostamente triangulares, erectos y descolorido.
• PETALOS	De 3.0 centímetro de largo por 6 milímetros de ancho. Color rosa con márgenes blancos.
• OVARIO	2.0 centímetros de largo, delgadamente elipsoide.
• BAYA (berry)	Aproximadamente de 3.5 centímetro de largo, ovoide, fuertemente (verrucose), ácido y aromático.

Una descripción muy parecida hace Smith (1977), para la planta encontrada en Colombia:

«Evidente escape; inflorescencia elongada; sépalos muy estrechos y triangulares. De 15 a 30 mm de largo; pétalos y hojas que sumergen con blancos delineamientos, lineares y elíptico»

La planta *B. Pinguin Linnaeus* se describe en Smith & Downs (1974), como una planta con 48 cromosomas y polen que consta de un cotiledón con corona sexina. Además, describe su alta polinización por medio de ciertas especies de pájaros polinizadores, que se ven atraídos por su néctar, estos son:

Tabla No. 2 Aves polinizadoras de <i>Bromelia Pinguin</i>			
A V E	P l a n t a	P a í s	F u e n t e
Amazilia rutila	<i>B. pinguin</i>	Costa Rica	Wolf (1970)
A. saucerottei	<i>B. pinguin</i>	Costa Rica	Wolf (1970)
A. tzcatl	<i>B. pinguin</i>	Costa Rica	Wolf (1970)
Chlorostilbon cenivetii	<i>B. pinguin</i>	Costa Rica	Wolf (1970)
Helimaster constantii	<i>B. pinguin</i>	Costa Rica	Wolf (1970)
Phaeochroa cuvierii	<i>B. pinguin</i>	Costa Rica	Wolf (1970)

B. UTILIZACIÓN

Debido a sus afiladas espinas, la planta se suele sembrar en cercos, límites territoriales o viviendas; ya que en conjunto forman un denso matorral difícil de penetrar.

La mayoría de las partes de la planta son comestibles. La muta posee un agradable sabor (FAO, 1993).

Posee la ventaja de que se puede obtener aun y cuando otros productos se han vuelto escasos, hasta a fines de la estación seca (Standley & Steyermark, 1958).

El hijo de muta se come asado o se elabora vinagre a partir de ella. Las espinas, en su estado inmaduro, son pequeñas capas de tejido blando pulposo y blanco, que se come cocida como verdura (FAO, 1993).

El fruto es intensamente agrio y ácido, se utiliza muchas veces en la industria de vinagre (Standley & Steyermark, 1958).

La FAO (1993) expone que los frutos son bastante ácidos y se pueden utilizar para manufacturar bebidas alcohólicas y vinagre, debido a su fácil fermentación. Cuando los frutos están maduros se pueden comer crudos o cocinados, en este último adopta un sabor muy parecido a la piña. También, se utilizan medicinalmente para la elaboración de un jarabe de la siguiente forma: Los frutos se pela, se cubren con azúcar y se deja estar por toda una noche; luego se extrae el jugo de las frutas cocinadas y se hierva en un litro de agua con dos partes de azúcar. Esto posee un efecto diurético, antirreumático y vermífida.

Su fibra es de alto valor comercial para elaborar tejidos, cordeles de pescar y mallas.

C. VALOR NUTRICIONAL

De acuerdo con Aguilar (1966), la fruta, llamada comúnmente piñuela, se encuentra constituida de la siguiente forma:

N u t r i e n t e	Contenido en %
Agua	88.30
Proteínas	0.41
Carbohidratos	8.90
Grasa	0.02
Celulosa	2.00
Cenizas	0.37
Contenido Total	100

También expone el porcentaje de los elementos digerible del fruto:

Nombre	Proteína	Carbohidratos	Grasa	Total digerible	Relación nutritiva
Piñuela	0.39	8.57	0.02	8.98	1:22.1

Un análisis más completo, en cuanto a micronutrientes, se presenta en el informe de la FAO (1993), posee un contenido de nutrientes como se presenta a continuación:

N u t r i e n t e	Contenido en 100 gramos
Agua	92.0 g
Proteína	0.9 g
Grasa	0.3 g
Carbohidratos totales	5.7 g
Fibra cruda	0.6 g
Cenizas	1.1 g
Calcio	116 mg
Fósforo	24 mg
Hierro	0.6 mg
Actividad de Vitamina A	Trazas µg
Tiamina	0.03 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.4 mg
Ácido Ascórbico	21 mg
Valor energético	25 kcal

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. MUESTRAS

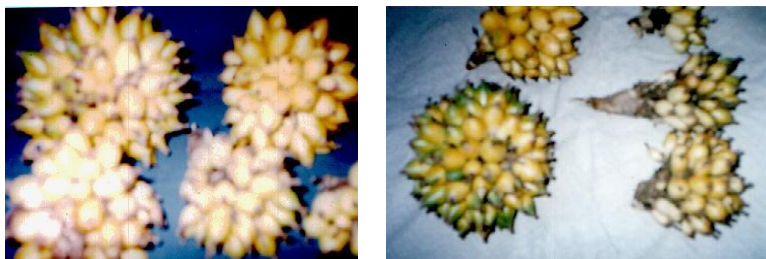
Las piñuelas fueron obtenidas por encargo a personas conocidas, de los departamentos de Santa Rosa, variedad amarilla, y del departamento de Suchitepéquez, variedad roja.

Los racimos de piñuela fueron retirados con machete y con sumo cuidado debido a las espinas de sus hojas. Como se presenta en la siguiente figura:

FIGURA No. 3 Corte



FIGURA No. 4 Piñuela en racimos (Dos niveles de maduración)



Las piñuelas amarillas se recibieron en racimos. Las muestras de la variedad roja se obtuvieron ya refrigeradas de forma individual. Ambas variedades fueron limpiadas con agua, jabón y cepillo, desmenuzadas a mano girándolas en su eje, limpiadas por segunda ocasión, desinfectadas (desinfectante comercial en recipiente plástico) y refrigeradas (refrigerador comercial). Ver Diagrama detallado en el Apéndice.

FIGURA No.5 Racimo



FIGURA No.6 Unidades 2 variedades



FIGURA No.7 Lavado



Se reservaron 20 unidades enteras para el análisis físico, en bolsas herméticas.

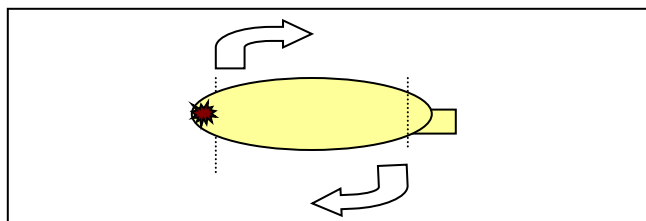
FIGURA No. 8 Unidades enteras para análisis físico



Las piñuelas restantes, de las dos variedades, fueron procesadas para su almacenamiento de la siguiente forma:

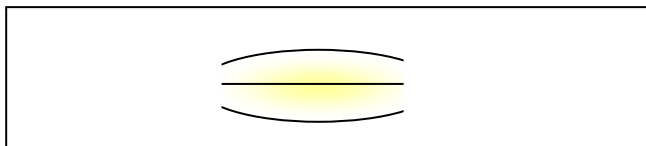
1. Pelado: remoción de la cáscara realizando una incisión a cada una de las puntas de forma transversal y tirando cada punta hacia el lado contrario, para retirar la cáscara dejando la pulpa entera. Esquemáticamente:

Figura No. 9 Pelado



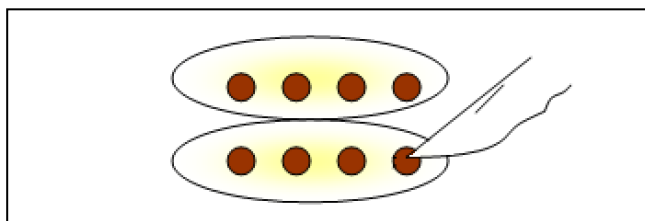
2. Corte longitudinal a uno de los costados de la pulpa

Figura No. 10 Corte longitudinal



3. Remoción de semillas: se abre por medio del corte longitudinal y con cuchillo con punta se escarba hasta alcanzar todas las semillas y separarlas de la pulpa.

Figura No. 10 Corte longitudinal



Empaque y congelación: cada unidad sin semillas se volvió a cerrar y se congelaron y almacenaron en bolsas de polietileno con sello hermético hasta el momento de su utilización, ya sea para el análisis químico y la elaboración de los productos. La temperatura de almacenamiento fue de -15 a -10 °C. Esquemáticamente:

Figura No. 12 Pulpa de piñuela congelada



B. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Las unidades completas se midieron y pesaron, con vernier y balanza analítica, respectivamente. Posteriormente, se les aplicó el método explicado para la congelación anteriormente citado, con la variante que cada porción, cáscara, semillas y pulpa fueron pesadas en balanza analítica.

La pulpa fue luego congelada para su uso posterior.

C. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

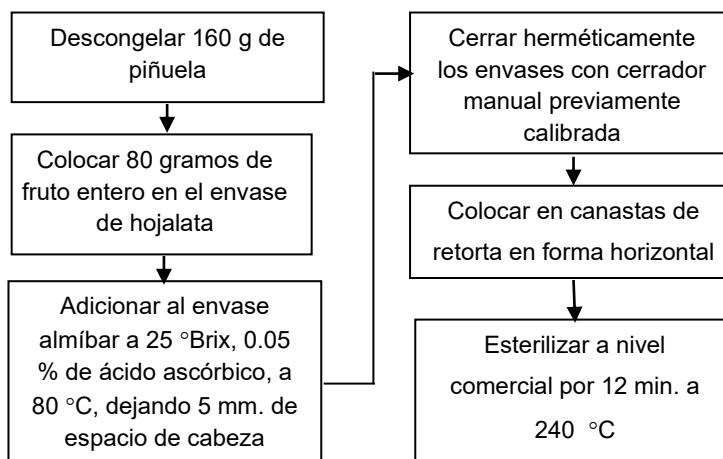
La pulpa congelada y empacada, se sumergió en agua a temperatura ambiente. Posteriormente se procedió a realizar los análisis químicos anteriormente citados por medio de los métodos establecidos por la AOAC (AOAC, 1984)

D. ELABORACIÓN DE PRODUCTOS

1. PULPA EN ENVASE DE HOJALATA. Los materiales utilizados son:

- Envases de hojalata formato 202x308 con recubrimiento dorado interior y barniz exterior transparente.
- Tanque enchaquetado, con agitador.
- Cerradora manual marca Lanico.
- Retorta Horizontal (con graficador automatizado ABB). Marca Loveless Manufacturing
- Refractómetro de escala de 0-45 marca FISHER
- Termómetro digital, marca HANNA.
- Vapor
- Pulpa de piñuela congelada
- Agua (de pozo y clorada 4-5 ppm)
- Azúcar (marca Caña Real)
- Ácido ascórbico (marca Roche)

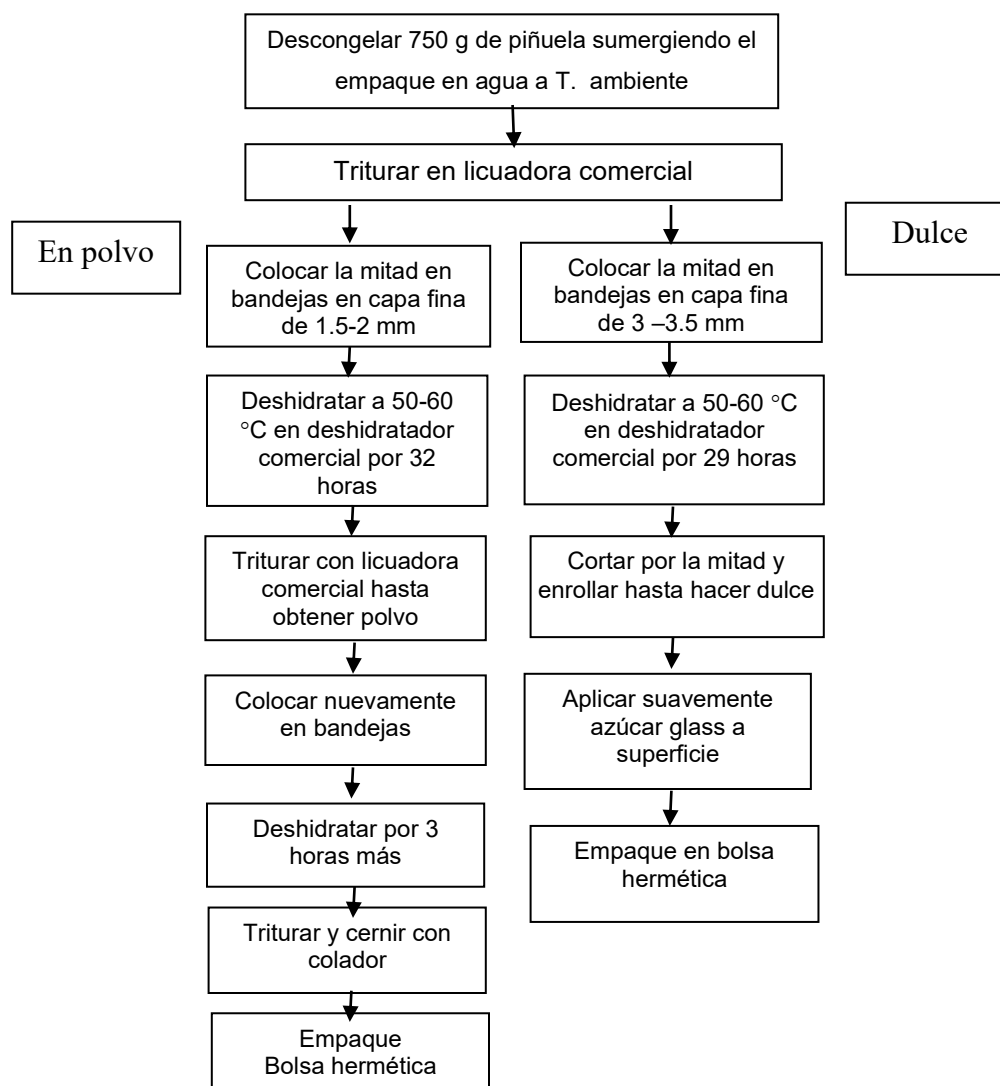
PROCEDIMIENTO:



2. PIÑUELA EN POLVO Y DULCE (fruit roll). Los materiales utilizados son:

- Aceite vegetal
- Deshidratador comercial marca National Products
- Termómetro para hormo marca ECKO.
- Licuadora comercial marca Oster.
- Bandejas de plástico cuadradas de 10 x 15 cm.
- Palillos de madera
- Pulpa de piñuela congelada
- Azúcar glass (Marca La Grecia)
- Bolsas con cierre hermético

PROCEDIMIENTO:



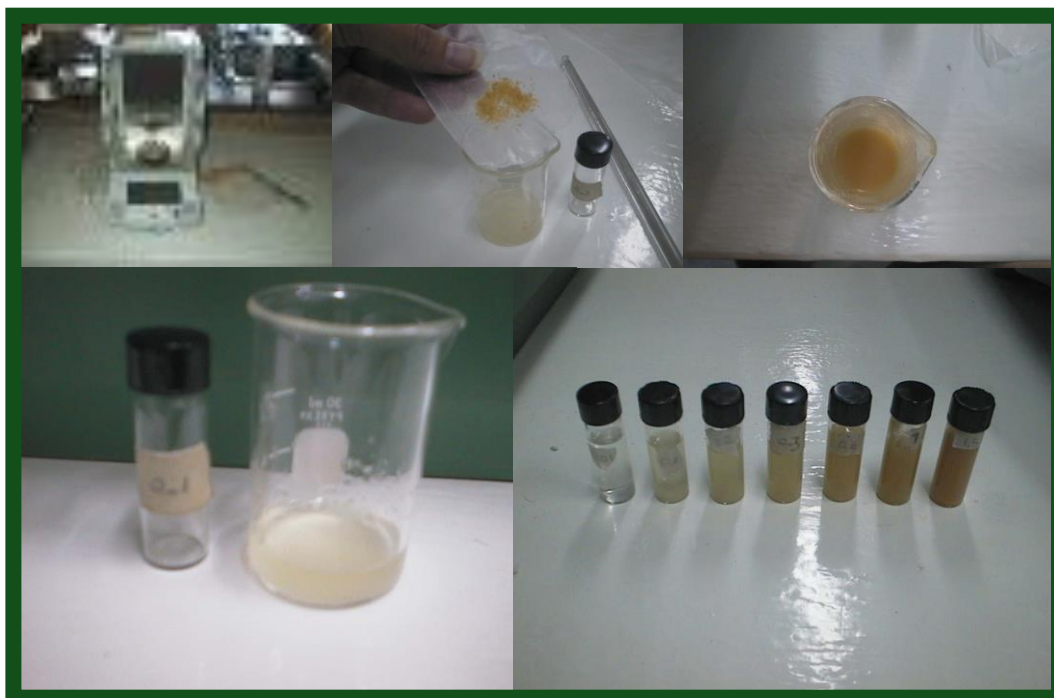
3. PRUEBA DE REHIDRATACIÓN. Los materiales utilizados son:

- Cinco beakers de 50 ml Marca Pyrex
- Balanza analítica marca Mettler A2000
- Siete frascos pequeños con tapadera
- Espátula
- Agua
- Piñuela en polvo
- Cronómetro
- Agitador de vidrio

PROCEDIMIENTO:

Se aplicó diferentes pesos de piñuela en polvo a 4 gramos de agua. Se agitó la solución en forma moderada hasta disolver la totalidad de la piñuela en polvo. Se tomó cada tiempo hasta la disolución total. Los pesos de piñuela en polvo aplicados son: 0.25, 0.1, 0.2, 0.3, 0.6, 1.0, 1.5 g. Se desarrolló un detalle descriptivo del color, la textura y el sabor, de dichas soluciones.

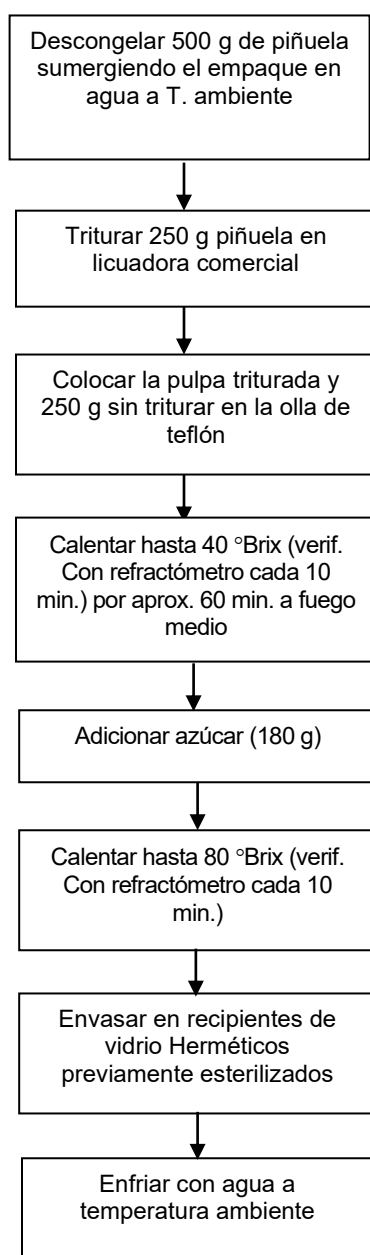
FIGURA No. 13 Rehidratación de piñuela en polvo



4. **MERMELADA.** Los materiales utilizados son:

- Una olla con recubrimiento de teflón
- Una olla para esterilización de frascos
- Dos paletas de madera
- Una balanza analítica marca Mettler A2000
- Papel encerado
- Pulpa de piñuela congelada
- Azúcar blanca (marca Caña Real)

PROCEDIMIENTO:

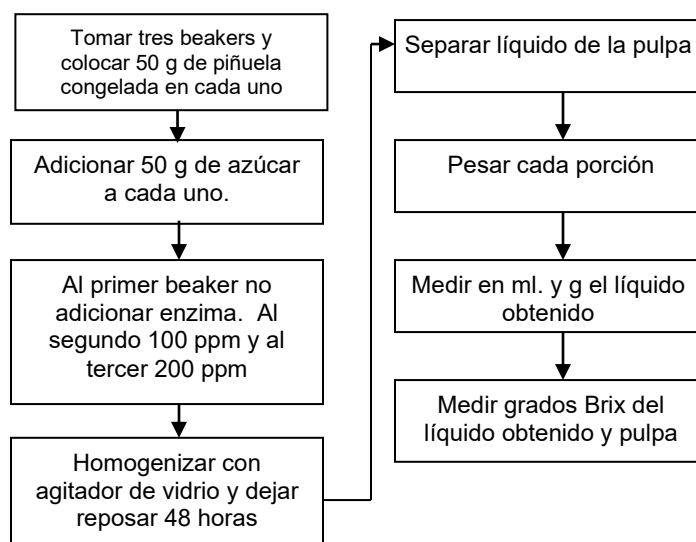


5. JARABE CON SABOR A PIÑUELA POR DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA. Los materiales utilizados son:

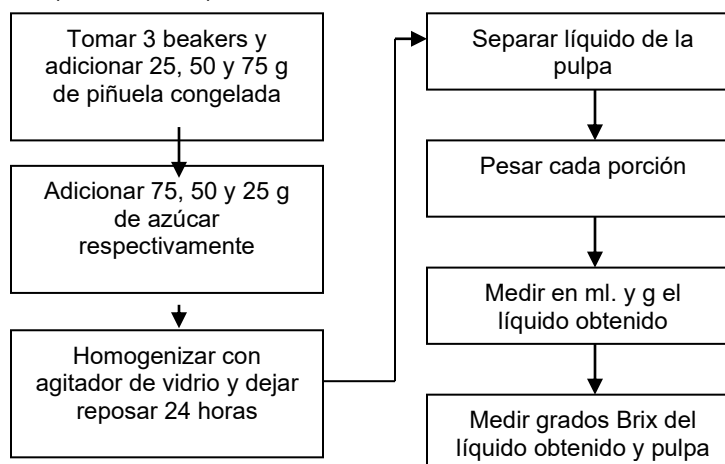
- Seis beakers de 250 ml Marca Pyrex
- Una balanza marca
- Una balanza analítica marca Mettler A2000
- Papel encerado
- Un agitador de vidrio
- Azúcar (marca Caña Real)
- Piñuela congelada
- Enzimas pectolíticas (Citrozym, marca Novo Nordisk Ferment Ltd.)
- Una centrifuga de 10000 rpm.
- Seis tubos de centrifuga

PROCEDIMIENTO:

1. Prueba No. 1 (enzima y azúcar simultáneamente)



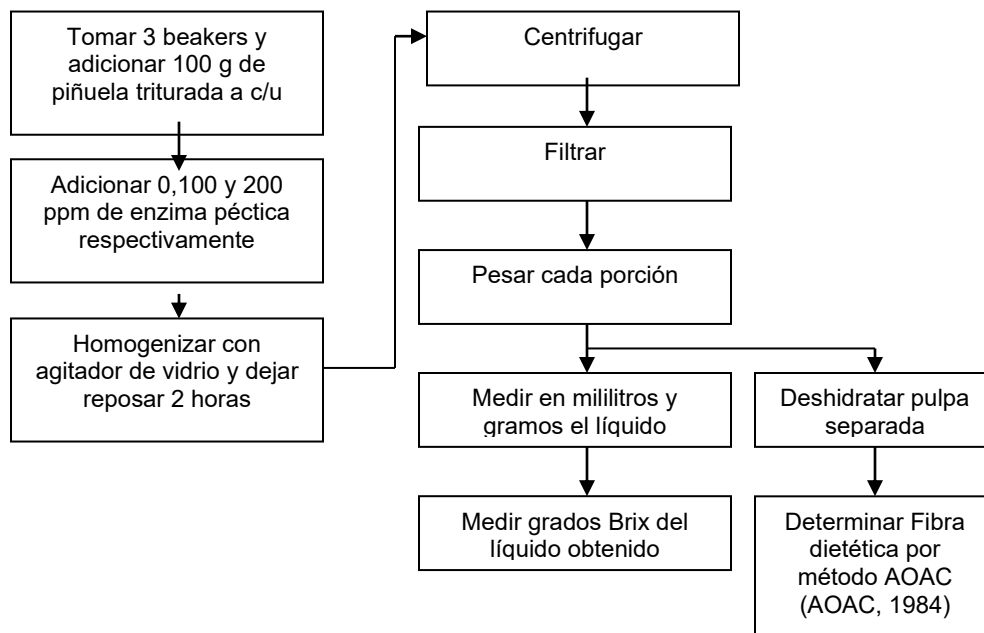
2. Prueba No.2 (Sin enzimas)



6. JUGO DE PIÑUELA.

- Cinco beakers de 150 ml Marca Pyrex
- Tres beakers de 250 ml Marca Pyrex
- Dos beakers de 500 ml Marca Pyrex
- Una balanza analítica marca Mettler A2000
- Papel encerado
- Un agitador de vidrio
- Piñuela congelada
- Enzimas pectolíticas (Citzozym, marca Novo Nordisk Ferment Ltd.)
- Una centrifuga 10000 rpm
- Seis tubos de centrifuga
- Un Erlenmeyer con válvula para vacío marca Pyrex con manguera
- Papel Filtro Withman No.1 (Medium Fast)
- Embudo con tapón de hule

PROCEDIMIENTO:



7. DESCRIPCIÓN SENSORIAL DE LOS PRODUCTOS. Todos los productos fueron degustados para la descripción de sus características sensoriales. En el caso de la mermelada, además se realizaron, pruebas analíticas para la caracterización y evaluación de color y textura contra una mermelada comercial de piña. El primero con colorímetro y el segundo con una texturómetro (Texture Analyzer & Stable Micro System).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

1. DIMENSIONES

Tabla No. 6 Promedio y desviación estándar de las dimensiones de las dos variedades de piñuela (de una muestra de 20 unidades de cada variedad)					
En milímetros	Roja		Amarilla		Diferencia significativa
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	✓
Largo	78.17	4.98	45.52	3.70	✓
Diámetro máximo	23.82	1.34	25.65	2.13	✓
Diámetro semillas	5.19	0.57	5.96	0.43	✓
Número de semillas	98.20	11.99	19.75	7.48	✓

Se hizo el análisis de varianza de cada uno de estos parámetros entre las dos variedades obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla No. 7 Análisis de varianza de un factor: LARGO

RESUMEN					
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
roja	20	1563.4	78.17	26.07	
amarilla	20	910.4	45.52	14.43	

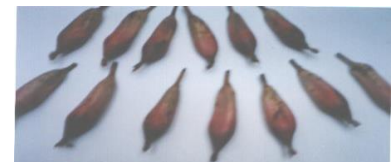
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	10660.22	1	10660.22	526.35	7.24E-24	4.10
Dentro de los grupos	769.61	38	20.25			
Total	11429.84	39				

En las tablas anteriores puede verificarse que el largo de las dos variedades es significativamente diferente, siendo más larga la variedad roja, la cual es un 71.72 % más larga que la variedad amarilla. Esta obvia diferencia puede evidenciarse de forma visual en las figuras siguientes:

FIGURA No. 14 Variedad amarilla



FIGURA No. 15 Variedad roja



Se puede observar que la variedad amarilla posee frutos más cortos y redondos, mientras que la variedad roja posee frutos más alargados.

Esto puede confirmarse al analizar el caso del diámetro máximo. Las dos variedades poseen diámetros muy similares, pero significativamente diferentes como lo demuestra el siguiente análisis de varianza:

TABLA No. 8 Análisis de varianza de un factor: DIÁMETRO MÁXIMO

RESUMEN							
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Roja	20	476.4	23.82	1.90			
Amarilla	20	512.9	25.65	4.77			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	33.30 5	1	33.30	9.98	0.003	4.10	
Dentro de los grupos	126.76	38	3.33				
Total	160.07						

Las muestras de la variedad amarilla analizadas resultaron ser 7.66 % mayores en diámetro máximo que los frutos de la variedad roja. Sin embargo, tanto el fruto como la pulpa ya extraída de la variedad roja resulta ser más grande, por lo que el manejo de unidades por peso es menor. Esto representa una mejor obtención de volumen de pulpa por unidad.

El parámetro de número de semillas resulta de los más críticos para el potencial de la industrialización de la piñuela. En la variedad amarilla se encuentran en promedio 19.75 unidades. Sin embargo, la variedad roja posee en promedio de 98.20 unidades. Esto constituye 397 % más que la variedad amarilla. Este parámetro es crítico, ya que influye directamente en el porcentaje de utilización de cada variedad y en el volumen de desechos, en caso de no poseer una utilización adecuada para dicho remanente.

Como era de esperarse, el análisis de varianza indica que las dos variedades son significativamente diferentes en dicho parámetro.

Tabla No. 9 Análisis de varianza de un factor: NÚMERO DE SEMILLAS

RESUMEN							
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
Roja	20	1964	98.2	151.33			
Amarilla	20	395	19.75	58.39			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	61544.02	1	61544.02	585.7	1.08E-24	4.10	
Dentro de los grupos	3992.95	38	105.07				
Total	65536.98	39					

Otro aspecto relevante de poseer más semillas constituye la desventaja de dejar mayor cantidad de cavidades al momento de removerlas, si se desea utilizar la pulpa de forma entera. Este aspecto deteriora la apariencia del fruto ya pelado de la variedad roja.

El mismo resultado se obtuvo para el diámetro de las semillas las cuales resultaron significativamente diferentes. La variedad amarilla posee semillas con diámetros mayores que la variedad roja en un 15.5 %.

Tabla No. 10 Análisis de varianza de un factor: DIÁMETRO DE SEMILLAS

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Roja	20	103.8	5.19	0.34
Amarilla	20	119.2	5.96	0.19

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	5.93	1	5.93	22.43	3.02E-05	4.10
Dentro de los grupos	10.05	38	0.26			
Total	15.98	39				

2. PESOS

Tabla No. 11 Pesos de las dos variedades

En gramos	Roja		Amarilla		¿Diferencia significativa?
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
Peso total	21.95	2.42	16.97	3.30	✓
Peso cáscara	6.47	0.81	6.59	1.14	✗
Peso semillas	4.84	0.64	0.98	0.33	✓
Peso pulpa	9.13	1.22	7.60	1.48	✓

Se analizó por medio de análisis de varianza cada uno de estos parámetros entre las dos variedades, para determinar si son diferentes significativamente, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla No. 12 Análisis de varianza de un factor: PESO TOTAL

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Roja	20	439.06	21.95	6.15
Amarilla	20	339.36	16.97	11.45

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	248.49	1	248.49	28.24	4.96E-06	4.10
Dentro de los grupos	334.39	38	8.79			
Total	582.88	39				

El peso total, resulta ser significativamente diferente entre las dos variedades. En el caso de la variedad roja es un 29.38 % más pesada cada unidad al compararla con la variedad

amarilla. Esto es importante ya que define cuántas unidades se esperarían por unidad de peso manejada para su comercialización. Bajo estas condiciones, se tendrían de 20 ó 21 unidades rojas por libra. En el caso de la variedad amarilla se tendrían de 26 ó 27 unidades por libra.

El peso de la cáscara es el único parámetro físico en el cual las dos variedades no poseen diferencia significativa en sus medias. Esto repercute directamente en el peso de desechos, los cuales se esperarían que fueran iguales para las dos variedades, al utilizarla a escala industrial. El análisis de varianza que respalda dicha implicación se presenta a continuación:

Tabla No. 13 Análisis de varianza de un factor: PESO CÁSCARA

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
Roja	20	129.36	6.47	0.68			
Amarilla	20	131.88	6.59	1.36			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	0.16	1	0.16	0.16	0.70	4.10	
Dentro de los grupos	38.91	38	1.02				
Total	39.07	39					

Otro aspecto primordial para inferir acerca de los niveles de desecho o productos adiciones a la pulpa consiste en las semillas. Se pesaron con la finalidad de cuantificarlas. De ello se establece que la variedad posee un peso de semillas significativamente mayor que la variedad amarilla. La roja posee un peso mayor en un 385.66 % que la amarilla, la cual posee menos de un gramo de semillas, mientras que la roja un valor promedio de 4.8365 gramos.

Tabla No. 14 Análisis de varianza de un factor: PESO SEMILLAS

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
roja	20	96.73	4.84	0.43			
amarilla	20	19.60	0.98	0.16			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	148.74	1	148.74	543.32	4.12E-24	4.10	
Dentro de los grupos	10.40	38	0.27				
Total	159.14	39					

Finalmente, se pesa la cantidad de pulpa recuperada, la cual constituye la porción comestible del fruto. Los resultados obtenidos indican que la variedad roja proporciona significativamente mayor peso de pulpa por unidad, que la amarilla. Esto, en un 20 %. Sin embargo, al analizar el rendimiento por libra de producto entero, y bajo la premisa antes

presentada que se obtendrían 20 unidades de roja y 26 unidades amarilla por libra, se tiene que por libra se obtendrían en promedio 182.64 g de la roja y 197.60 g de la amarilla, lo cual es, 8.19 % más. Estos valiosos datos sirven tanto para determinar el rendimiento expresados en gramos de pulpa por libra, como procesador de la fruta, así como para establecer un precio objetivo para cada variedad al ser la parte oferente del producto en fresco, es decir, quien la cultiva. A continuación, se presenta el análisis estadístico realizado:

Tabla No. 15 Análisis de varianza de un factor: PESO PULPA

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Roja	20	182.64	9.13	1.58
Amarilla	20	152.00	7.60	2.29

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	23.48	1	23.48	12.13	0.001	4.10
Dentro de los grupos	73.53	38	1.93			
Total	97.00	39				

Los pesos de cada porción fueron comparados con el peso total inicial de cada unidad entera, con lo cual se determinó que existe un déficit de peso de 7% en la variedad roja y 11 % en la amarilla. Esto se debe a pérdidas de jugo en el proceso de pelado y remoción de semillas.

Estos porcentajes son específicos para el método utilizado, por lo que es evidente que pueden ser mejorados optimizando el punto de madurez y/o el método de obtención de la pulpa. En los casos donde no se desee obtener la pulpa entera, sino más bien triturada, podría utilizarse un pulpero, con el cual se remueven las semillas al mismo tiempo que se tritura la pulpa. Con ello se esperaría una mejor recolección tanto de pulpa como de jugo.

Con el mismo proceso de ponderación de las porciones de cada parte del fruto, se determina que la variedad roja posee un 42% de pulpa, un 22% de semilla y un 29% de cáscara. En el caso de la variedad amarilla se tiene un 44% de pulpa, 6% de semillas y 39% de cáscara. Ver Figura No. 44 y 45 en Apéndice.

B. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Los parámetros químicos establecidos, que se consideran de mayor relevancia para el desarrollo de productos se presentan a continuación:

Tabla No. 16 Caracterización química de las dos variedades					
Variedad	Roja		Amarilla		Diferencia significativa
Estadístico	media	Desviación Estándar	media	Desviación Estándar	
% Humedad	78.01	0.25	73.25	0.45	✓
% Azúcares	8.54	0.26	6.32	0.26	✓
Pectina (%pectato de Ca)	1.84	0.33	0.79	0.08	✓
Vit. C (mg/g)	0.16	0.004	0.54	0.005	✓
% Cenizas	1.30	0.30	0.62	0.13	✓
Brix	23.84	0.30	28.82	0.18	✓
pH	6.32	0.19	6.10	0.10	✗

El primero, la humedad de la fruta se determinó y resultó ser menor a lo reportado en la literatura (92 % reporte de la FAO, y 82 % Aguilar (1966)), lo cual pudo deberse a la congelación y descongelación previa al análisis, además de condiciones propias de la planta y suelo donde se encontraba la muestra recolectada.

Entre las dos variedades se establece que existe diferencia significativa en cuanto al % de humedad, siendo más húmeda la muestra de la variedad roja.

Tabla No. 17 Análisis de varianza de un factor: % HUMEDAD

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
variedad roja	5	390.057	78.0114	0.06
variedad amarilla	5	366.238	73.2476	0.20

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	56.73	1	56.73	433.69	0.00	5.32
Dentro de los grupos	1.05	8	0.13			
Total	57.78	9				

En cuanto a implicaciones en proceso, la variedad roja tendría mayores costos de proceso en el caso de realizar una disminución de su actividad de agua, como es el caso de la deshidratación y elaboración de mermelada. En la variedad amarilla se esperaría mejores rendimientos en los casos de deshidratación, que con la variedad roja.

En el caso del porcentaje de azúcares, se tiene que la variedad roja contiene una cantidad significativamente mayor de azúcares, expresados como porcentaje de glucosa, que la variedad amarilla. Esto es una característica favorable para la variedad roja, en el aspecto de que se

esperaría un sabor más dulce, aunque esto depende de también depende de su nivel de acidez. Sin embargo, para los procesos productivos que involucran calor, podría existir una mayor caramelización en la variedad roja que en la amarilla, y por lo tanto una generación mayor de compuestos pardos no deseables para la elaboración de productos naturales o lo más parecido posible al producto original o en fresco.

Tabla No. 18 Análisis de varianza de un factor: % AZUCARES

RESUMEN							
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
variedad roja	3	25.63	8.54	0.07			
variedad amarilla	3	18.95	6.32	0.07			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	7.43	1	7.43	110.37	0.00	7.71	
Dentro de los grupos	0.27	4	0.07				
Total	7.70	5					

Sin embargo, este resultado puede deberse a la diferencia de estados de maduración de las dos frutas y a las condiciones de crecimiento de la planta, aunque ambas se encuentran alrededor del porcentaje total de carbohidratos reportados en la literatura (vid. supra).

Debidos a la característica de la pulpa y jugo de la piñuela a ser altamente pegajosa y densa, se procedió a determinar el porcentaje de pectina que resultó, más bajo de lo esperado con un 1.54 y 0.78 % para la roja y amarilla respectivamente. Las cuales son significativamente diferentes, como puede apreciarse en el siguiente análisis de varianza:

Tabla No. 19 Análisis de varianza de un factor: % PECTINA (PECTATO DE CALCIO)

RESUMEN							
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
variedad roja	3	5.53	1.84	0.11			
variedad amarilla	3	2.37	0.79	0.01			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	1.67	1	1.67	28.13	0.01	7.71	
Dentro de los grupos	0.24	4	0.06				
Total	1.91	5					

La determinación de este parámetro es de suma importancia, y al no encontrarse en la literatura datos relacionados, se desconoce hasta ahora su potencial como fuente de pectina. A pesar de que los valores de porcentaje de pectina determinados por este método no resultan tan altos como se esperaban, se evidencia la gran capacidad de adhesividad de su jugo en el momento de manipularla. Además, el resultado obtenido seguramente fue afectado por el tiempo de almacenamiento en congelación el cual fue de tres meses. Por otra parte, existe la posibilidad de analizar esta fruta juntamente con su cáscara, ya que podría ser una importante

fuentes tanto de pectinas como de gomas naturales. Por lo cual la investigación en el futuro podría encaminarse hacia este campo.

En el caso de la vitamina C, se tiene que la variedad roja posee 0.16 mg por gramo, i.e. 16 mg por 100 g lo cual se asemeja al único dato obtenido de la literatura de 21 g por cada 100 g presentado por la FAO. En el caso de la variedad amarilla se encontró una cantidad significativamente mayor de 0.54 mg por gramo, i.e. 54 mg por cada 100 g. A esto pueda deberse el sabor intensamente ácido de dicha variedad. Este hecho es de sumo valor para su consideración en procesos productivos, ya que el Ácido Ascórbico es conocido por su poder antioxidante. Esto abre la oportunidad de procesar y preservar más efectivamente la pulpa de la variedad amarilla, así como considerarla una buena fuente de Vitamina C. Es importante notar que esta cantidad es alta a pesar de su tiempo de almacenamiento en congelación, y que es mayor que la cantidad de Vitamina C del limón reportada en la tabla de contenido de los alimentos de 51 mg/100g, pero menor a los 61 mg/100g que posee la piña.

Tabla No. 20 Análisis de varianza de un factor: VITAMINA C (mg/g)

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
variedad roja	3	0.47	0.16	0.00			
variedad amarilla	3	1.62	0.54	0.00			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	0.22	1	0.22	11894.6	0.00	7.71	
Dentro de los grupos	7.44E-05	4	1.86E-05				
Total	0.22	5					

El contenido de cenizas de las dos variedades resultó significativamente diferente. Siendo la variedad roja la que posee una mayor cantidad (1.30 %). Este valor se asemeja a la cantidad reportada por la FAO en 1993, de 1.1 %. Por otro lado, Aguilar reportó en 1966 un valor de cenizas de 0.37 % el cual se asemeja más al reportado para la variedad amarilla de 0.62%.

Tabla No. 21 Análisis de varianza de un factor: % CENIZAS

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
variedad roja	5	6.52	1.30	0.09			
variedad amarilla	5	3.12	0.62	0.02			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	1.16	1	1.16	21.99	0.00	5.32	
Dentro de los grupos	0.42	8	0.05				
Total	1.58	9					

El contenido de sólidos se determinó con la ayuda de refractometría, determinando los grados Brix de la pulpa. Con ello se encontró que la pulpa de la piñuela amarilla tiene 28.82 ° Brix, mientras que la piñuela roja tiene 23.84 ° Brix. Estos valores son considerablemente altos, al compararlos con la piña, la cual posee a rededor de 20 ° Brix en un estado de maduración avanzado y adecuado para el consumo. Entre las dos variedades se determinó que efectivamente existe diferencia significativa en este parámetro.

Tabla No. 22 Análisis de varianza de un factor: ° BRIX

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
variedad roja	5	119.2	23.84	0.09			
variedad amarilla	5	144.1	28.82	0.03			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	62.00	1	62.00	1033.35		5.32	
Dentro de los grupos	0.48	8	0.06				
Total	62.48	9					

Por último, se determinó el pH de las pulpas de ambas variedades, encontrándose que no existe diferencia significativa entre sus medias. Los valores obtenidos de 6.32 y 6.1 son más altos de lo esperado, a juzgar por su sabor extremadamente ácido, sobre todo en la variedad amarilla.

Tabla No. 23 Análisis de varianza de un factor: pH

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
variedad roja	5	31.6	6.32	0.04			
variedad amarilla	5	30.5	6.1	0.01			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	0.12	1	0.12	5.15	0.05	5.32	
Dentro de los grupos	0.19	8	0.02				
Total	0.31	9					

Tanto el parámetro de grados Brix como el pH no se encontraban reportados en la literatura, por lo que son una herramienta muy útil, tanto para determinar la madurez de la fruta, así como para las posteriores decisiones a tomar en la elaboración de los productos propuestos. Ya que esta composición es de suma importancia para prevenir y optimizar los cambios propios por el procesamiento, tanto en color, textura y por lo tanto apariencia.

C. PIÑUELA EN ALMÍBAR EN ENVASE DE HOJALATA

Ingredientes	%
Agua	77.48 ± 0.001
Azúcar	22.33 ± 0.002
Ácido ascórbico	0.19 ± 0.02

Ingredientes	%
Pulpa de piñuela	51.28 ± 0.007
Almíbar (25° Brix)	48.72 ± 0.007

El producto se enlató utilizando una receta de piña en almíbar ya existente en el mercado. Esta receta utiliza un jarabe alto en sólidos solubles, con la finalidad de obtener un producto final dulce apto para el mercado de la repostería. El producto fue elaborado exitosamente, no habiéndoles apreciado ningún tipo de reacción anaeróbica ni defecto después de su procesamiento térmico. Esto significa que las condiciones de: 12 min. a 240°F en retorta horizontal, son adecuadas para la efectiva esterilización comercial de envases de hojalata formato 202 de diámetro y 308 de altura (medidas American Standar (AS)).

1. **Rendimiento.** Rendimiento de la pulpa: 100%. Ya que la pulpa de la fruta se aplica completa.
2. **Descripción sensorial.**

Parámetro	Descripción
Color	Amarillo naranja muy intenso.
Sabor	Dulce. Sabor residual metálico.
Textura	Fibrosa y elástica. Superficialmente seca y arrugada (estado de deshidratación)

En la característica sensorial de color, la pulpa de piñuela no resultó adecuado en el enlatado. Además, el barniz interior, dorado, puede no ser el más adecuado. Sin embargo, podría utilizarse envases sin barniz interior, como se hace en el caso de la piña. Debido a la ausencia del barniz, ocurre una reacción tal que el color final de la piña es amarillo brillante. Otra opción es envasar la pulpa en envases de vidrio, en el cual podría apreciarse la apariencia del fruto y puede que tenga un mejor comportamiento.

Por otra parte, el color amarillo intenso puede ser provocado por algún tipo de pardeamiento. Este podría ser una degradación anaeróbica del ácido ascórbico, ya que ésta se

da en medios regularmente ácidos, como el sistema en cuestión. Por lo tanto, puede ser necesario que se tenga que disminuir la cantidad de este ingrediente; más aún si se considera el alto contenido de vitamina C ya presente en la fruta. Otra posibilidad es que exista pardeamiento enzimático, por lo que pueda ser necesario evaluar diferentes tiempos de escaldado de la fruta antes de ser pelada y utilizada en esta aplicación.

También podría disminuirse la cantidad de azúcar del almíbar para evitar que la fruta sufra una deshidratación por ósmosis. Debido a esta última, la textura resultó arrugada y seca.

La astringencia del fruto fresco fue disminuida considerablemente, por lo tanto, este producto podría optimizarse para lograr características sensoriales más adecuadas, pues puede representar un buen mercado explotado en países donde las frutas tropicales tiene un importante nicho de mercado.

El producto final obtenido se presenta a continuación:

FIGURA No. 16 Envases cerrados **FIGURA No. 17 Envase abierto** **FIGURA No. 18 Pulpa**

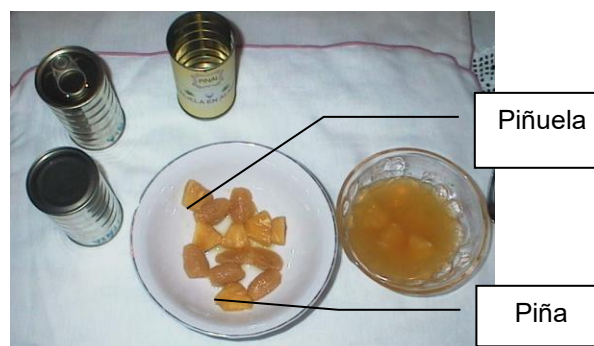


La proporción de pulpa y almíbar dentro del envase resultó adecuada para el tipo de producto que deseaba desarrollarse por lo que en este aspecto el producto final es aceptable.

3. Otras presentaciones. Se enlató también una mezcla de piña y piñuela, en una proporción de 50:50. Las cuales resultaron con características sensoriales muy similares a las antes descritas. En este caso, definitivamente es necesario enlatar en envases sin barniz, para que el color de ambas frutas sea aceptable. A continuación, se presenta el producto obtenido:

La deshidratación es este caso también pudo ser percibida, por lo que las mismas recomendaciones antes descritas se aplican también para este caso específico.

FIGURA No. 19 Piñuela y piña en almíbar



4. **Estabilidad.** El producto fue esterilizado eficazmente, ya que después de seis meses de observación el producto no presentaba signos de descomposición o deterioro de su calidad sensorial e integridad del envase. De hecho, la descripción antes presentada se realizó después de dicho período de almacenamiento a temperatura ambiente.

D. PULPA DE PIÑUELA DESHIDRATADA

1. **Deshidratación.** El monitoreo del peso de pulpa indica que la deshidratación se comportó de la siguiente manera:

Tabla No. 27	
Pérdida de peso en el proceso de deshidratación	
Horas en proceso	Peso de pulpa en el tiempo
0	775 ± 0.05
4	641 ± 0.05
7.5	520 ± 0.05
11.8	397 ± 0.05
18.3	273 ± 0.05
20.3	239 ± 0.05
22.8	218 ± 0.05
27.3	199 ± 0.05
32.3	179 ± 0.05
% Peso disminuido	73.62 ± 0.002

Como puede observarse, se requirió de 32.3 horas para llegar a la pérdida de humedad requerida para obtener un film que pudiera ser molido sin agrumarse. En el caso del deshidratado para dulce, el tiempo fue menor, de 27.3 horas, ya que se requería que el film obtenido tuviera una humedad suficiente para no desintegrarse pero que fuera elástico.

En la tabla anterior, se puede observar que el porcentaje de peso disminuido es de 73.62, valor muy cercano al de humedad total determinada en la caracterización química.

Sin embargo, parece ser que el lote de piñuela utilizado para este producto posee una mayor proporción de humedad, por lo que cierta masa quedó con una humedad aun considerable, 12-15 %, en el caso del dulce.

Un factor crítico en la deshidratación es la temperatura del equipo, por lo que se monitoreo constantemente para asegura que se encontrara entre 50 y 65 °C. Para ello se utilizó un termómetro de horno comercial, como se muestra a continuación:

FIGURA No. 20

Control de temperatura



FIGURA No. 21

Moldes de deshidratación



Con este nivel de temperatura se logró que la pulpa de piñuela perdiera el agua requerida, pero que su color se mantuviera en un rango aceptable para una fruta. Indudablemente hubo caramelización debido a su contenido de azúcares. Sin embargo, el producto final posee un color amarillo intenso característico de los productos deshidratados. Esto puede visualizarse en la Figura No. 21 (vid. supra) La preservación del color se puede deber a su alto contenido de Ácido Ascórbico.

Como se puede observar en esta imagen, se utilizaron moldes pequeños, de aproximadamente 15 cm. de largo por 10 de ancho con la finalidad de obtener una deshidratación homogénea, y no se obtuvieran partes más deshidratadas que otras. Esto se logró, juntamente con la movilización de los moldes cada vez que se pesaban, tanto horizontalmente (girándolos) como verticalmente (cambio de niveles en el deshidratador).

La deshidratación se llevó a cabo sin la adición de ningún tipo de ayudante tecnológico o aditivo, por lo que los productos derivados son 100 % pulpa de piñuela y por lo tanto totalmente naturales.

2. Presentación en polvo. En el caso de la piñuela en polvo, fue necesario moler y luego volver a secar por 3 horas más, ya que algunas partículas tendían a formar una masa debido a una humedad aún muy alta para el tipo de producto que se deseaba. Con ello se expuso al aire caliente todas aquellas partículas en el interior del film que todavía tenían humedad, y que no podían perderla puesto que ambas superficies, superior e inferior, estaban prácticamente selladas. Esto puede apreciarse con la siguiente figura:

FIGURA No. 22 Piñuela triturada antes de ser deshidratada por 3 horas más.



Finalmente, al término de este período adicional de deshidratación, se obtuvo un polvo suelto y bien definido, como se muestra a continuación.

FIGURA No. 23 Piñuela en polvo



FIGURA No. 24 Piñuela en polvo empacada



Como puede observarse, el polvo de piñuela fue exitosamente obtenido y empacado en bolsas de polietileno.

- a. **Rendimiento.** Se obtuvo 70 g de 370 g de fruta fresca. Esto es 18.92 %, i.e. 189.2 g por Kilogramo de fruta fresca.
- b. **Descripción sensorial**

Tabla No. 28 Descripción sensorial de la piñuela en polvo	
Parámetro	Descripción
Color	Amarillo con pequeños puntos amarillos-café claro.
Sabor	Dulce inicialmente después de 2 ó 3 segundos ácido fuerte.
Textura	Granulada fina. Se humedece y desintegra rápidamente en el paladar

El color resultante es característico de productos frutales deshidratados. Cabe mencionar que los puntos de coloración un poco más parda son pequeños y no provocan que el producto luzca heterogéneo.

c. **Estabilidad.** Con la finalidad de demostrar la viabilidad de manejar el producto obtenido, este se observó constantemente hasta después de 20 días, en los cuales se mantenía sin agruparse y sin cambios visuales de apariencia. Esto por supuesto estando empacado en bolsa de polietileno sin abrir. El material que fue expuesto a la atmósfera y luego cerrado, después de tres exposiciones se agrumó, formando fragmentos sólidos, pero fáciles de desintegrar al presionarlos.

Es importante destacar, que este producto constituye un producto intermedio, el cual puede ser utilizado para elaborar diversos productos, como por ejemplo, refrescos en polvo, gelatinas, etc. o productos húmedos con una rehidratación y formulación posterior, como por ejemplo jugos, néctares, purés, etc. Por ello, se presenta a continuación la prueba que demuestra su capacidad de humectación.

3. Rehidratación. Para demostrar la capacidad de rehidratación del polvo de piñuela obtenido, se realizó una prueba midiendo el tiempo que requerían diferentes concentraciones (peso: peso) en agua. También se describió sensorialmente las características de color, consistencia y sabor.

Tabla No. 29 Prueba de rehidratación de piñuela en polvo en agua				
SOLVENTE: 4 gramos de agua.				
% peso: peso final	Tiempo en segundos para disolver	color	consistencia	sabor
0.25	15 ± 0.5	leve amarillo	líquida	sin sabor
2.5	50 ± 0.5	blanco amarillento	líquida	frutal muy leve
5	90 ± 0.5	amarillo muy claro	líquida	frutal leve
7.5	125 ± 0.5	amarillo claro	líquida	muy leve a albaricoque ácido
15	135 ± 0.5	amarillo claro	ligeramente denso	leve a albaricoque ácido
25	149 ± 0.5	amarillo	denso	a albaricoque ácido
37.5	160 ± 0.5	amarillo intenso	muy denso	intenso a albaricoque ácido

Se inició la reconstitución del producto con concentraciones muy bajas, para evaluar su capacidad de ser utilizado como un saborizante. Con esto se determinó que la concentración mínima de utilización, en la que es perceptible un sabor frutal, es de 2.5% dentro de las concentraciones utilizadas.

FIGURA No. 25 Productos obtenidos de la rehidratación

El tiempo de rehidratación es muy corto. El máximo tiempo fue de 160 segundos, por lo que se puede catalogar como un producto de fácil hidratación. Este tiempo no aumento proporcionalmente con la concentración de polvo, pudiéndose observar que las menores concentraciones requirieron tiempos no muy diferentes a las altas concentraciones. Esto pueda deberse a que existe un poco de desviación con respecto al tiempo que se detectó en las concentraciones altas, debido a que por su alto contenido de sólidos no permitía visualizar si aun que tenían algunos gránulos no disueltos. Esto, en cambio, se podía detectar mejor en las soluciones con menos concentración.

La concentración del 15 % resultó la adecuada para la elaboración de un néctar de piñuela. La solución con la concentración del 25 % poseía las características apropiadas para la elaboración de puré ligero y la del 37.5 % para una compota. Esto significa que de un kilo de fruta fresca se obtendría 1450 g de néctar, 950 g de puré y 694 g de compota. Los rendimientos para estos productos son, respectivamente, 145 %, 95 % y 69.4 %.

Por otra parte, se pudo verificar que, en las soluciones de menor concentración, gracias a su transparencia, que existe cierta fibra no soluble que tiende a precipitar. Esto hace pensar que al utilizarlo en sistemas líquidos podría ser necesario utiliza un ayudante tecnológico para mantener esta fibra en suspensión. Desde el punto de vista nutricional esta fibra puede ser muy interesante, por lo que en los análisis siguientes se incluye la determina la cantidad de fibra dietética que ésta posee.

4. Dulce de piñuela (Fruit Roll). Al salir de la deshidratación el producto lucía de la siguiente manera:

FIGURA No. 26 Deshidratado para el dulce antes del moldeo

El producto obtenido de la deshidratación fue moldeado y enrollado. Los dulces se elaboraron enrollando la película obtenida alrededor de un palito de madera. Debido a que la película no se adhería a éste, fue necesario ejercer presión para que el producto pudiera mantenerse fijo. A continuación, se presentan las diferentes fases del proceso de elaboración, con las cuales se logró obtener el dulce en forma enrollada.

FIGURA No. 27 Proceso de enrollado del dulce de piñuela

Dado que se utilizaron dos tipos de molde para la elaboración del dulce, uno de aluminio y el otro de plástico, se demostró que los últimos, fueron los más adecuados, ya que la película elástica formada se despegó con facilidad, además que la superficie quedó más lisa y la forma más definida.

FIGURA No. 28 Dulce con y sin azúcar glass FIGURA No.29 Productos obtenidos

Como puede observarse en la Figura No.30, se aplicó azúcar glass a la superficie de cada unidad, con la finalidad de eliminar la pegajosidad y por lo tanto evitar que se pegaran entre sí.

FIGURA No. 30 Aplicación de azúcar glass al dulce de piñuela



Esta forma de sellar la superficie ayudará a que el empaque se mantenga atractivo para el consumidor en el transcurso de su vida útil. De hecho, el azúcar glass continuó siendo efectiva para dicho fin, aun después de 15 días de su elaboración. Por lo que la presentación con este aditivo es la más adecuada para la comercialización. En términos de sabor, el azúcar glass no desmeritó la calidad del producto final.

a. Rendimiento

En términos de rendimiento, se obtuvo 109 g de dulce de 405 g de fruta. Esto es 26.91 %, i.e. 269.1 g por Kilogramo de fruta fresca

b. Descripción sensorial

Tabla No. 30 Descripción sensorial del dulce de piñuela	
Parámetro	Descripción
Color	Caramelo brillante, con azúcar glass caramelo con manchas blancas
Sabor	Dulce inicialmente después de 2 ó 3 segundos ácido fuerte. Mezcla de albaricoque y tamarindo.
Textura	Elástico, pegajoso, pero suave. Después de masticar por repetidas veces se exponen tejidos fibrosos, específicamente fibras lineales aisladas, las cuales quedan al final de masticar y deshacer el dulce.

Como puede observarse en la siguiente figura, el color resultante es característico a caramelo o a fruta deshidratada levemente caramelizada. Y con la adición del azúcar glass su apariencia es de un dulce más elaborado que pueda ser más apetecible para ciertos consumidores a los cuales no les agrada los productos oscuros.

FIGURA No. 31 Color de piñuela antes y después de colocar azúcar glass



En el aspecto de sabor, se obtuvo un producto agradable. Al iniciar la masticación es dulce y posteriormente se puede apreciar una acidez fuerte, pero a niveles todavía tolerables. Al finalizar de ingerir la totalidad de una unidad (un roll), queda una sensación de leve astringencia. Esta astringencia es mucho menor que el producto en fresco.

Referente a la textura, es altamente masticable, suave y levemente elástico. Sin embargo, al finalizar de comer cada bocado, queda una fibra residual. Este aspecto es desfavorable para la calidad del producto. Esto puede ser eliminado al triturar más finamente la pulpa antes de colocarla en las bandejas para el deshidratado, utilizando, por ejemplo, un pulpero con tamiz muy fino.

c. **Otros diseños.** Con el fin de presentar mayor cantidad de opciones de industrialización se elaboraron paralelamente otras formas de presentación para el dulce. Estas son en forma de bombón, triángulos y cuadrados, los cuales se elaboran al ir doblando el film obtenido en diferentes direcciones, con el fin de irlo compactando. Esta presentación es de menor tamaño que la de los rollos, ya que podría ser una presentación más adecuada para infantes o personas con menos tendencia a comer caramelos.

FIGURA No. 32 Otras formas de dulces de piñuela



E. MERMELADA DE PIÑUELA

Inicialmente se calentó la fruta por 70 min. con el fin de disminuir lentamente la humedad de la misma. Con ello se rebajó el peso en un 60 %. Posteriormente, se adicionó el azúcar lentamente. La cantidad final de azúcar se determinó al degustar repetidas veces el producto. El contenido de sólidos solubles resultó más alto de lo que se recomienda para una mermelada, sin embargo, por la alta acidez de la piñuela el sabor resultaba aún muy astringente y ácido, y no fue hasta los 80 ° Brix que el sabor llegó a un balance adecuado. Por lo tanto, es claro que no se adicionó acidificantes. La formulación final determinada se presenta a continuación:

Tabla No. 31 Formulación de mermelada de piñuela	
Ingredientes	%
Pulpa de piñuela	73.43 ± 0.001
Azúcar	26.57 ± 0.002

El tiempo de preparación se puede mejorar a aproximadamente 30 - 40 min. después de tener ya definida la formulación, además que esto ayudaría a no rebajar tanto la humedad de la fruta y por lo tanto se conseguiría un contenido de sólidos menor, entre 65 y 68 ° Brix.

FIGURA No. 33 Mermelada de piñuela envasada



El producto final, no poseía defectos de cristalización de la sacarosa o sinéresis después de 12 días de almacenamiento a temperatura ambiente. Ver figura 34 página siguiente. La mermelada no posee defectos de apariencia. Estas dos propiedades pueden deberse a su alto contenido de ácidos naturales, que permiten la correcta inversión de la sacarosa.

1. Rendimiento. Se obtuvo 381 g de mermelada de 500 g de fruta. Esto es 56 %, i.e. 762 g por Kilogramo de fruta fresca. Este rendimiento podría mejorar al disminuir el tiempo de cocción de la fruta antes de adicionar el azúcar, teniendo una mayor humedad en el producto final. Como

puede observarse en la tabla anterior, no se adicionó agua como ingrediente. Esto debido al alto contenido de jugo de la pulpa, sin embargo, podría adicionarse con la finalidad de extender el rendimiento de la fruta, en una versión económica de la mermelada.

2. Descripción sensorial.

Tabla No. 32 Descripción sensorial del dulce de piñuela	
Parámetro	Descripción
Color	Amarillo intenso ligeramente naranja, brillante.
Sabor	Dulce y ácido intenso. Astringente.
Textura	Consistencia espesa y grumosa, pero suave. Fibrosa con pequeñas porciones de fruta.

El color final es típico de una mermelada, muy similar al de mermelada de piña. El sabor del producto es intensamente ácido, más alto que las mermeladas comerciales, sin embargo, los panelistas utilizados indicaron que el producto es aceptable. Este aspecto mejoraría al aumentar la humedad, como se propuso con anterioridad, ya que los ácidos se verían un poco más diluidos.

El producto resultante después de 90 min. de cocción a fuego medio resultó con buenas características de textura y adhesividad por lo que no hubo necesidad de adicionarle ningún tipo de aditivo para provocar la gelificación. Esto se puede constatar en las siguientes figuras.

FIGURA No. 34 Mermelada de piñuela después de doce días de envasada



FIGURA No. 35 Textura de la mermelada de piñuela



La textura de la mermelada es adecuada para el tipo de producto que deseaba desarrollarse.

3. **Pruebas analíticas de textura y color.** Con el fin de establecer un parámetro objetivo al respecto de la textura de la mermelada obtenida, se realizó una prueba de texturómetro en la cual se comparó la mermelada de piñuela con respecto a una mermelada de piña local y una mermelada de piña y albaricoque importada. Se obtuvo las gráficas No. 50,51 y 52, Ver Anexos, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla No.33 Valores de textura de las mermeladas				
Mermelada	Textura típica	Piñuela	Piña	Piña y albaricoque
Fuerza de ruptura	500.9	394	148.7	115.1
(-) Área región negativa, adhesividad	- 198.5	-164.6	-116.4	-64.26
Área bajo curva sección positiva	---	2267	844.8	524.5

Como puede observarse, las curvas de las tres mermeladas se comportaron prácticamente de la misma forma, aunque se diferencian en que, la mermelada de piñuela requiere de una mayor fuerza para ser penetrada, esto es el área bajo la curva en la sección positiva del eje Y. En la cual se puede observar que la mermelada de piñuela requirió 2.68 la fuerza de hecha en la mermelada de piña y 4.32 veces la ejercida en la de piña y albaricoque. Por tanto, la dureza de la mermelada de piñuela es bastante mayor que la de las otras dos marcas comerciales. Esto pueda deberse al alto contenido de pulpa, fibra y sólidos solubles, pues la piñuela posee 80° Brix y las otras dos están en 65 y 67 °Brix, respectivamente.

El pico de mayor fuerza ejercida dentro del período de penetración confirma esta información, pues las dos mermeladas comerciales no alcanzaron niveles tan altos de fuerza como la mermelada de piñuela, que sin embargo se asemeja más a los niveles típicos recomendados.

En el análisis sensorial al que fuera sometida la mermelada de piñuela, se determinó que la dureza que posee es propia de su alto contenido de fibra y que esto puede mejorarse con la trituración fina de la totalidad de la pulpa antes de cocinar, así como el disminuir considerablemente, en un tercio, el tiempo de cocción, para disminuir el contenido de sólidos solubles y tener una mayor humectación.

Por otra parte, el área bajo la curva de la sección negativa del eje que representa la fuerza, indica la adhesividad del producto; encontrándose que la piñuela es mucho más adhesiva o pegajosa, y por lo tanto menos untable que las dos marcas comerciales. En este parámetro también la mermelada de piñuela fue la más cercana a este valor que las otras dos marcas.

Por lo anterior, se establece que la mermelada de piñuela posee las características necesarias propias de una buena mermelada, por lo que, mejorando algunos aspectos, antes tratados, podría llegarse a un producto óptimo de buena aceptabilidad en el mercado.

En el aspecto de color, se comparó únicamente con la mermelada de piña, ya que la mermelada de piña y albaricoque poseía una coloración café-rojiza, muy distante del objetivo deseado. A partir de ello se determinaron los siguientes parámetros de color, en el sistema Hunter (Plano a, de rojo a verde; plano b, de amarillo a azul; y plano L de niveles de claridad):

Tabla No. 34 Valores de coloración bajo el sistema de Hunter			
Mermelada	L*	a*	b*
Piña	31.59	1.19	9.27
Piñuela	41.91	3.53	18.26

Ver gráfico de mezcla de colores en Anexos. Figura No. 53. Estos valores indican claramente que la mermelada de piñuela posee una coloración más oscura que la mermelada de piña. Ya que el valor de L es mayor. La coloración, a pesar de encontrarse aún dentro de la gama del color amarillo, resulta ser más intenso en coloración rojiza y amarillo, que la de piña que se encuentra más cercana al punto de intersección de los planos a* y b*.

F. JARABE CON SABOR A PIÑUELA POR DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y APLICACIÓN DE ENZIMAS PECTOLÍTICAS

1. Prueba No. 1:

Tabla No. 35 Deshidratación osmótica, prueba No. 1 (Después de 48 horas)			
*en gramos	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
peso piñuela*	25 ± 0.5	25 ± 0.5	25 ± 0.5
peso azúcar*	25 ± 0.5	25 ± 0.5	25 ± 0.5
ppm enzima	0	100 ± 0.02	200 ± 0.02
peso jarabe*	21.3 ± 0.001	24.3 ± 0.001	24.7 ± 0.001
ml Jarabe obtenido	18.05 ± 1	19.2 ± 1	19.3 ± 1
peso pulpa*	25 ± 0.001	23.2 ± 0.001	22.9 ± 0.001
peso total final*	46.3 ± 0.001	47.5 ± 0.001	47.6 ± 0.001
grados Brix jarabe	61 ± 1	60 ± 1	61 ± 1
grados Brix pulpa	62 ± 1	60.5 ± 1	60.5 ± 1
rendimiento (g de jarabe/100g)	42.6 ± 0.0002	48.6 ± 0.0002	49.4 ± 0.0002

En esta prueba puede apreciarse que la cantidad de jarabe obtenido aumentó al aumentar la cantidad de enzima pectolítica utilizada. Este incremento encontró su máximo al utilizar 200 ppm de esta. Sin embargo, la apariencia de este sistema es menos adecuada, ya que tuvo una colocación amarillo café, mientras que los otros fueron totalmente amarillos cristalinos. El incremento en peso de jarabe obtenido fue de 14 y 16 %, respectivamente.

En la medición de los grados Brix tanto de pulpa como de Jarabe puede observarse que los sistemas alcanzaron el equilibrio después de 48 horas.

Al degustar los jarabes obtenidos se observó que el mejor sabor lo poseía era el jarabe elaborado con 100 ppm de enzima. Sin embargo, el sabor a sacarosa era predominante, por lo que se diseñó la siguiente prueba (No. 2) para probar un sistema con menos azúcar y otro con más azúcar, y así comprobar si la extracción del jugo de la piñuela puede ser mejorado.

Como puede observarse en la tabla anterior, el porcentaje de rendimiento aumentó del 42.6 al 49.4 %, lo cual indica que en la pulpa existe aún una gran cantidad de jugo no extraída.

2. Prueba No. 2. En esta prueba dejó reposar los sistemas por veinticuatro horas. Después de dicho período, se centrífugo con el fin de separar el jarabe de la pulpa.

Producto de esto se obtuvo soluciones amarillo-cristalinas, que tenían sólidos completos de pulpa suspendidos, y solamente en el caso que contenía 75 % de azúcar se tuvo un sedimento de este último componente, en los otros dos la sacarosa se disolvió totalmente en el jugo de la piñuela. Las soluciones tuvieron que ser separadas por centrifugación y por medio de decantación y una pequeña operación de prensado de la pulpa, pues tenía jarabe en su superficie. Las diferentes porciones recuperadas se midieron obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla No.36 Deshidratación osmótica, prueba No.2 (Después de 24 horas)			
*en gramos.	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
peso piñuela*	75 ± 0.5	50 ± 0.5	25 ± 0.5
peso sacarosa*	25 ± 0.5	50 ± 0.5	75 ± 0.5
peso jarabe*	37.870 ± 0.001	47.962 ± 0.001	17.3118 ± 0.001
ml Jarabe obtenido	37 ± 1	43.5 ± 1	11.2 ± 1
peso pulpa*	56.8 ± 0.001	36.938 ± 0.001	73.306 ± 0.001
peso final total*	94.370 ± 0.001	84.900 ± 0.001	90.618 ± 0.001
grados Brix jarabe	47 ± 0.5	62 ± 0.5	70 ± 0.5
grados Brix pulpa	47.5 ± 0.5	64 ± 0.5	70 ± 0.5
rendimiento (g de jarabe/100g)	37.570 ± 0.002	47.962 ± 0.002	17.311 ± 0.002

Esto refleja que el sistema de 75 % de sacarosa no es efectivo debido a que al existir una gran cantidad de sacarosa saturando el sistema existe muy poca movilidad, y al transcurrir el tiempo esta azúcar tiende a sedimentarse, por lo que la fruta (pulpa) tendió a irse hacia la superficie y el poco jugo extraído era el que poseía contacto directo con el azúcar sedimentada.

Además, que gran parte del jarabe extraído de la pulpa se encontraba humedeciendo la sacarosa más no se encontraba en estado líquido.

También es importante destacar que de las otras dos soluciones sí se obtuvieron jarabes adecuados. Por una parte, el de proporciones 50:50 tenía un sabor muy dulce, de sacarosa predominante y sabor a fruta. La que tenía proporciones de 75 piñuela: 25sacarosa, tenía un agradable sabor a fruta dulce, pero resultó con menos rendimiento que el sistema 50:50. Por lo tanto podría deducirse, que existe un punto óptimo, intermedio entre estos dos sistemas, en el cual se pueda optimizar tanto el factor rendimiento como el sabor. Esta proporción podría ser 60 piñuela: 40 azúcar, por ejemplo, con el cual podría desarrollarse un producto con excelentes características sensoriales.

Sin embargo, ambos jarabes resultaron adecuados y con buenas características. Es de vital importancia mencionar que ambas proporciones podrían tener dos ramas de aplicación. Una, el jarabe obtenido y la segunda, la pulpa a la cual todavía le queda cierta humedad y sabor, y que se encuentra entre los 45 y 60 °Brix, podría elaborarse la mermelada descrita en el inciso E. de este trabajo. Con ello podrían evitarse los 60 min. de cocción preliminar para la disminución del contenido de agua, y por lo tanto esta humedad no es perdida a la atmósfera, sino aprovechada en un producto adicional, que en este caso sería el jarabe. Además del ahorro en energía eléctrica evitando un proceso prolongado de cocción. Otra opción consistiría en elaborar piñuela graceada con dicha pulpa, por medio de deshidratación con aire caliente.

Los tres sistemas obtenidos, fueron:

FIGURA No. 36

Deshidratación osmótica con diferentes proporciones de pulpa: sacarosa

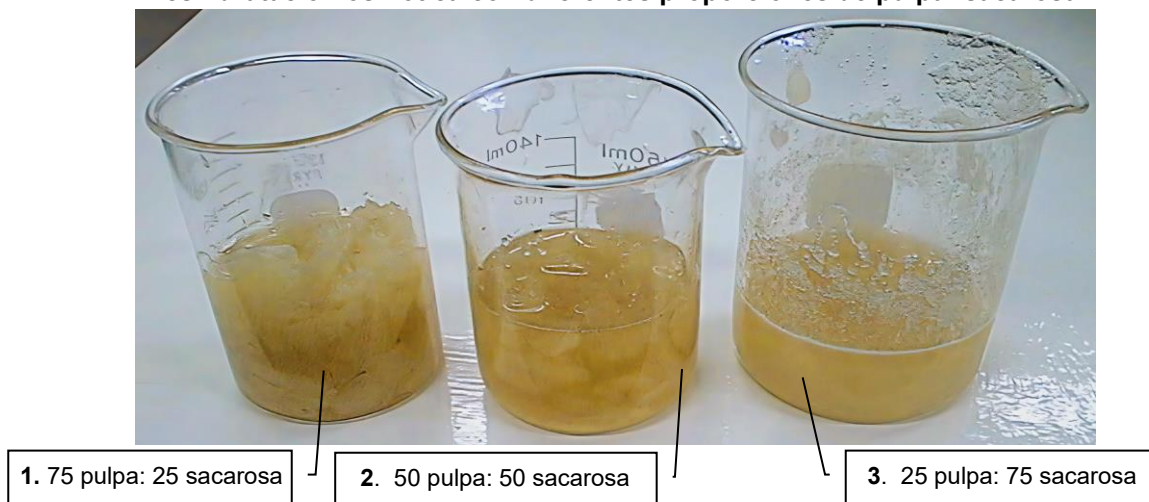


FIGURA No. 37
Sistema 1, 2 y 3, después de centrifugación (de izquierda a derecha)



FIGURA No. 38
Jarabes obtenidos de los tres sistemas 1, 2 y 3 (de izquierda a derecha)



G. JUGO DE PIÑUELA (CON USO DE ENZIMAS PECTOLÍTICAS)

Esta prueba se diseñó con el fin de demostrar la acción de la enzima pectolítica sobre la piñuela triturada, durante 2 horas. Después de centrifugar se obtuvo las siguientes proporciones en peso de pulpa y jugo.

Tabla No. 37 Obtención de jugo de piñuela con uso de diferentes niveles de enzima			
*en gramos	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
peso piñuela*	100 ± 0.5	100 ± 0.5	100 ± 0.5
ppm enzima	0	100 ± 0.01	200 ± 0.01
peso jarabe*	38 ± 0.5	37 ± 0.5	40 ± 0.5
ml Jarabe obtenido	36.5 ± 0.5	35 ± 0.5	37.75 ± 0.5
peso pulpa*	56.4 ± 0.5	57.5 ± 0.5	56.1 ± 0.5
peso total final*	94.4 ± 0.5	94.5 ± 0.5	96.1 ± 0.5
grados Brix jarabe	20 ± 0.5	21 ± 0.5	20.2 ± 0.5
rendimiento g/100g	38 ± 0.0001	37 ± 0.0001	40 ± 0.0001
Densidad jugo (g/ml)	1.041 ± 0.02	1.057 ± 0.02	1.060 ± 0.02

Al observar la pulpa después de dicha operación, se determinó que no ser útil para la separación eficiente, ya que el remanente quedó húmedo y cierta porción de jugo poseía fibra suspendida y que el remanente aun contenía considerables niveles de humedad, por lo cual se tuvo que adicionar una operación de filtrado como se observa a continuación:

FIGURA No. 39 Sistema de filtrado



Con esta operación se logró aumentar la recuperación de jugo en un 105 % en promedio, por lo que los volúmenes prácticamente se duplicaron.

*en gramos	muestra 1	muestra 2	muestra 3
peso piñuela*	100 ± 0.5	100 ± 0.5	100 ± 0.5
ppm enzima	0	100 ± 0.01	200 ± 0.01
peso jarabe*	80.4 ± 0.5	81.7 ± 0.5	83.7 ± 0.5
ml Jarabe obtenido	72.6 ± 0.5	74.1 ± 0.5	78.25 ± 0.5
peso pulpa*	14 ± 0.5	12.8 ± 0.5	12.4 ± 0.5
peso total final*	94.4 ± 0.5	94.5 ± 0.5	96.1 ± 0.5
grados Brix jarabe	20 ± 0.5	21 ± 0.5	20.2 ± 0.5
rendimiento g/100g	80.4 ± 0.0001	81.7 ± 0.0001	83.7 ± 0.0001
rendimiento ml/100g	72.6 ± 0.0001	74.1 ± 0.0001	78.25 ± 0.0001
Densidad	1.107 ± 0.009	1.103 ± 0.009	1.070 ± 0.009

La utilización de la enzima provoca un aumento del rendimiento del 4 y 7 % con 100 o 200 ppm, respectivamente. Este incremento no es tan representativo, aunque según el siguiente análisis de varianza refleja que si existe diferencia significativa ente los volúmenes obtenidos en los tres sistemas.

TABLA No.39 Análisis de varianza de un factor: VOLÚMENES DE JUGO OBTENIDO

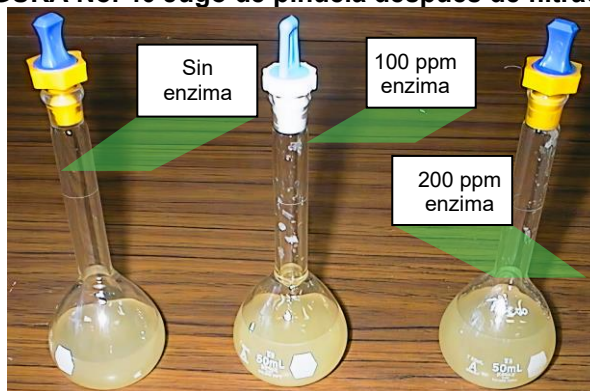
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	34.26	2	17.13	65535	9.55
Dentro de los grupos	0	3	0		
Total	34.26	5			

Sin embargo, el alto costo de la enzima y a pesar de que se utiliza en partes por millón, no justifica este incremento en el rendimiento.

1. Descripción sensorial

Parámetro	Descripción
Color	Amarillo claro brillante.
Sabor	Ácido intenso, leve astringente y leve dulce.
Textura	Líquido y liso.

El color final es adecuado y característico de frutas con pulpa clara. Como se puede observar a continuación.

FIGURA No. 40 Jugo de piñuela después de filtración

2. **Remanente del Jugo.** Además de los altos rendimiento que se logran con esta aplicación, el método obtiene como remanente un tejido fibroso y con una humedad casi imperceptible. Esta fibra despertó un gran interés debido a su singular, color y proporción (aprox. 12 – 14 %), por lo que se sometió a una prueba de determinación de fibra dietética. Esto abre una nueva oportunidad de aplicación e implica que la elaboración de jugo tenga un aprovechamiento del 100% de la pulpa. Esa fibra podría ser adicionada con fines de fortificación a otros alimentos para mejorar su valor nutricional.

En la siguiente figura se muestra la apariencia de la fibra, antes y después de la filtración.

FIGURA No. 41 Fibra remanente del jugo

Esta fibra fue deshidratada pues contenía una humedad alrededor del 30 %, material al cual se le determinó el contenido de fibra dietética, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla No. 41 Contenido de fibra dietética promedio			
Porción	Parámetro	Promedio	Desviación Estándar
Remanente	% Fibra soluble	53.75	7.28
	% Fibra insoluble	38.86	1.53
	% Total fibra dietética del remanente	92. 61	5.76
Totalidad de la pulpa de piñuela	% Fibra soluble	4.89	0.66
	% Fibra insoluble	3.54	0.14
	% Total fibra dietética de la pulpa	8.24	0.26

Este contenido de fibra dietética se considera alto al comparar con otros alimentos. Badui, 1999, indica que el contenido en base seca por 100g de tortilla es de 6.6 g, 16 g en el frijol, 3 g en harina refinada, 0.7 g en hojuelas de maíz y 45 g en salvado de trigo. Y en base húmeda, la zanahoria, hojas de col y manzana tiene alrededor de 2 g por cada 100 g.

Esto coloca a la piñuela en el rango con altos contenidos de éste importante componente nutricional.

Como puede observarse el contenido de fibra soluble e insoluble son considerables, por lo que los beneficios de esta fibra podrían ser tanto en los que proporcionan las pectinas y gomas, así como los de las celulosas, hemicelulosas y ligninas. Es importante remarcar que la fibra insoluble del residuo es alta aún y cuando parte de esta quedó en el jugo extraído de la pulpa.

Sensorialmente la fibra resultante es de color amarillo muy claro, la cual la hace especialmente adecuada para la fortificación de otros productos alimenticios. A continuación, se muestra la fibra obtenida.

FIGURA No. 42 Fibra de piñuela seca



Otra propiedad importante es la fácil rehidratación de esta fibra, sobre todo por lo fino de las partículas obtenidas por medio del molino coloidal utilizado. Por ello la fibra podría ser utilizada en productos líquidos como néctares, purés, etc.

Con relación a los productos elaborados, el dulce, la mermelada, piñuela en polvo, son productos con alto contenido de fibra por lo que representa un atractivo adicional de estos productos, lo cual podría ser inteligentemente aprovechado para su comercialización.

V. CONCLUSIONES

A partir de la caracterización física y química, se determinó que existe diferencia significativa en el largo, diámetro máximo, diámetro de semillas, peso total, peso de la pulpa, peso de semillas, humedad, azúcares, pectina, Vitamina C, cenizas y grados Brix; mas no poseen diferencia significativa en peso de cáscara y pH de la pulpa.

A pesar de estas diferencias, ambas poseen gran potencial para su industrialización, ya que la gran mayoría de los productos propuestos fueron exitosamente desarrollados y con rendimientos aceptables. Tanto el dulce de piñuela, piñuela en polvo, mermelada, jarabe con sabor a piñuela y jugo de piñuela, poseen buenas características sensoriales, por lo que podrían ser industrializados y comercializados.

Dado que la piñuela en polvo posee una buena estabilidad y capacidad de humectación, esta representa la opción más viable para su comercialización.

La mermelada tiene buenas características sensoriales, tanto color, sabor y textura. Con respecto a esta última, la mermelada posee una alta untabilidad ya que es consistente pero suave.

La opción del producto enlatado es posible, pero imprescindiblemente deberían ser mejorados los aspectos de textura y color.

En el caso del jarabe debe determinarse un punto óptimo entre las dos proporciones 50:50 y 75:25, de piñuela y sacarosa, respectivamente. Para maximizar su calidad en cuanto a sabor y su rendimiento. Si se desea obtener un producto dulce con muy buenos rendimiento, la mejor opción es la proporción 50 piñuela: 50 sacarosa. Si desea obtenerse un jarabe con mucho sabor a fruta, la mejor elección es la de 75 piñuela: 25 sacarosa.

En las dos proporciones (*vid. supra*) puede elaborarse paralelamente una mermelada con la pulpa remanente.

El jugo puede ser desarrollado con altos rendimientos, sin la adición de enzimas, que en este caso solamente encarecería el producto, ya que la elevación del rendimiento no justifica el costo de dicho aditivo.

Las características sensoriales del jugo obtenido son adecuadas, especialmente el color.

En el proceso de obtención de jugo se consigue como remanente una fibra que gran potencial en el ámbito nutricional, con un color blanco-amarillo muy claro. El contenido de esta fibra es considerable para una fruta, por lo que puede considerarse que en este proceso se utiliza el 100% de la pulpa.

La elaboración de: el dulce, la harina, la mermelada y el jugo, parten de un mismo punto en común, el puré de piñuela obtenido de la trituración de la pulpa. Esto podría significar el punto focal del cual se ramifiquen los diferentes procesos para la industrialización de la piñuela.

En todas las aplicaciones desarrolladas se logró el objetivo de mejorar la característica del sabor, ya que se disminuyó de tal forma que los productos pueden consumirse en mayores cantidades que el producto fresco.

VI. RECOMENDACIONES















Para fines de mejoramiento en este campo investigativo se plantean las siguientes recomendaciones:










- ⊙ Trabajar con la fruta fresca. Por cuestiones de disponibilidad se tuvo que trabajar con piñuela congelada. Estado en el cual pueden verse modificadas sus características sensoriales, sobre todo de textura y sabor. Por lo que se presume que los productos finales podrían contar con mejores características sensoriales que las obtenidas en el presente trabajo.
- ⊙ Para próximos estudios es indispensable el control del estado de maduración de los dos tipos de fruta, ya que las diferencias significativas encontradas en los parámetros químicos puedan deberse a que, por la estacionalidad de la cosecha, los frutos fueron analizados sin condiciones estandarizadas en este aspecto. Lo ideal sería contar con una plantación controlada para ambas variedades.
- ⊙ Omitir operación de extracción de semillas. Con la utilización de pulpero con tamiz fino, podría evitarse la tediosa labor de quitar las semillas una a una. En el único caso que no se podría aplicar es para el enlatado. Sin embargo, podría considerarse el enlatado de un puré o dulce de piñuela.
- ⊙ Realizar optimización de los productos propuestos. El presente trabajo poseía la finalidad de abrir la brecha para el estudio de diversas posibilidades de industrialización de la pulpa de la piñuela. Sin embargo, para poder llegar a productos idóneos para el mercado, es necesario realizar mayor investigación, variando diferentes condiciones, así como realizar evaluaciones sensoriales orientadas al consumidor y poder así llegar a desarrollar productos que puedan encontrar éxito en el mercado de los alimentos procesados, ya que en este estudio por no disponer de suficiente fruta se obtuvieron cantidades muy pequeñas de cada producto desarrollado.
- ⊙ Una aplicación interesante puede ser la utilización de la piñuela en la elaboración de mermeladas de otras frutas. Esto aportaría tanto su singular sabor y poder de gelificación.
- ⊙ Investigar sobre su contenido de pectina y explotar esta posibilidad. Otra opción potencialmente valiosa, es utilizar el fruto completo para la extracción de su pectina, para utilizarla como materia prima en otros productos. Para ello es necesario analizar la fruta

completa y en fresco. Esta idea surge de la observación del jugo de la piñuela la cual tiende a ser pegajosa, y además que la pulpa no necesitó de pectina para la elaboración de la mermelada. Esta aplicación incluye el análisis de la cáscara y de las semillas, las cuales podrían tener un potencial igualmente interesante que la pulpa.

- ⊙ Con el fin de determinar la factibilidad de la industrialización de la piñuela, debe de realizarse estudios específicos agronómicos y de mercado. Esto, para determinar las condiciones óptimas de cultivo y cosecha de la piñuela, las cuales influyen directamente sobre sus rendimientos y características sensoriales. Un estudio de mercado y factibilidad determinaría tanto la respuesta ante los productos elaborados, así como el beneficio económico potencial. ya que actualmente estos costos no pueden ser determinados, ya que el principal insumo, que es la piñuela, actualmente no se comercializa.
- ⊙ Buscar nuevas opciones. Existen diversas aplicaciones a las que la piñuela podría responder positivamente, diversificando la industria. Este trabajo ha demostrado que se pueden elaborar productos satisfactorios y que la piñuela es un tesoro subexplotado que la naturaleza nos ha proporcionado.

VII. BIBLIOGRAFÍA

-  Aguilar, J. 1966. *Relación de unos Aspectos de Flora Útil de Guatemala*. 2da. Ed. Tipografía Nacional. Guatemala. 383 pp.
-  Official Methods of Analysis. 1984. 14 ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Virginia. 1141 pp.
-  Bruin, S. 1988. *Preconcentration and Drying of Food Material*. El Sevier Science Publishing Company Inc. New York, NY. 353 pp.
-  Carr, R. 1969. «*Behavior of Solids in bulk handling depends on particle size and shape*». Chemical Engineering/deskbook Issue. 10:7-15.
-  *Cultivos Autóctonos Subexplotados de Mesoamérica*. 1993. FAO, Oficina Regional para America Latina y el Caribe. Santiago, FAO/RLAC. 115pp.
-  DeMan, J. 1990. Principles of Food Chemistry. 2da. Ed. New York, Van Nostrand. 990 pp.
-  Gilmartin, A. 1972. *The Bromeliaceae of Ecuador*. Verlag Von J. Cramer. Leutershausen. 255 pp.
-  Harris, D. 1992. *Análisis Químico Cuantitativo*. 3ra. ed. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V. México. 886 pp.
-  Hixon, L., H. Prem, M. prior, y J. Van Cleef. 1990. «Sizing Materials by Crushing and Grinding» Chemical Engineering 11: 94-103.
-  Hoagland, L. 1982. Food Chemistry. Theavi Publishing company Inc. Westport. 385 pp.
-  Kukla, K. 1991. *Understand Your Size-Reduction Options*. Chemical Engineering Progress. 5:23-35.
-  Meyer, M. & G Paltrinieri. 1987. *Elaboración de Frutas y Hortalizas, Manual para Educación Agropecuaria*. 135 pp.
-  Pöll, E. 1982. *Plantas Comestibles y Tóxicas de Guatemala*. USAC. Guatemala. 61 pp.
-  P.R.E.A. Programa de Estratificación Ambiental. Informe Técnico. 1977. Lista Preliminar de las Plantas del Departamento de Guatemala.

-  Rogers, G. 1978. Flowers of Guatemala. University of Oklahoma Press. EEUU. 127 pp.
-  Schwartz, M. 1998. «Mejoramiento de la Calidad de Frutas y Hortalizas Procesadas por Tratamiento Osmótico». Universidad de Chile. 42 pp.
-  Smith, L. 1977. *The Bromeliaceae of Colombia*. Braun-Blumfield, Inc. Michigan. 311 pp.
-  Smith, L. & R. Downs. 1974. *Flora Neotrópica*. Hafner Press. New York. 659 pp.
-  Spencer, R. y B. Dalder. 1997. Sizing Up Grinding Mills. *Chemical Engineering* 4:84-87.
-  Standley, P. & J. Steyermark. 1958. *Flora of Guatemala*. Vol. 24, Part 1. Chicago Natural History Museum. 521 pp.
-  Tamaro, D. 1964. *Tratado de Fruticultura*. 4ta. Ed. Editorial Gustavo Gili. S.A. Barcelona, Rosello. 939 pp.
-  Van Arsel, W. & M. Jopley. 1964. *Food Dehydration*. Vol II. The Avi Publishing Company Inc. Connecticut, WestPort. 721 pp.
-  Ville, C. 1993. *Biología*. 7ª. Ed. Mc-Graw Hill. Monterrey, México. 875 pp.

VIII. APÉNDICE

A. TABLA No. 42 Proceso de congelación de piñuela

Proceso	Materiales	Reactivos	Metodología
Limpieza general	Agua potable	Ninguno	Lavar el racimo de piñuelas en una corriente intensa de agua.
Individualización o despenicado	1 cesta de plástico	Ninguno	Tomar cada piñuela de la parte superior y rotarla en sí misma hasta cortarla Depositarla en cesta.
Limpieza Individual	Agua potable 1 cepillo de cerdas firmes de plástico jabón en polvo marca Fab.	Ninguno	Cepillar cada piñuela con agua y jabón hasta no observar residuos ni tierra. Retirar exceso de jabón con agua constantemente. Colocar en cesta de plástico limpia.
Desinfección	Agua potable	1 botella de Bactericida doméstico: Biocyde	Llenar la cesta de agua y agregar 3 gotas de desinfectante y dejar reposar por 5 minutos Escurrir la solución
Secado	2 lienzos limpios y secos	Ninguno	Secar cada piñuela con lienzo seco
Refrigerado	5 bolsas de plástico con orificios 1 refrigerador doméstico marca General Electric de 16 pies	Ninguno	Colocar las piñuelas dentro de bolsas separándolas por lote. Cerrar las bolsas Colocarlas dentro del refrigerador.
Pelado	1 cuchillo 1 pinzas 1 caja de bolsas sellables marca BestYet de 25 unidades	Ninguno	Cortar cada extremo de la piñuela Tirar hasta retirar toda la cáscara Cortar piñuela longitudinalmente Extraer las semillas con cuchillo Colocarlas dentro de bolsa sellable y rotular.
Escaldado	1 recipiente de plástico duro. Agua a 95 ° C	Ninguno	Sumergir el lote de piñuelas en el agua por 3 minutos.
Congelado	1 congelador doméstico marca General Electric de 16 pies	Ninguno	Introducir las bolsas sellables en el congelador hasta que se utilicen.

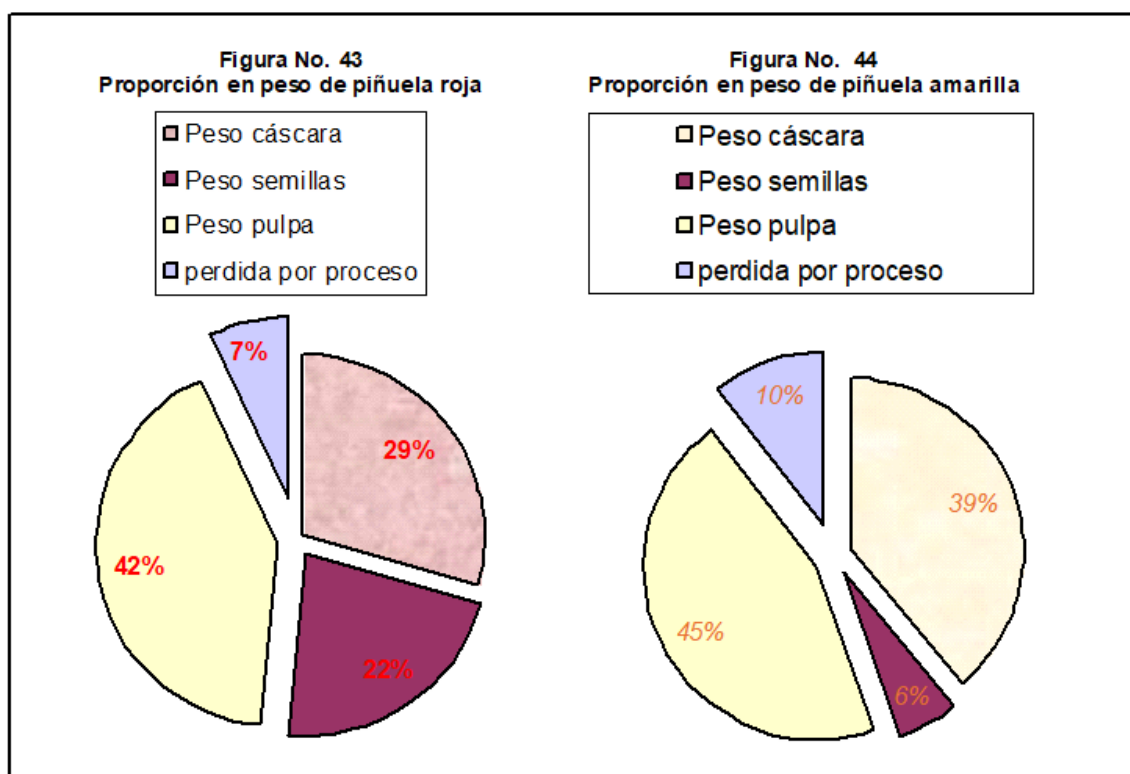
B. Detalle de la caracterización física

Tabla No. 43 Caracterización física variedad roja									
	DIMENSIONES, mm				PESOS, g				
	LARGO	largo	Diámetro máx.	Diámetro semilla	Peso total	Peso cáscara	Peso semillas	Peso pulpa	# de semillas
1	111.7	75.5	21.7	5.2	21.2347	5.6006	5.0851	8.8093	105
2	100.1	72.8	21.8	4.4	16.0564	4.6883	3.4904	6.9253	74
3	122.5	91.1	23.7	5.7	23.7512	6.0330	4.7137	9.1072	94
4	116.8	71.5	21.5	4.2	18.4642	7.0759	5.6760	9.6368	101
5	103.6	72.4	22.1	5.0	18.9924	7.3020	5.0950	9.4316	109

	DIMENSIONES, mm				PESOS, g				
	LARGO	largo	Diámetro máx.	Diámetro semilla	Peso total	Peso cáscara	Peso semillas	Peso pulpa	# de semillas
6	120.7	80.0	24.1	6.3	23.3625	5.6638	3.9671	8.4046	82
7	117.5	82.9	23.3	5.6	23.5724	4.9085	3.8760	8.9376	76
8	115.3	81.1	24.5	5.8	23.6976	6.9850	5.1784	9.7030	108
9	109.3	76.9	26.0	5.8	22.3636	6.8963	5.2106	9.9049	102
10	112.0	84.9	23.5	4.7	23.9136	6.5203	5.2606	10.1054	115
11	102.4	74.8	23.3	5.6	20.9983	5.7768	4.9238	9.1631	98
12	120.2	81.8	23.7	5.1	25.4223	7.3482	5.6505	11.0369	108
13	111.2	84.9	26.1	4.4	24.7152	7.3455	5.2458	10.5678	108
14	108.3	77.8	24.4	5.3	20.0004	7.5733	4.0350	7.0692	90
15	111.8	73.5	24.9	4.2	23.3513	7.0502	5.3900	8.6195	106
16	115.2	79.0	24.2	5.3	24.3647	6.6220	5.3993	10.7328	115
17	110.0	75.6	23.8	5.2	20.4372	6.0665	3.9289	9.1010	80
18	96.8	72.5	23.1	5.7	18.8542	6.1838	4.6509	6.1479	95
19	110.9	77.0	26.1	5.3	22.3571	6.5670	5.4420	9.8378	101
20	115.3	77.4	24.6	5.0	23.1508	7.1515	4.5126	9.4011	97
X	111.6	78.17	23.82	5.19	21.9530	6.4679	4.8366	9.1321	98.2
DS	6.70	4.98	1.34	0.57	2.4164	0.8072	0.6406	1.2248	12.0

Tabla No. 44 Caracterización física variedad amarilla

No.	DIMENSIONES, mm				PESOS, g				
	LARGO	largo	Diámetro máx.	Diámetro semilla	Peso total	Peso cáscara	Peso semillas	Peso pulpa	# de semillas
1	60.7	47.8	26.3	5.8	19.0898	6.7581	1.0089	8.7738	27
2	60.4	47.5	27.7	5.9	20.1068	6.7083	1.1339	9.7398	28
3	59.7	47.5	25.2	6.2	19.6215	7.3808	1.2530	9.0201	25
4	56.7	46.3	30.6	6.3	23.0119	8.5804	1.1836	10.2565	30
5	57.0	45.1	28.4	5.8	19.9981	7.7033	1.1126	8.6139	20
6	60.3	41.0	25.3	5.9	14.7530	5.5585	0.5926	7.2298	15
7	59.7	44.1	26.3	6.3	17.4324	6.2783	1.1391	8.2205	22
8	58.3	42.2	24.3	6.4	15.8856	5.9246	0.8948	7.4439	14
9	55.6	37.3	22.6	6.7	11.0180	4.8325	0.2953	4.8994	6
10	59.1	40.0	26.1	5.0	16.0665	6.0157	0.5901	7.0818	10
11	61.5	45.8	26.5	4.9	18.6347	7.6923	1.2296	7.5812	26
12	71.4	49.1	26.6	5.8	18.7501	7.3492	1.2455	8.6907	22
13	71.2	51.4	25.0	5.9	17.5253	7.6491	1.1682	7.6000	20
14	69.6	53.6	28.0	6.1	21.4560	8.7888	1.7066	9.1781	33
15	61.9	42.5	20.3	5.7	9.0637	4.1764	0.3254	4.4871	4
16	63.0	45.6	23.7	6.1	14.8365	6.2457	0.7484	6.2190	16
17	71.6	47.7	25.0	5.9	17.2843	6.1469	1.1307	7.1576	21
18	67.6	46.5	24.6	6.5	16.0968	6.3073	0.9951	7.2152	18
19	63.2	44.8	25.1	6.2	14.0809	5.7422	0.8111	5.8914	15
20	57.3	44.6	25.3	5.8	14.6494	6.0424	1.0338	6.6975	23
X	62.29	45.52	25.65	5.96	16.9681	6.5940	0.9799	7.5999	19.75
DS	5.06	3.70	2.13	0.43	3.2986	1.1375	0.3312	1.4752	7.48

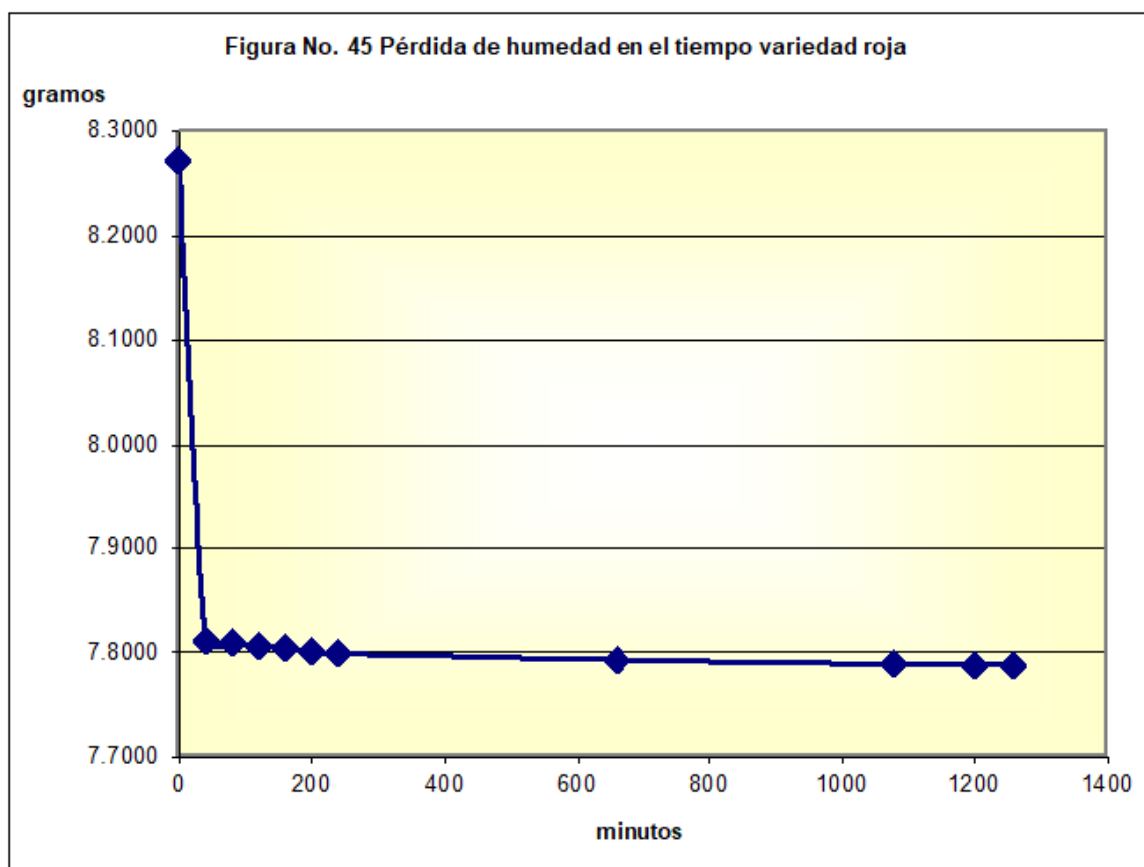


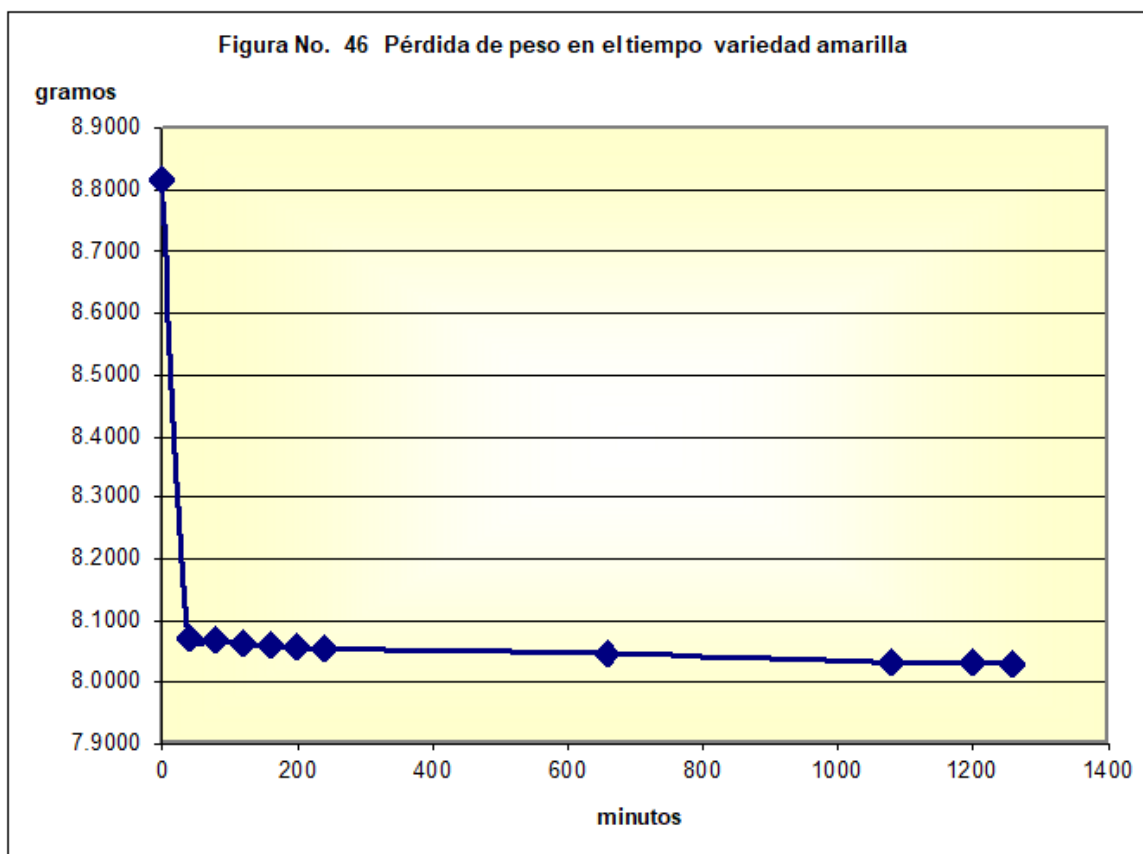
C. Caracterización química

Humedad

TABLA No. 45 Humedad variedad roja					
No. muestra	Pesos +/- 0.0001, g				
	1	2	3	4	5
caja	7.6541	10.1618	10.0626	9.4736	9.4349
caja y muestra	8.2705	11.0523	10.9285	10.1926	10.0607
Después de 40	7.8107	10.3905	10.2827	9.6549	9.5890
Después de 80	7.8081	10.3862	10.2792	9.6527	9.5882
Después de 120	7.8057	10.3823	10.2768	9.6503	9.5862
Después de 160	7.8032	10.3818	10.2752	9.6493	9.5852
Después de 200	7.7995	10.3793	10.2742	9.6469	9.5813
Después de 240	7.7981	10.3783	10.2729	9.6450	9.5801
Después de 660	7.7922	10.3693	10.2624	9.6390	9.5771
Después de 1080	7.7880	10.3616	10.2565	9.6334	9.5750
Después de 1200	7.7872	10.3599	10.2549	9.6313	9.5734
Después de 1260	7.7872	10.3590	10.2548	9.6310	9.5733
% Humedad	78.40688	77.85514	77.80344	78.10848	77.88431
Incertidumbre de %H (+/-)	0.00026	0.00018	0.00019	0.00023	0.00026
% Humedad promedio	78.01				
Incertidumbre de %H Promedio	0.00051				
Desviación	0.223448				

TABLA No. 46 Humedad variedad amarilla					
No. muestra	Pesos +/- 0.0001 , g				
	1	2	3	4	5
caja	7.7435	10.0902	10.2272	9.3748	9.3928
caja y muestra	8.8159	11.1166	11.5289	10.1165	10.2044
Después de 40	8.0704	10.4040	10.6225	9.5973	9.6357
Después de 80	8.0662	10.3982	10.6154	9.5942	9.6324
Después de 120	8.0604	10.3927	10.6115	9.5912	9.6293
Después de 160	8.0569	10.3902	10.6085	9.5886	9.6289
Después de 200	8.0544	10.3890	10.6049	9.5880	9.6277
Después de 240	8.0523	10.3876	10.6036	9.5865	9.6265
Después de 660	8.0449	10.3785	10.5951	9.5784	9.6139
Después de 1080	8.0301	10.3723	10.5796	9.5709	9.6129
Después de 1200	8.0288	10.3713	10.5767	9.5689	9.6112
Después de 1260	8.0280	10.3710	10.5765	9.5688	9.6110
% Humedad	73.47072	72.64224	73.16586	73.84387	73.11483
Incertidumbre de %H (+/-)	0.00016	0.00017	0.00013	0.00023	0.00021
% Humedad promedio	73.25				
Incertidumbre de %H promedio	0.00041				
desviación	0.39902				





Azúcares

Tabla No. 47 Curva de calibración

Solución	Concentración	Absorbancia
Solución Madre	0.0500 g/ml	
Solución Hija 1	0.0005 g/ml	0.137
Solución Hija 2	0.0010 g/ml	0.256
Solución Hija 3	0.0015 g/ml	0.368
Solución Hija 4	0.0020 g/ml	0.565
Solución Hija 5	0.0025 g/ml	0.716
Solución Hija 6	0.0035 g/ml	0.908

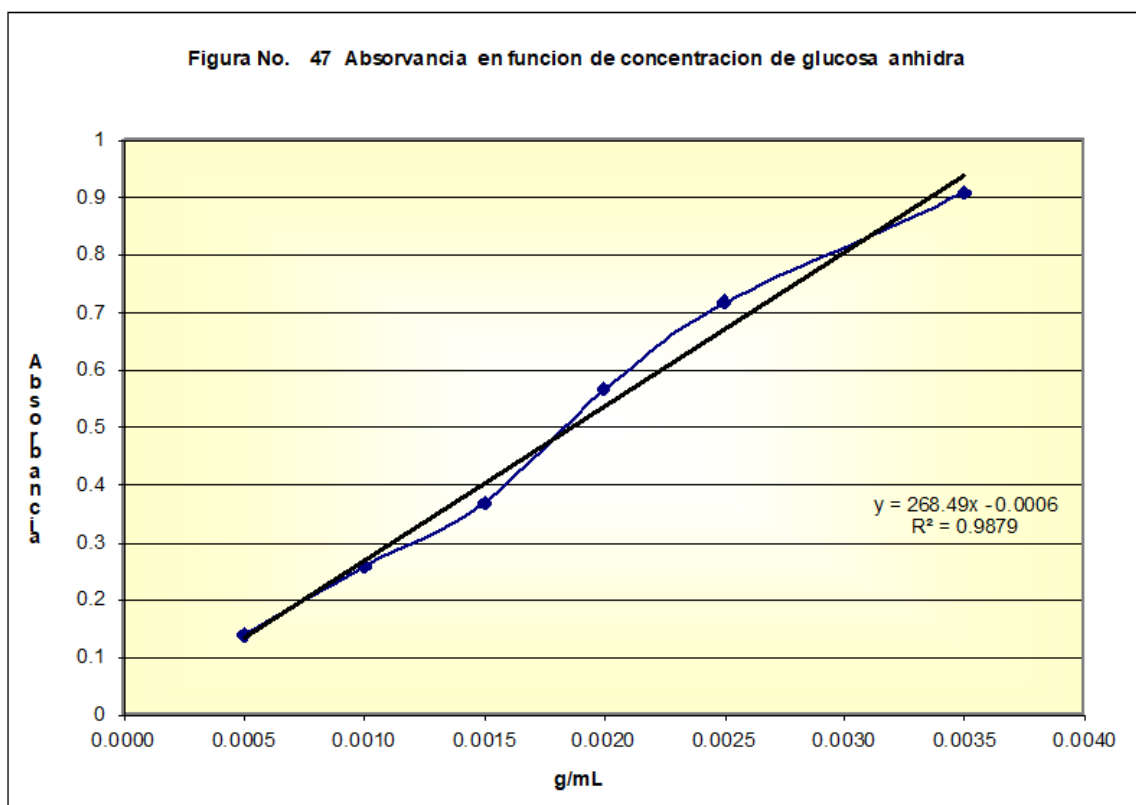
Ecuación determinada

$$\text{g/ml} = (\text{Absorbancia} + 0.0006) / 268.49$$

Tabla No. 48 Azúcares variedad amarilla

Peso de 5 ml de jugo	5.3728 +/- 0.0001, g				del diluido		
Muestra	Densidad original	+/-	Densidad diluido	+/-	Absorbancia	g de glucosa /ml	% glucosa
1	1.07456	0.01	0.000322368	0.02	0.5080	0.0019	6.3143
2	1.07456	0.01	0.000322368	0.02	0.4876	0.0018	6.0611
3	1.07456	0.01	0.000322368	0.02	0.5292	0.0020	6.5775
% de Cenizas Promedio							6.3176
Desviación							0.2109

Tabla No. 49 Azúcares variedad roja						
Peso de 5 ml de jugo	5.8026 +/- 0.0001, g				del diluido	
Muestra	Densidad original +/-	Densidad diluido +/-	Absorbancia	g de glucosa / ml	% glucosa	
1	1.16052 0.01	0.0002893000 0.02	0.5550	0.0021	8.3012	
2	1.16052 0.01	0.0002893000 0.02	0.5690	0.0021	8.5103	
3	1.16052 0.01	0.0002893000 0.02	0.5897	0.0022	8.8196	
% de Cenizas Promedio					8.5437	
Desviación					0.2130	



Pectina

Tabla No. 50 Pectina variedad roja						
No. muestra	Pesos +/- 0.0001, g					
	Peso muestra	Peso papel	Peso final	Peso pectato de calcio	% en pectato de calcio	+/-
1	5.3396	0.8521	0.9512	0.0991	1.8559	0.00101
2	5.1890	0.8568	0.9695	0.1127	2.1719	0.00089
3	7.0949	0.8691	0.9758	0.1067	1.5039	0.00094
% en pectato de calcio promedio					1.84	0.00164
Desviación					0.27	

Tabla No. 51 Pectina variedad amarilla						
No. muestra	Pesos +/- 0.0001					
	Peso muestra	Peso papel	Peso final	Peso pectato de calcio	% en pectato de calcio	+/-
1	6.1869	0.8519	0.9040	0.0521	0.8421	0.00192
2	7.2279	0.8432	0.8932	0.0500	0.6918	0.00200
3	8.0739	0.8486	0.9158	0.0672	0.8323	0.00149
% en pectato de calcio promedio					0.79	0.00315
Desviación					0.07	

Vitamina C

Tabla No. 52 Estandarización solución 2,6-dicloro indofenol		
Estándar No.	ml de 2,6-indofenol para 2 g de AA	+/-
1	15.4000	0.05
2	15.5000	0.05
3	15.5000	0.05
ml promedio	15.4667	0.05
desviación	0.047140452	

mL del Blanco 0.1 ml +/- 0.05

Tabla No. 53 Vitamina C variedad roja		
Parámetro	Valor	+/-
Peso Muestra en g	12.4712	0.0001
ml de jugo titulados	7.00	0.05
Volumen final en ml	25	0.05
No. muestra	MI de 2,6-indofenol	+/-
1	4.1000	0.05
2	4.3000	0.05
3	4.2000	0.05
ml promedio	4.2000	0.05
desviación	0.081649658	
mgdeAA/g jugo piñuela	0.155530757	0.01440
mg de AA en 100 g	15.55307567	1.44

Tabla No. 54 Vitamina C variedad amarilla		
Parámetro	Valor	+/-
Peso Muestra en g	12.1749	0.0001
ml de jugo titulados	7.00	0.05
Volumen final en ml	27.5	0.05
No. muestra	Peso Muestra	+/-
1	12.8000	0.05
2	13.0000	0.05
3	13.0000	0.05
ml promedio	12.9333	0.05
desviación	0.094280904	
mgdeAA/g jugo piñuela	0.539651007	0.0089
mg de AA en 100 g	53.96510069	0.8900

Cenizas

Tabla No. 55 Cenizas variedad roja										
Muestra	1 +/-		2 +/-		3 +/-		4 +/-		5 +/-	
Peso Crisol 1, g	29.0243	0.0001	29.4697	0.0001	33.7337	0.0001	17.8054	0.0001	18.1121	0.0001
Peso Crisol 2, g	29.0180	0.0001	29.4652	0.0001	33.7294	0.0001	17.8048	0.0001	18.1009	0.0001
Peso Crisol 3, g	29.0189	0.0001	29.4645	0.0001	33.7290	0.0001	17.8045	0.0001	18.1007	0.0001
Peso Crisol 3 + muestra, g	30.1049	0.0001	30.0002	0.0001	34.7334	0.0001	18.5670	0.0001	18.8210	0.0001
Peso 1 a 525 °C, g	29.0319	0.0001	29.4747	0.0001	33.7398	0.0001	17.8226	0.0001	18.1182	0.0001
Peso 2 a 525 °C, g	29.0313	0.0001	29.4740	0.0001	33.7390	0.0001	17.8154	0.0001	18.1099	0.0001
Peso 3 a 525 °C, g	-----		-----		-----		17.815	0.0001	18.1095	0.0001
% de Cenizas	1.1418	0.0081	1.7734	0.01053	0.9956	0.01000	1.3902	0.00943	1.2217	0.01136
% de Cenizas Promedio	1.3045	0.0222								
Desviación	0.2668									

Tabla No. 56 Cenizas variedad amarilla										
Muestra	1 +/-		2 +/-		3 +/-		4 +/-		5 +/-	
Peso Crisol 1, g	21.9589	0.0001	33.5923	0.0001	54.7305	0.0001	16.8914	0.0001	16.0387	0.0001
Peso Crisol 2, g	21.9559	0.0001	33.5896	0.0001	54.7222	0.0001	16.885	0.0001	16.0287	0.0001
Peso Crisol 3, g	21.9556	0.0001	33.5890	0.0001	54.7221	0.0001	16.8842	0.0001	16.0285	0.0001
Peso Crisol 3 + muestra, g	23.0850	0.0001	35.0238	0.0001	55.7064	0.0001	17.2970	0.0001	16.621	0.0001
Peso 1 a 525 °C, g	21.9622	0.0001	33.5975	0.0001	54.7329	0.0001	16.8903	0.0001	16.1815	0.0001
Peso 2 a 525 °C, g	21.9616	0.0001	33.5969	0.0001	54.7308	0.0001	16.8869	0.0001	16.0327	0.0001
Peso 3 a 525 °C, g	21.9615	0.0001	33.5964	0.0001	54.7302	0.0001	16.8866	0.0001	16.0325	0.0001
% de Cenizas	0.5224	0.01695	0.5158	0.01351	0.8229	0.01235	0.5814	0.04167	0.6749	0.02500
% de Cenizas Promedio	0.6235	0.05462								
Desviación	0.1149									

°Brix T = 20 °C

Tabla No. 57 ° Brix variedad roja			
Muestra	°Brix +/- 0.1	° Brix promedio +/- 0.1	Desviación
1	24.0	23.84	0.26533
2	23.4		
3	23.8		
4	23.8		
5	24.2		

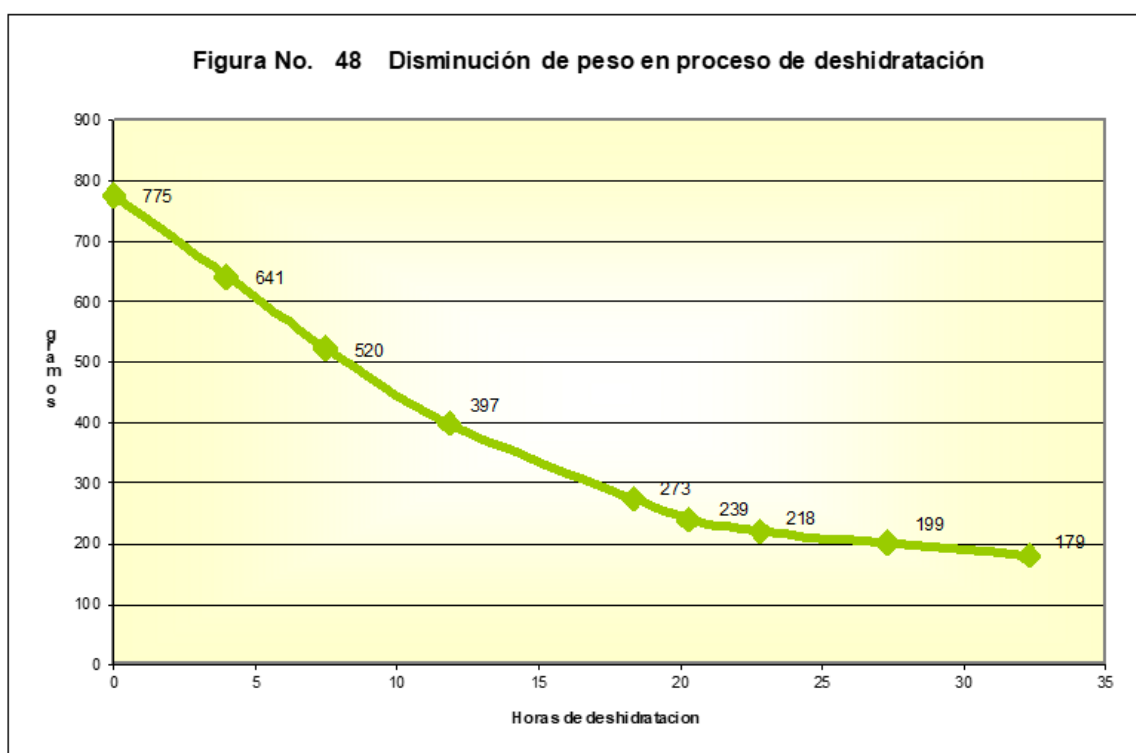
Tabla No. 58 ° Brix variedad amarilla			
Muestra	°Brix +/- 0.1	°Brix promedio +/- 0.1	Desviación
1	28.6	28.82	0.16
2	28.8		
3	29.0		
4	29.0		
5	28.7		

pH T = 22 °C

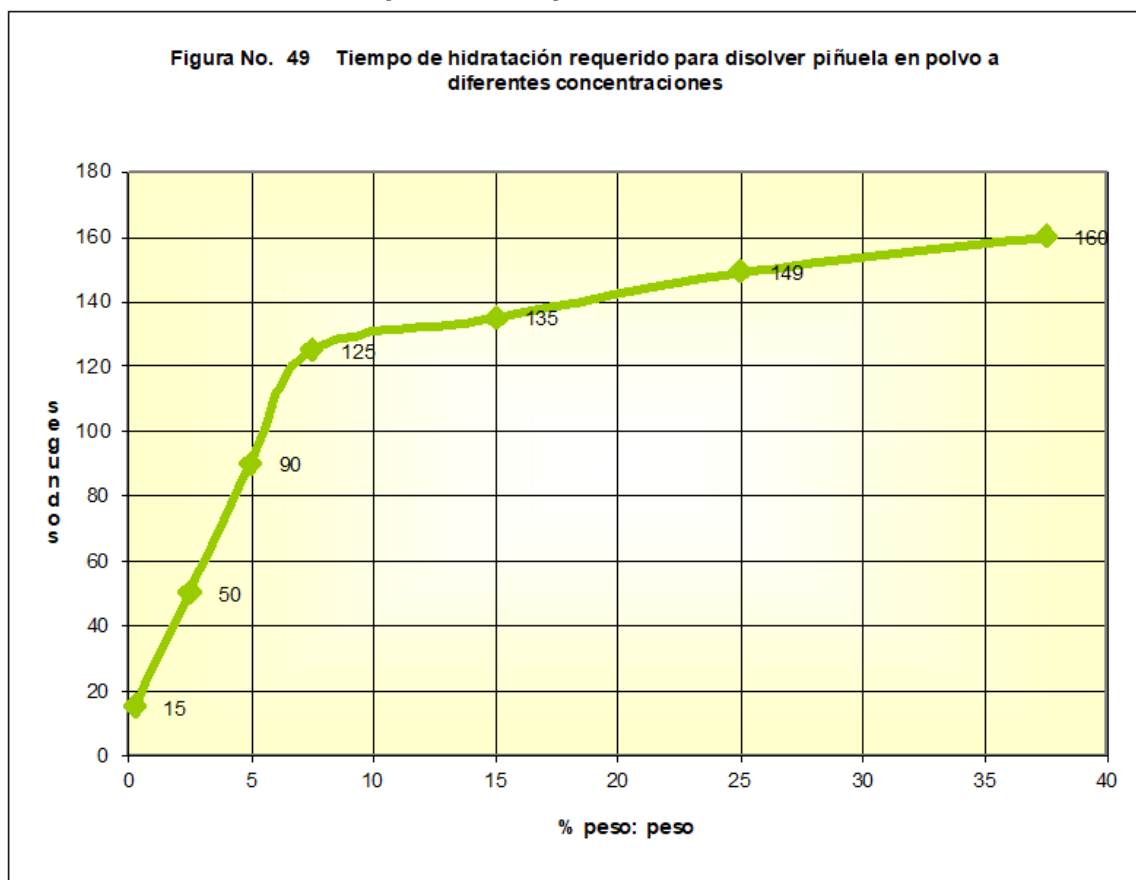
Tabla No. 59 pH variedad roja			
Muestra	pH +/- 0.05	pH promedio +/- 0.05	Desviación
1	6.0	6.32	0.1720465
2	6.4		
3	6.5		
4	6.4		
5	6.3		

Tabla No. 60 pH variedad amarilla			
Muestra	pH +/- 0.05	pH promedio +/- 0.05	Desviación
1	6.0	6.1	0.0894427
2	6.0		
3	6.2		
4	6.2		
5	6.1		

D. Deshidratación de la pulpa para el dulce y presentación en polvo



E. Rehidratación de la piñuela en polvo



F. Mermelada

Tabla No. 61 Fórmula mermelada		
	gramos	%
peso piñuela	500	73.43
peso azúcar	180.9	26.57
Peso total	680.9	100
peso final obtenido	381	
rendimiento	56.0 %	

Figura No. 50, 51 y 52 Textura de las mermeladas

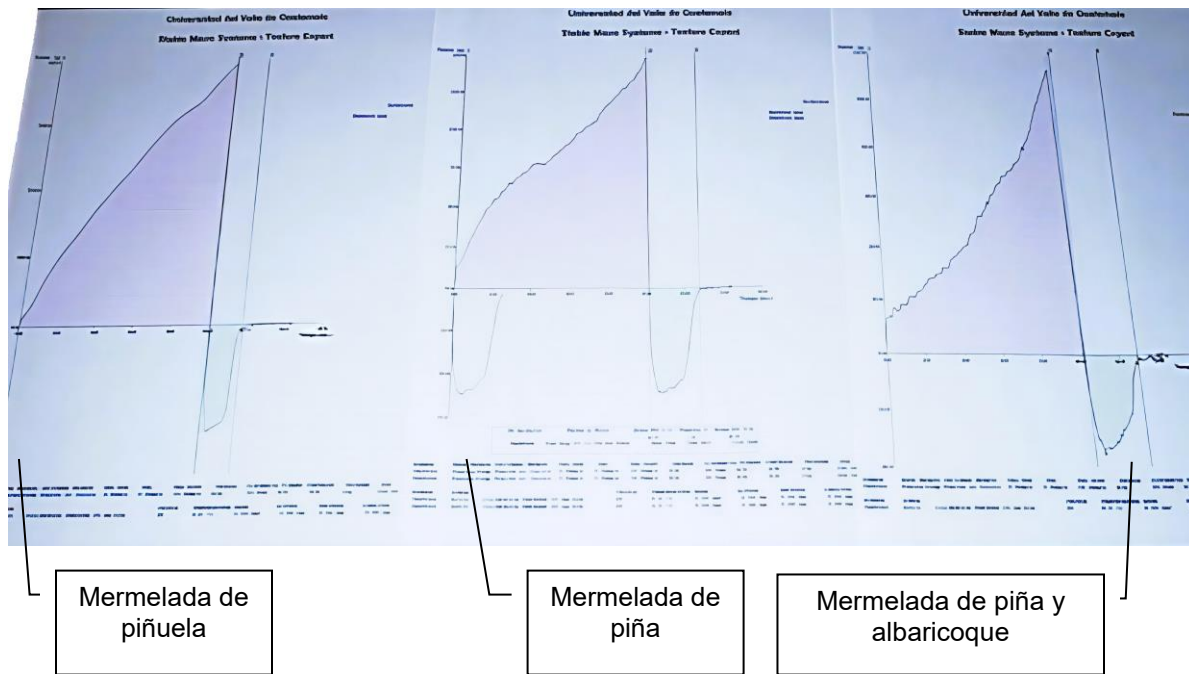
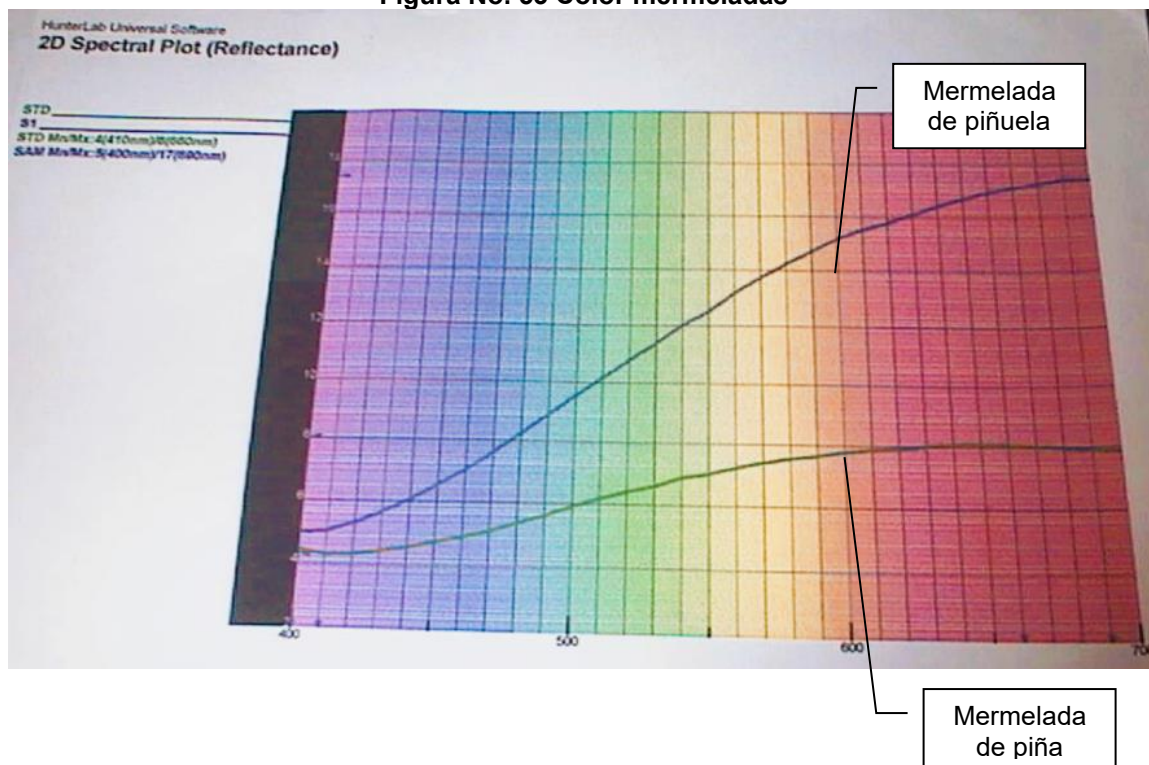


Figura No. 53 Color mermeladas



G. Deshidratación osmótica

