



5  
24

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**" DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE  
OPERACION EN LA ELABORACION DE  
JUGO CLARIFICADO DE PERA,  
POR MEDIOS ENZIMATICOS "**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :

RICARDO CUELLAR HERNANDEZ

ASESOR: M.C. MA. ELENA VARGAS UGALDE

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1998

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



Facultad de  
Estudios Superiores

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FEB-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodriguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo Determinación de las Condiciones de Operación en la Elaboración de Jugo Clarificado de Pera, por Medios Enzimáticos

que presenta el pasante: Ricardo Cuéllar Hernández  
con número de cuenta: 7929899-3 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 21 de Septiembre de 1995

PRESIDENTE	<u>I.O. Alvaro Leo Ramirez</u>	
VOCAL	<u>I.B.Q. Fernando Beristain</u>	
SECRETARIO	<u>M. en C. Ma. Elena Vargas Ugalde</u>	
1er. SUPLENTE	<u>I.A. Laura M. Cortazar Figueroa</u>	
2do. SUPLENTE	<u>M. en C. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza</u>	

**ANTES QUE TODO GRACIAS A DIOS.**

**AGRADEZCO MUY ESPECIALMENTE A MI DIRECTOR DE  
TEHS, M.C. MA. ELENA VARGAS UGALDE, POR SU VALIOSA  
ASESORIA Y APOYO PARA LA ELABORACION DE ESTE  
TRABAJO.**

**AGRADEZCO A FERNANDO BERISTAIN POR SU  
ASESORIA EN LA PARTE DE FILTRACION.**

**AGRADEZCO A LA I.Q. ROSA MA.  
VALDEZ POR SU APOYO Y ASESORIA  
PARA ELABORAR ESTE TRABAJO.**

**A MIS PADRES**

FRANCISCO Y AMPARO, POR SU APOYO Y CONFIANZA, A QUIEN DEBO LO QUE SOY.

**A MIS HERMANOS**

IGNACIO, ANA MARIA, FRANCISCO, MA. CRISTINA Y MA. DEL PILAR,  
PORQUE ESTE TRABAJO NO ES SOLO MIO, SINO DE TODOS ELLOS.

**A MIS ABUELITOS**

JOSE LUZ Y ADELA, POR SU CARIÑO Y MOSTRARME LA SENCILLEZ  
DE LA VIDA.

**A MIS SOBRINOS**

HECTOR, MONTSERRAT, TANIA KAREWITH Y VALERIA PAOLA.

**A MIS AMIGOS**

POR SU AMISTAD.

**GRACIAS**

## INDICE

	PAGINA
RESUMEN.....	5
I. INTRODUCCION.....	7
II. OBJETIVOS.....	11
III. METODOLOGIA.....	13
IV. GENERALIDADES.....	16
4.1 CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA.....	16
V. DIAGRAMA DE PROCESO.....	21
5.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO.....	21
5.1.1 RECEPCION.....	22
5.1.2 LAVADO Y SELECCION.....	22
5.1.3 PICADO (MOLIENDA).....	24
5.1.4 MEZCLADO.....	26
5.1.5 PRENSADO.....	26
5.1.6 PASTEURIZACION (TRATAMIENTO TERMICO).....	28
5.1.7 CLARIFICACION.....	29
5.1.8 SEDIMENTACION.....	30
5.1.9 FILTRACION.....	30
5.1.10 JUGO CLARO.....	31
VI. CARACTERISTICAS DEL JUGO (NECTAR).....	32
6.1 ALMIDON.....	32
6.2 PECTINAS.....	33

	<b>PAGINA</b>
6.3 POLIFENOLES.....	34
<b>VII. PROCESO DE CLARIFICADO.....</b>	<b>36</b>
7.1 ENTURBIAMIENTO EN JUGOS.....	36
7.2 TRATAMIENTO TERMICO.....	37
7.3 TRATAMIENTO ENZIMATICO.....	38
7.4 CLARIFICACION.....	39
<b>VIII. FASE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>42</b>
8.1 DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	44
8.2 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS.....	45
8.3 PASTEURIZACION.....	46
8.4 DETERMINACION DE LOS AGENTES CLARIFICANTES.....	47
8.5 RESULTADOS.....	47
<b>IX. TRATAMIENTO TERMICO.....</b>	<b>53</b>
9.1 SOLUBILIZACION DE ALMIDONES Y PECTINAS.....	53
9.2 RESULTADOS.....	53
<b>X. SEDIMENTACION.....</b>	<b>56</b>
10.1 RESULTADOS.....	57
<b>XI. FILTRACION.....</b>	<b>61</b>
11.1 FILTRACION EN EMBUDO BUCHNER.....	61
11.2 DETERMINACION DE COLOR EN JUGO CLARO.....	63
11.3 RESULTADOS.....	66
11.4 FILTRACION EN CELDA DE FILTRACION.....	67
11.5 RESULTADOS.....	66

	<b>PAGINA</b>
<b>XII. ESTABILIDAD DE JUGO CLARIFICADO.....</b>	<b>71</b>
12.1 RESULTADOS.....	71
12.2 PROBLEMAS DE TURBIDEZ EN EL JUGO.....	72
<b>XIII. ENVASADO DEL JUGO.....</b>	<b>75</b>
13.1 ENVASADO EN LATA Y BOTELLA.....	75
13.2 ANALISIS MICROBIOLÓGICO.....	75
13.3 RESULTADOS.....	77
<b>XIV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>

#### **ANEXOS**

##### **METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LAS PRUEBAS**

<b>REALIZADAS.....</b>	<b>83</b>
<b>A. DETERMINACION DE DOSIS DE AGENTES CLARIFICANTES.....</b>	<b>84</b>
A.1 DOSIS DE AMILASA.....	84
A.2 PRUEBA DE YODO.....	85
A.3 DOSIS DE PECTINASA.....	87
A.4 PRUEBA DE ALCOHOL.....	89
A.5 CLARIFICACION.....	90
A.6 DOSIS DE GELATINA.....	91
A.7 PRUEBA DE INSUFICIENCIA Y EXCESO DE GELATINA...	93
A.8 DOSIS DE BENTONITA.....	95
A.9 RECOMENDACIONES DURANTE LA FASE EXPERIMENTAL.....	97

	<b>PAGINA</b>
B. TRATAMIENTO TERMICO (PRUEBA DE YODO Y ALCOHOL).....	100
C. PRUEBAS DE ESTABILIDAD.....	102
D. ANALISIS MICROBIOLÓGICO (CUENTA DE LEVADURAS Y HONGOS.....	103
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>106</b>

## RESUMEN

El proceso para la obtención de jugo de pera clarificada y otras frutas por medios enzimáticos es muy complejo, ya que para la obtención de éste se requiere habilidad y precisión en las pruebas planteadas.

Se estudió el proceso para la obtención de jugo clarificado de pera en las variedades Bartlett (Williams) y D'anjou, con el propósito de observar el efecto que tiene el trabajar con una misma fruta pero de diferente variedad en la concentración de los agentes clarificantes.

El propósito en el uso de agentes clarificantes es el de obtener un jugo de características aceptables de brillantez, claridad y estabilidad.

Para tener un mejor control en el proceso, se determinaron las propiedades fisicoquímicas del jugo antes y después de clarificar: sólidos solubles (\*Bx), % acidez, pH, densidad y color.

En la obtención de jugo clarificado las operaciones del proceso a nivel industrial son: recepción, lavado y selección, picado, mezclado, prensado, pasteurización, clarificación, sedimentación y filtración. Siendo las de mayor relevancia la pasteurización, clarificación y filtración, es por ello que se debe tener un mayor control de éstas pero sin descuidar las otras que en forma conjunta y adecuada, llevan a obtener el producto deseado.

Se determinaron las dosis requeridas de los agentes clarificantes, mediante pruebas cualitativas que son prácticas y rápidas además de confiables si se realizan con precisión;

estas pruebas fueron: amilasa (prueba de yodo), pectinasa (prueba de alcohol), gelatina (prueba de insuficiencia y exceso) y bentonita (obtención de jugo claro, sedimentación).

Al realizar las pruebas mencionadas, se realizó un tratamiento térmico para observar el efecto de la temperatura en la solubilización del almidón y pectina.

Posteriormente se llevo a cabo la sedimentación para obtener el jugo claro deseado.

Al obtener el jugo claro se realizó una filtración para darle brillantez al jugo obtenido en la clarificación.

Con las pruebas realizadas en la clarificación y la filtración se obtuvo un jugo claro, brillante y estable.

Para verificar que este producto no sufriría alteraciones a futuro, se realizaron las pruebas de estabilidad.

Finalmente, se envasó el jugo en lata y botella para determinar si presenta cambios en su estabilidad, además se realizaron análisis microbiológicos (hongos y levaduras) siendo estos negativos.

## I. INTRODUCCION

En México el desarrollo frutícola se ha incrementado paulatinamente en los últimos años (1), debido a esta producción es necesaria la diversificación de los productos frutícolas y ser conservados para un mayor aprovechamiento con métodos adecuados o industrializarse en forma tal que se facilite su manejo y transporte, además de prolongar su vida de anaquel.

Comercialmente se produce una gran variedad de productos frutícolas, muchos presentan un adecuado e interesante potencial desde el punto de vista industrial para la elaboración de conservas y productos derivados (2).

En este sentido la industrialización de los productos frutícolas permite una integración entre el sector agrícola e industrial y así como el disponer de los productos derivados de frutas (3).

Debido al desarrollo agrícola en la producción frutícola sucede que las cosechas superan la demanda del consumo habitual de cada artículo. Por tanto, conviene ampliar el área comercial y transformar los excedentes que momentáneamente no pueden ser absorbidos en estado natural en productos elaborados que satisfacen mejor y durante más largos plazos una gran diversidad de gustos. En este caso se hallan las frutas que en vez de consumirse frescas sirven para la obtención de zumos.

Considerando el desarrollo de la producción de Pera (*Pyrus communis*), y el hecho de ser apreciada por su excelente sabor, puede ser consumida directamente en estado fresco o ser industrializada como néctar, vino de mesa, almibar, fruta seca, etc. (4)

De aquí se desprende la necesidad de fomentar y diversificar el consumo de productos derivados de frutas como es el caso del jugo de Pera Clarificada, y no obtener solo el clarificado de Manzana y Uva, productos importantes por su contenido de energía en forma de carbohidratos, así como por sus minerales y vitaminas esenciales (5).

Para la obtención de un jugo de pera clarificada es necesario realizar todo un proceso, que conlleve a la transformación adecuada de la materia prima hasta la obtención de un jugo con características tales como brillantez, claridad y estabilidad.

Este trabajo intenta en su desarrollo analizar desde el punto de vista ingenieril y tecnológico las diferentes operaciones que estructuran el proceso de clarificado, con la finalidad de diversificar la clarificación de jugo a productos distintos de la Uva y Manzana (6).

Se recomienda estudiar las propiedades fisicoquímicas propias de la materia prima para obtener un jugo de características adecuadas para su posterior clarificado. Estas propiedades son: sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Bx}$ ), % acidez, pH y densidad (7, 8).

En la pera como en todas las frutas se encuentran almidones, pectinas y polifenoles, los cuales provocan la turbidez propia del jugo.

La solubilización de almidones y pectinas se logra con una pasteurización. Así las enzimas utilizadas para la clarificación (amilasa y pectinasa), van a actuar en su sitio adecuado y se logra la hidrólisis requerida para la obtención de jugo claro (9).

Con la ruptura de las moléculas de almidón y pectina, se adiciona la gelatina, agente secuestrante que favorece la formación de conglomerados (10).

Los conglomerados pueden permanecer en suspensión por largos períodos de tiempo, es por ello que se requiere usar un agente que acelere el proceso de sedimentación, como la bentonita.

La adición de los agentes clarificantes, amilasa, pectinasa, gelatina y bentonita, a usar debe hacerse de acuerdo a una concentración específica que depende de las características propias del jugo a tratar.

El jugo obtenido se somete a una filtración, el cual, permite la obtención de un jugo con claridad y brillantez apto para su comercialización.

Con este trabajo se persigue como objetivo principal la obtención de las condiciones de proceso para elaborar un jugo claro que pueda almacenarse y refrigerarse sin que éste presente turbidez, causada por almidones y pectinas. Es importante eliminar estos carbohidratos en su totalidad por medios enzimáticos en concentraciones conocidas (10).

Esta determinación puede ser utilizada como base para el establecimiento de las condiciones de proceso a nivel industrial.

El fundamento del uso de enzimas en el clarificado de pera u otras frutas es principalmente el de eliminar en su totalidad almidones y pectinas, causantes de la turbidez en el jugo; que

puede ser pasteurizado, refrigerado o ser almacenado sin que se presente este problema, y de lograr una estabilidad permanente en el jugo.

Un jugo clarificado, solamente con la filtración, se obtiene brillante, pero este se enturbia en unos días. En este caso el tratamiento no ha sido adecuado, el jugo necesita una manipulación más específica o más enérgica. Esta operación no sería suficiente para eliminar los carbohidratos presentes en el jugo. Por esto, el tratamiento de clarificación debe de ser al mismo tiempo estabilizante, ya que debe proporcionar al jugo claridad y brillo actuales y a futuro.

## II. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones de operación que permitan efectuar un adecuado control del proceso para la obtención de Jugo Clarificado de Pera, por medios enzimáticos.

### OBJETIVOS PARTICULARES

1. Describir el proceso de elaboración de Jugo Clarificado de Pera por medios enzimáticos.
2. Evaluar las propiedades Físicoquímicas del Jugo de Pera, para un mejor control de las operaciones del clarificado.
3. Conocer las dosis adecuadas de agentes clarificantes (enzimas, gelatina y bentonita), para clarificar un volumen determinado de jugo.
4. Evaluar el efecto del tratamiento térmico en la clarificación del jugo, en la solubilización del almidón y pectinas.
5. Determinar el tiempo de sedimentación para la obtención de Jugo Claro.
6. Determinar las condiciones de operación durante la filtración para la obtención de un jugo con claridad y brillantez aceptable.

7. **Determinar las características de estabilidad (turbidez) durante la congelación y almacenamiento en lata y botella de Jugo Clarificado de Pera.**

### III. METODOLOGIA

Para elaborar este trabajo se consideró la siguiente metodología:

- A) Revisión bibliográfica de las características de la Pera (*Pyrus communis*).
  
- B) Desarrollo Experimental
  - B.1 Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima requeridas para el proceso, para lograr un mejor control en las operaciones de clarificado: sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Bx}$ ), % acidez (acidez titulable), pH y densidad.
  
  - B.2 Obtención de jugo y pasteurización a temperatura de  $88 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 30 - 60 segundos.
  
  - B.3 Enfriado del jugo a  $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y mantenerlo así en baño termostático, para que reaccionen mejor las enzimas.
  
  - B.4 Determinación de las dosis adecuadas de los agentes clarificantes a usar enzimas: amilasa, pectinasa, gelatina y bentonita. Realizar las pruebas correspondientes para cada agente clarificante:
    - Amilasa — Prueba de Yodo = Negativo (-).
    - Pectinasa — Prueba de Alcohol = Negativo (-).
    - Gelatina — Prueba de Gelatina = Insuficiencia = Negativo (-).
    - Prueba de Sílica - sol = Exceso = Positivo (+).

Bentonita — Prueba de Gelatina = Insuficiencia = Negativo (-).

— Prueba de Silica - sol = Exceso = Negativo (-)

B.5 Una vez obtenida la dosis adecuada de los agentes clarificantes (amilasa y pectinasa), evaluar el efecto del tratamiento térmico (pasteurización), sobre la solubilización de almidones y pectinas.

B.6 Determinar el tiempo de sedimentación en la obtención de jugo claro.

B.7 Con el jugo claro, realizar la filtración para eliminar los lodos obtenidos, o turbidez que pueda presentar el jugo y darle brillantez.

B.8 Determinación de la estabilidad (turbidez —por congelación y pasteurización—) del jugo claro obtenido en la filtración, realizando las pruebas correspondientes:

Aamilasa — Prueba de Yodo = Negativo (-).

Pectinasa — Prueba de Alcohol = Negativo (-).

Gelatina — Prueba de Gelatina = Negativo (-).

— Prueba de Silica - sol = Negativo (-).

B.9 Pasteurización del jugo claro para envasarlo en lata y botella.

**B.10 Realizar análisis microbiológicos (hongos y levaduras) al jugo envasado, para determinar el efecto de la pasteurización y la sanidad con que se realizó el proceso.**

#### IV. GENERALIDADES

Es importante desarrollar algunos puntos generales, que de alguna forma intervienen en la calidad de la Pera, así como también dar algunas características de las variedades.

##### 4.1 CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA

La pera es un árbol frutal perenne de la familia de las rosáceas (*Pyrus communis*), en la que también se encuentra la manzana; originario de Eurasia y cultivado en Europa, Asia, América y África Septentrional. De tronco robusto, presenta alturas de 12 a 15 m, con madera compacta, preciosa, rojiza, copa piramidal; hojas ovales, coriáceas, con borde entero o finamente dentadas; presenta flores blancas, la raíz es profunda en el eje central muy desarrollado (11).

Son frutos falsos llamados pomo, son pulposas, derivados del engrosamiento del receptáculo, con forma y colores distintos según las variedades, con dos semillas pardonegruzcas y brillantes, provistas cada una en la parte opuesta al pedúnculo (fosa calicina) de un residuo del cáliz (calículo y ojo) (11).

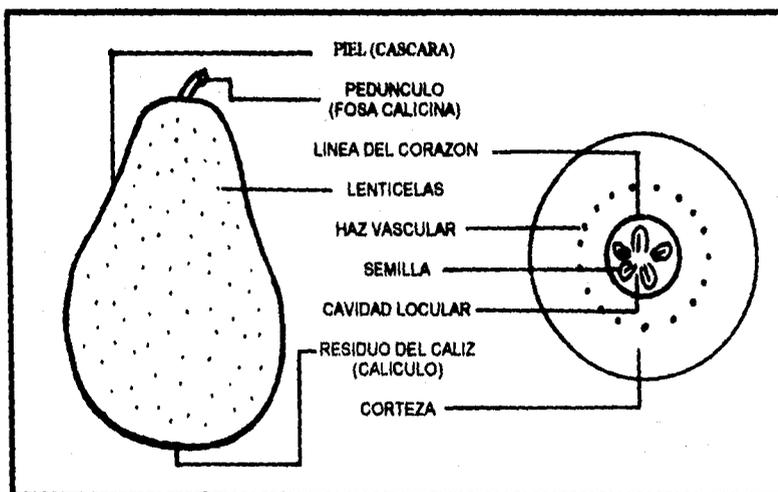
En un pomo completamente desarrollado se distinguen las siguientes estructuras (11):

- **PIEL.** Es una capa delgada cerosa que cubre todo el pomo, llamada cáscara.
- **CORTEZA.** Es la pulpa externa que abarca desde donde finaliza la piel hasta el inicio de la línea del corazón.
- **LINEA DEL CORAZON.** Delimita la corteza de la zona carpelar.

- **LOCULOS.** Cavidad donde se alojan las semillas.
- **CORAZON.** Porción adecuada central, formada por las cinco cavidades cartilaginosas.
- **PEDUNCULO.** Porción de tallo semileñoso, inserto en la parte basal de la fruta.

En la figura 1 se muestra el esquema de la pera.

**FIGURA N° 1. ESQUEMA DE LA PERA**



FUENTE : ANONIMO (1980). ASPECTOS TECNICOS DE LA PERA.

El ciclo vegetativo del peral se inicia a finales de invierno y termina en otoño al despojarse de la hojas.

Los frutos de una variedad, procedentes de árboles del mismo campo, predio y hasta a veces, procedentes del mismo árbol, tienen distinto tamaño, sabor y colorido, lo cual en ocasiones se atribuye a otras causas como la insolación, cuando la verdadera no es otra que la de haber tenido lugar una polinización cruzada con polen de otras variedades (12).

La polinización cruzada asegura cosechas productivas y regulares, por lo que se aconseja intercalar las distintas variedades, de acuerdo con la fecha de floración.

La maduración del fruto se presenta un tanto escalonada, obligando a practicar más de una recolección, temprana o tardía, según sea mayor o menor la resistencia de la variedad a la conservación.

Tomando en cuenta que el consumidor es más exigente cada día, exige frutos de calidad y buen tamaño, con un estado de madurez que permita consumirlos de inmediato, lo cual únicamente puede lograrse mediante una cosecha oportuna, un perfecto equilibrio en la poda, un cuidado máximo en la recolección, un escrupuloso calibrado y selección, una excelente presentación y embalaje. De omitir estos factores, el cultivo del Peral en lugar de ser rentable se convertirá en una explotación ruinoso (11).

Existe una amplia gama de variedades del Peral, unas son de maduración temprana, que son las que más se cotizan en los mercados, otras de maduración intermedia, que pueden industrializarse o conservarse en frigorífico y, finalmente, están las de maduración tardía, que pueden conservarse largo tiempo sin perder sus cualidades organolépticas (12).

En México se han registrado un total de 28 variedades de Pera, siendo seis las de mejor aceptación. La producción es distinta entre las variedades ya que hay algunas donde la cantidad producida es bastante considerable en comparación con otras. En el cuadro 1, se enlistan las variedades presentando un asterisco ( \* ) las mejoradas y dos ( \*\* ) las de mayor producción (11).

**CUADRO Nº 1. VARIEDADES DE PERA**

•	1. Bartlett (Williams)	••	15. Lechera
	2. Beurré D'anjou		16. Lisa
•	3. Beurré Hardy		17. Mantequilla
•	4. Conference		18. Membrillo
••	5. Criollo		19. Mota
•	6. Chappis Favourite		20. O'Donojú
•	7. D'anjou	••	21. Paraiso
••	8. De agua		22. Parda
	9. Doyense Du Comice	••	23. Pifa
	10. Duchet		24. Red Bartlett
	11. Dura o Piedra		25. San Juan
	12. Espéncia		26. Sidra
••	13. Kieffer		27. Stark
	14. Laconte		28. Zapota

FUENTE: ANONIMO (1980) ASPECTOS TÉCNICOS DE LA PERA.

Al natural la pera es un producto perecedero, cuya vida económica (mediante adecuadas condiciones de conservación) se puede prolongar hasta 7 meses (11).

Las condiciones para una adecuada conservación son:

Temperatura	0 a 2 °C
Humedad Relativa	85 a 90 %
Temperatura de Congelación	- 2 °C

La pera se consume como fruta fresca o procesada, ésta última en diversas posibilidades, ya que se utiliza para elaborar principalmente peras en almibar, néctares, mermeladas, etc.

El valor nutritivo que presenta la pera se muestra en el cuadro 2 (13).

**CUADRO N° 2. VALOR NUTRITIVO DE LA PERA**

COMPOSICION DE LA PERA EN 100 GRAMOS DE PULPA	
COMPONENTES	PROPORCION
Porción Comestible	0.81
Humedad	83.1 %
Fibra	2.3 g.
Grasa	0.1 g.
Proteínas	0.5 g.
Hidratos de Carbono	15.9 g
Energía	61.0 kcal.
Calcio	9.0 mg.
Hierro	0.2 mg.
Retinol	1.0 mg.
Acido Ascórbico	4.0 mg.
Tiamina	0.02 mg.
Riboflavina	0.04 mg.
Niacina	0.1 mg.

FUENTE: HOLLOAND, B.I., 1990 FRUIT AND NUTS. THE COMPOSITION OF FOODS.  
ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY OF AGRICULTURE

La estacionalidad de la producción en las principales regiones se presenta con mayor intensidad durante periodos cortos y bien definidos, por lo que la cosecha se presenta de acuerdo al cuadro 3 (11).

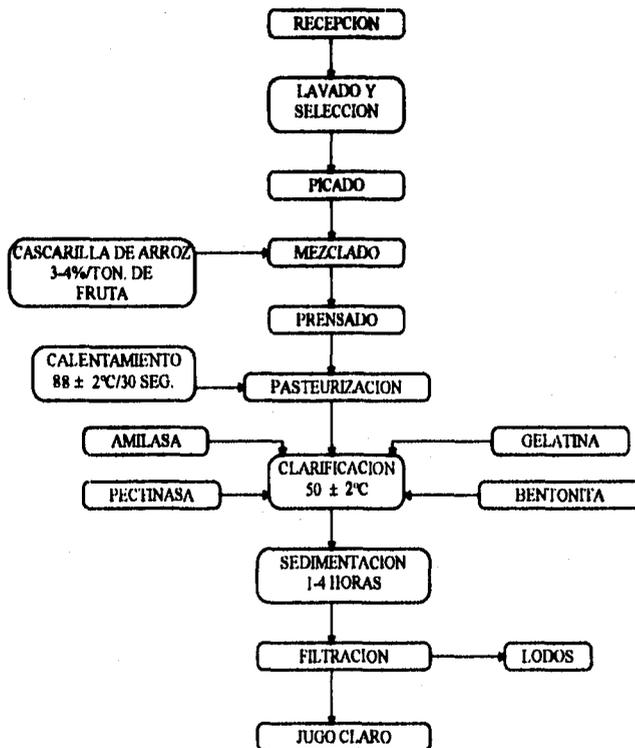
**CUADRO N° 3. PERIODOS DE COSECHA DE LA PERA**

COSECHA MAXIMA	—	AGOSTO Y SEPTIEMBRE
COSECHA MEDIA	—	JULIO Y OCTUBRE
COSECHA MINIMA	—	MAYO Y JUNIO

FUENTE: ANONIMO 1980. ASPECTOS TECNICOS DE LA PERA.

## V. DIAGRAMA DE PROCESO

A continuación se presenta el diagrama de bloques del proceso.



### 5.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

El proceso general comprende las operaciones consignadas en el diagrama de bloques, a nivel industrial.

### **5.1.1 RECEPCION**

La recepción de la pera se realiza en rejillas de madera de 51 cm. de largo por 32 cm. de ancho por 32 cm. de altura; la capacidad promedio es de 22.0 kg. netos y el peso bruto es de 23.5 kg. aproximadamente (11).

Las rejillas se estiban en tarimas para su almacenamiento. Previamente al recibir la fruta se realiza un muestreo para observar su calidad, tomando en cuenta tamaño, estado de madurez, color, variedad y aspecto, para determinar si la fruta requiere un proceso inmediato, o bien pueda ser almacenada algunos días.

### **5.1.2 LAVADO Y SELECCION**

El lavado de la fruta es el procedimiento posterior a la recepción y almacenamiento.

La fruta se vacía en la lavadora con agua en flujo continuo, donde se realiza un lavado por inmersión con agitación, moviendo el agua con aire a través de un compresor, a fin de realizar un lavado homogéneo.

El lavado es eficaz para eliminar contaminantes que se encuentran firmemente adheridos al fruto (6).

Es importante tener un cambio de agua del tanque cuando esta se encuentra sucia, para evitar la contaminación de las demás frutas y no tener una carga microbiana alta.

La banda transportadora de rodillos arrastra la fruta inmersa en el agua, con una velocidad controlada, donde los rodillos giran conforme avanza la banda, el fruto va girando para tener un mejor control de este. Durante el transporte se realiza una selección.

La selección es de gran importancia, dado que de ésta dependerá en forma determinante la posibilidad de obtener un jugo de características adecuadas para su posterior procesamiento y consumo. Comprende la evaluación global equilibrada de todas las propiedades de un producto que afectan a su aceptación como alimento o como producto para ser utilizado por el fabricante, de tal manera que la selección mecánica es un problema de cierta complejidad. Por esta razón, es frecuente realizar la selección manualmente (6).

Se emplean diferentes factores para llevar a cabo una buena selección del fruto, entre los que se incluyen (6):

- a) Tamaño y forme
- b) Madurez
- c) Textura
- d) Sabor y aroma
- e) Color
- f) Carencia de contaminantes

En el cuadro 4, se resume en forma breve los efectos de una selección inadecuada de la fruta:

**CUADRO N° 4. EFECTOS DE LA SELECCION INADECUADA DE LA FRUTA**

<b>TIPO DE FRUTA</b>	<b>EFFECTOS</b>
FRUTA MUY MADURA Y/O GOLPEADA	BAJO RENDIMIENTO EN EL PENSADO. JUGO CON ALTO CONTENIDO DE SOLIDOS. MAYOR CONSUMO DE AGENTES CLARIFICANTES.
FRUTA MUY VERDE	BAJO RENDIMIENTO. MAYOR CONSUMO DE ENZIMAS.

Asimismo, en esta etapa se eliminan hojas, basura y demás partículas ajenas a la fruta. Después de la selección la fruta tiene un lavado por aspersión, a fin de eliminar cualquier impureza sobre la superficie de la misma.

La aspersión se realiza exponiendo las superficies del fruto a duchas de agua, la eficiencia va a depender de la presión y el volumen de agua utilizada, la distancia del fruto al origen de la aspersión, el tiempo de exposición a la ducha. La mejor combinación, en general, es un volumen de agua pequeña a presión regular, dependiendo del tipo de fruta, para no dañar ésta (6).

Con esta operación se eliminan los residuos de contaminantes que hayan podido quedar por el lavado a inmersión.

### **5.1.3 PICADO (MOLIENDA)**

El corte se realiza para transformar el fruto en pequeños trozos para una tratamiento posterior.

Esta operación se realiza con el fin de reducir el tamaño de la fruta y obtener una buena eficiencia en el jugo.

Las razones para esta reducción de tamaño son (6):

- a) Facilita la extracción de un constituyente deseado (jugo de pera), contenido en una estructura compuesta.
- b) Una disminución del tamaño de la partícula de una masa dada del sólido, conduce a un aumento en la superficie que sirve de ayuda en la extracción de un soluto deseado.

Con el picado o reducción de tamaño se favorece el rendimiento durante la etapa de prensado dado que una misma cantidad de fruta presenta mayor superficie disponible de salida del jugo contenido si ésta se encuentra en forma de partículas de relativamente menor tamaño con respecto a la fruta entera.

Además de que durante el prensado, existe menor cantidad de masa que permanece sin haberse eliminado el jugo, lo que se traduce, en conjunto en un mayor rendimiento del proceso (15)

El equipo que se utiliza es un molino de martillos o cuchillas, el cual se caracteriza no tan solo por provocar una reducción de tamaño del fruto tal y como se obtendría con un simple proceso de cortado, sino que a la vez que realiza esta operación, también ejerce un efecto de molienda sobre la superficie de las fracciones formadas favoreciendo un mejor flujo de jugo y

por tanto menores esfuerzos de presión requeridos durante la etapa de prensado para la extracción del jugo (6, 14).

#### **5.1.4 MEZCLADO**

La mezcla consiste en dispersar los componentes unos en otros.

Esta operación es deseable para cualquier material que va a ser sometido a un prensado con el fin de lograr la extracción de su porción líquida, la de tener y conservar al máximo cierta porosidad que permite el flujo del líquido hasta la superficie filtrante, aún después de haber sido comprimida permitiendo así la salida y posterior recuperación del jugo de pera (14).

Mediante la operación de mezclado se combina la fruta macerada con cascarilla de arroz.

El equipo a usar es un mezclador horizontal, como es el caso de los transportadores de tornillo, éste se utiliza para mezclar sólidos. Mueve los sólidos lentamente en una dirección. Se adiciona la fruta picada y la cascarilla de arroz, logrando que al ir girando el tornillo las partículas se vayan mezclando.

#### **5.1.5 PRENSADO**

El estrujamiento mecánico o prensado consiste en la separación de los líquidos contenidos en productos sólidos mediante la aplicación de fuerzas de compresión (6).

Esta operación se hace mediante el prensado de la mezcla, de pera macerada y cascarilla de arroz, previamente formada.

La eficiencia de un proceso de prensado depende de ciertos factores entre los que se incluyen:

- A) EL ESFUERZO LIMITE DE RIGIDEZ DE LA FASE SOLIDA (ES DECIR, SU RESISTENCIA A LA DEFORMACION)
- B) LA POROSIDAD DE LA TORTA FORMADA
- C) LA VISCOSIDAD DEL LIQUIDO FORMADO
- D) LA FUERZA DE COMPRESION APLICADA

La velocidad de flujo del liquido a través de los intersticios de la torta es función del espesor de la torta y de su porosidad, las cuales pueden variar con el grado de compresión aplicado (6).

La cantidad de jugo cambia dependiendo de la variedad, su madurez al recolectarla y cualquier cambio metabólico que ocurra entre la recolección y la manufactura.

Para extraer el líquido contenido en la fruta se emplean prensas hidráulicas. Por ejemplo las prensas de jaula, las cuales están compuestas por un cilindro finamente perforado. Su diseño permite el control estrecho de la presión ejercida sobre la pulpa cargada en el interior del cilindro. El líquido exprimido al comprimir la torta pasa a través de las perforaciones. Combinando la presión con la acción de rotación del cilindro se provoca la ruptura de la torta,

con lo que es posible volver a comprimirla. Normalmente se efectúan varias compresiones con una misma carga (6).

### **5.1.6 PASTEURIZACION (TRATAMIENTO TERMICO)**

El jugo obtenido en el prensado se somete a un tratamiento térmico, utilizando para ello un sistema de pasteurización.

La pasteurización es un proceso mediante el cual un producto se somete a un choque térmico en un período de tiempo muy breve, es decir, el producto en cuestión sufre un cambio de temperatura drástico desde una temperatura alta hasta otra considerablemente más baja (15).

En esta operación se llevan a cabo los siguientes pasos:

- a) Calentamiento del jugo a  $88 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- b) Sostener esta temperatura por un breve período de tiempo (30 seg)
- c) Enfriamiento drástico del jugo  $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$

Es una operación que tiene por finalidad la destrucción de la mayor parte de los microorganismos contenidos en el producto. Además para lograr la solubilización de almidones y pectinas presentes en el jugo.

Los aparatos más usados para la pasteurización son los intercambiadores de placas.

Estos aparatos están formados por placas, generalmente en acero inoxidable, cuya forma es aproximadamente rectangular (16).

#### 5.1.7 CLARIFICACION (TRATAMIENTO ENZIMATICO)

Las frutas contienen como producto natural almidón y pectina, polisacáridos de elevado peso molecular. La pectina ejerce una protección, mantiene en estado coloidal partículas muy pequeñas en el seno de los jugos (17).

Para la eliminación de estos compuestos se involucra la adición de enzimas al jugo, las cuales mediante reacciones hidrolíticas rompen la estructura de grandes moléculas insolubles que producen la turbidez natural del jugo.

Las enzimas utilizadas corresponden a las llamadas amilasas y pectinasas, las cuales hidrolizan al almidón y la pectina respectivamente.

Una vez lograda la ruptura de las moléculas (almidón y pectina), se agrega al jugo un agente secuestrante de los productos obtenidos mediante la acción enzimática, favoreciéndose así la formación de conglomerados de gran tamaño. Este agente secuestrante es la gelatina, la cual se adiciona en una concentración específica de acuerdo a las características del jugo a clarificar (15).

### **5.1.8 SEDIMENTACION**

En la sedimentación se separan un sólido y un líquido, haciendo que alcancen el equilibrio bajo la acción de la gravedad, con lo que las sustancias más pesadas descienden respecto a las más ligeras (14)

Los conglomerados formados en la fase anterior, pueden permanecer en suspensión por largos periodos de tiempo. Es por ello que se requiere de la utilización de un agente que acelere el proceso de sedimentación requerido.

Este agente lo constituye la bentonita, mineral que presenta cierta disposición de cargas eléctricas negativas sobre su superficie que le permiten funcionar como centros de atracción de los conglomerados formados durante la etapa de clarificación. Es por ello que al momento de ir depositándose hacia el fondo arrastran consigo a estos conglomerados favoreciendo la formación de dos fases, una superior casi perfectamente clara y otra inferior con gran contenido de sólidos acumulados a la cual se le denomina comúnmente como "lodos" (15).

La adición de la bentonita debe realizarse en concentraciones acordes a las características del jugo.

### **5.1.9 FILTRACION**

La filtración es una operación básica en la que el componente sólido insoluble de una suspensión sólido - líquido se separa del componente líquido haciendo pasar a este último a través de una membrana porosa que retiene las partículas sólidas en su superficie. La

suspensión de sólido en líquido se conoce por papilla de alimentación o "lodos". Al líquido que pasa a través de la membrana se conoce por filtrado y a la membrana se le conoce por medio de filtración. Los sólidos separados se conocen por torta de filtración (6).

El equipo para llevar a cabo esta operación es el Filtro Prensa. El elemento básico de filtración en el filtro es una placa vertical que soporta al medio de filtración. Corrientemente se les denomina "Filtros de Placas y Marcos". En esta clase de filtros alternan placas acanaladas cubiertas a ambos lados por un medio de filtración, con marcos. El conjunto de placas y marcos se adosan herméticamente por medio de tornillos o mecanismos hidráulicos o neumáticos a fin de formar una unidad herméticamente cerrada para líquidos (6).

Estas placas y marcos poseen orificios que forman tuberías cuando se unen en la forma normal: una placa - un marco, una placa - un marco, etc. (16).

La salida del líquido se efectúa por las placas; el líquido que ha atravesado la materia filtrante pasa por las ranuras de las placas y de ahí va por orificios que comunican bien con una tubería de salida (16).

Se toman muestras, se observa el jugo claro a través de un haz de luz (foco), para determinar la claridad, esto es visualmente, que no presente partículas en suspensión.

#### **5.1.10 JUGO CLARO**

El jugo claro obtenido en la filtración debe ser brillante y sin partículas en suspensión, características óptimas para este producto.

## VI. CARACTERISTICAS DEL JUGO (NECTAR)

El jugo de pera obtenido después del prensado es un jugo turbio, esto es debido a los polisacáridos que constituyen la mayor parte de la materia sólida del fruto. Estos compuestos son el almidón y la pectina, además intervienen sustancias fenólicas del jugo.

### 6.1 ALMIDON

Químicamente el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares: amilosa y amilopectina.

**AMILOSA.** Forma cadenas largas lineales. Los monosacáridos están unidos a través de enlaces glucosídicos alfa-D-(1-4), es decir, la amilosa es un alfa-D-(1-4) glucano, la alfa-maltosa la unidad respectiva de esta estructura química. Una propiedad de la amilosa es su facilidad para adquirir una conformación tridimensional helicoidal (18).

**AMILOPECTINA.** Es otro alfa-D-glucano, que se diferencia de la amilosa por la presencia de ramificaciones y la forma molecular a un árbol en el que las ramas están unidas al tronco central por enlaces alfa-D-(1-6). Son unidades moleculares lineales (18).

En las plantas, el almidón se encuentra en pequeños gránulos de aproximadamente 15 micras, que junto con otras partículas forman la turbidez del jugo por lo que es necesario degradarlo. Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría y deben solubilizarse para proceder al ataque enzimático. Para hacer esto, el jugo se calienta a una temperatura de 60-65 °C, alcanzando el punto de gelatinización, esto es, que los puentes de hidrógeno

65 °C, alcanzando el punto de gelatinización, esto es, que los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas se rompen y continúa la absorción de una mayor cantidad de agua. Las moléculas de amilosa de bajo peso molecular comienzan a disolverse, siendo la temperatura ideal entre 85-90 °C, para una completa solubilización. Durante la gelatinización los gránulos se hinchan irreversiblemente hasta alcanzar un tamaño de varias veces su volumen. Cuando esto sucede la viscosidad se eleva al máximo y es aquí también cuando el almidón está más susceptible al ataque enzimático (18, 19).

Los almidones en estado soluble reaccionan con el yodo dando una coloración desde el tono vino tinto hasta azul o azul negruzco, dependiendo de la longitud de la cadena del almidón. Esta propiedad se aprovecha para determinar la desamiliación del jugo (18).

## 6.2 PECTINAS

Las sustancias pécticas aparecen como constituyentes de las paredes celulares vegetales y en la lámina media. Las de la lámina media sirven de material de cementación para mantener las células unidas entre sí.

**PECTINA.** Son ácidos pécticos solubles en agua con contenidos variables de ésteres metílicos y de diferente grado de neutralización que son capaces de constituir geles con el azúcar y ácidos en condiciones adecuadas (19).

Es un hidrato de carbono polímero y complejo, desempeña un papel estructural en las plantas. El principal bloque estructural de la pectina son moléculas de ácido galacturónico

unidas por enlaces alfa-1, 4-glucosídicos. Aproximadamente dos tercios de los grupos de ácido carboxílico están esterificados con metanol.

El grado de esterificación varía de una fruta a otra y con la madurez de la fruta disminuye. Además, los grupos hidroxilo libres en las cadenas de ácido péctico pueden ser metilados. Estos pueden ser los puntos de ramificación de las cadenas laterales de azúcares neutros como galactosa, arabinosa y xilosa. De aquí que éstas pectinas de diferente naturaleza tengan diferentes estructuras y composiciones (20, 21).

La degradación de pectina requiere una variedad de actividades enzimáticas.

El análisis del contenido de pectina, es un método cualitativo, donde la pectina se precipita con alcohol acidificado y la presencia de este determina la prueba negativa o positiva (33).

### 6.3 POLIFENOLES

En la formación de turbidez o sedimentos en jugos de frutas intervienen sustancias fenólicas naturales comprendidas por antocianinas, flavonoides, leucoantocianógenos y taninos formadores de coloides (19).

La estructura química del polifenol, tiene varios anillos bencénicos en la molécula, dos, unidos a través de un anillo heterocíclico con oxígeno y varias funciones fenol, materia orgánica de la serie aromática (22).

**Las sustancias tanoides son polifenoles (flavonoides). Los taninos se refieren a un grupo de compuestos fénolicos que tienen la capacidad de precipitar proteínas (22).**

## VII. PROCESO DE CLARIFICADO

### 7.1 ENTURBIAMIENTO EN JUGOS

Los factores que pueden provocar la formación de turbidez son:

#### a) Causas Naturales del Jugo

El jugo de pera recién prensado es un jugo turbio, de aspecto lechoso, ésto se debe a la presencia de compuestos tales como almidones y pectinas principalmente, además, polifenoles y partículas sólidas propias del jugo. Las pectinas, almidones y polifenoles forman redes poliméricas capaces de suspender las partículas sólidas del jugo, formando así una turbidez homogénea (15).

Para eliminar ésta turbidez, se efectúa la degradación de éstos polimeros, por métodos adecuados (15).

#### b) Enturbiamiento microbiológico

Este es causado por levaduras principalmente, al no trabajar bajo condiciones higiénicas. La pasteurización sola no es suficiente, ya que la infección puede ocurrir en cualquier momento después de la pasteurización (23).

## 7.2 TRATAMIENTO TERMICO

Una vez terminado el proceso de prensado, el jugo se somete a una pasteurización, para lograr la solubilización del almidón y que éste sea degradado por la enzima, y también se hace para eliminar parcialmente los polifenoles, los cuales forman complejos con las proteínas de gran tamaño provocando turbidez y sedimentos en el jugo, además este paso del proceso, sirve para disminuir la carga microbiana que pueda traer el jugo (15).

La pasteurización juega un papel de gran importancia en la obtención de un jugo claro, estable y de propiedades sanitarias adecuadas para su consumo, dado que mediante la aplicación de este tratamiento es posible cumplir satisfactoriamente los siguientes objetivos (15):

- a) Permite una mejor acción de las enzimas utilizadas en la clarificación y por tanto favorece la obtención de un jugo bien clarificado. Este efecto se logra con el calentamiento del jugo a 88°C.
- b) Catalización de la reacción existente entre algunos componentes propios del jugo tales como polifenoles y proteínas cuyo producto es un complejo insoluble que provoca turbidez en el jugo. Una vez formado puede eliminarse durante la filtración.
- c) Disminución de la carga bacteriana presente en el jugo a niveles aptos para su consumo, este efecto se logra por el cambio drástico de temperatura involucrado en el proceso de la pasteurización.

### 7.3 TRATAMIENTO ENZIMATICO

El proceso de clarificación es de naturaleza compleja. Participan por parte del jugo, el contenido de materias en suspensión almidones, pectinas y los polifenoles. Como medios externos participan las enzimas (amilasas y pectinasas), gelatine y bentonita.

Las enzimas son proteínas sintetizadas por la célula que acelera una reacción termodinamicamente. Son catalizadores biológicos (24).

La importancia que tiene la utilización de enzimas es que su actividad puede ser fácilmente controlada mediante un ajuste de las condiciones de la reacción, así como interrumpiendo la reacción mediante calentamiento cuando sea necesario, ya que el calentamiento destruye la enzima (24).

La utilización de enzimas conduce a la mejora de muchos aspectos de determinados procesos biotecnológicos. Por ejemplo: las utilizadas para este proceso son las hidrolasas.

Las amilasas y las pectinasas degradan el almidón y la pectina respectivamente. Esta degradación, que implica el acortamiento de la cadena y de su peso molecular, cambia muchas de las características del polímero, especialmente las que van asociadas a sus propiedades poliméricas coloidales. Se aumenta la solubilidad en agua y se disminuye su viscosidad (24).

Una enzima seleccionará su sustrato de entre una mezcla compleja de materiales, se unirá a él y lo transformará de acuerdo con la reacción que le corresponda. La elección de una enzima está determinada por la transformación que vaya a realizar.

Cada enzima tiene un pH óptimo de actividad.

Las enzimas comerciales utilizadas tienen una excelente actividad en el margen de pH del jugo comprendido entre 2.8 y 4.2. En el margen inferior de pH, entre 2.8 y 3.0 se aplicaría una dosis más elevada de enzima.

El pH de las enzimas utilizadas está entre 4.0 y 4.5.

#### 7.4 CLARIFICACION

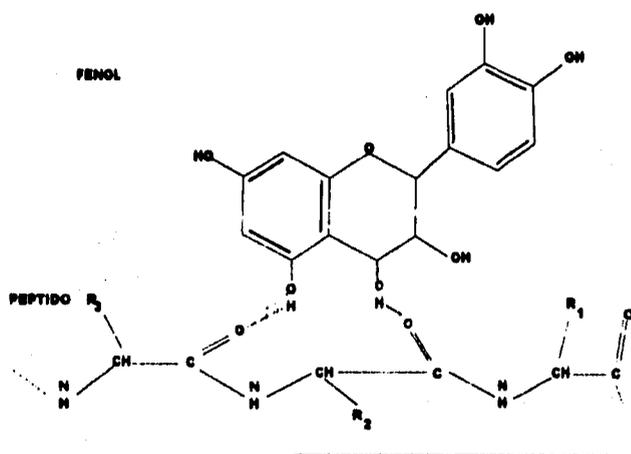
Para acelerar la precipitación de los compuestos degradados por las enzimas y lograr la clarificación del jugo es necesario la utilización de coloides (gelatina y bentonita).

La propiedad fundamental de los coloides es la floculación, base de la clarificación fisicoquímica. El clarificado consiste esencialmente en poner en el jugo determinadas sustancias nitrogenadas, materia de estructura superior, del tipo de proteínas. Esta proteína, la gelatina, tiene propiedades coloidales, frente a la materia polifenólica (tanoides) (22).

La carga eléctrica coloidal de la materia tanóide es de signo negativo. Las proteínas usadas en la clarificación tienen carga eléctrica coloidal de signo positivo. Estos coloides de signo contrario se unen y aumentan el tamaño de las partículas por lo que floculan (22).

La gelatina tiene afinidad por los polifenoles del jugo. El mecanismo de reacción entre el hidrógeno del fenol y el péptido de la gelatina se presenta en la figura 2 (25).

**FIGURA N° 2. MECANISMO DE REACCION DE LA GELATINA - POLIFENOL**



FUENTE: BRUCE W. ZOECKLEIN. PRODUCTION WINE ANALYSIS.

Al realizar esta unión se forma una floculación en el jugo,. Dadas las características de la gelatina que tiende a formar redes tridimensionales, se forma el complejo proteína-polifenol, pero no precipita, queda en suspensión en el jugo.

Como no hay sedimentación no se obtiene el jugo claro deseado, por lo consiguiente para ayudar a que se realice la sedimentación se usa el otro agente coloidal, la bentonita.

La principal aplicación de la bentonita es en la remoción de proteínas (22).

La bentonita forma con el agua una dispersión coloidal de micelas electronegativas muy pequeñas. La enorme superficie específica de sus micelas, confiere a este clarificante un elevado poder absorbente (26).

Cuando la bentonita se adiciona al jugo, la fase dispersa coagula, y se forma la floculación.

La floculación de la bentonita es rápida así como la obtención del jugo claro.

### VIII. FASE EXPERIMENTAL

Para llevar a cabo la realización de esta fase, se determinaron que parámetros son los más adecuados para la selección del fruto de acuerdo a su calidad, para la obtención de jugo.

El término calidad, con respecto a las frutas diferirá con los productos de que se trate y en cada uno de ellos con la posición que ocupe en la cadena de distribución. Por ejemplo:

- i) Para el productor, una pera de buena calidad es aquella que le asegure mayores ingresos económicos en el mercado, en un determinado momento de la temporada.
- ii) Para el exportador, es una pera verde y dura, capaz de ser transportada desde el huerto hasta el mercado sin sufrir daño.
- iii) Para un conservero, una pera de alta calidad es una pera madura pero firme.
- iv) Para el consumidor de fruta fresca, una pera de gran calidad es una pera blanda y madura, que se deshace en la boca y es jugosa.

La calidad esta en función del uso a que el producto vaya a ser destinado. Las normas de atributos deben referirse, entonces a la venta en fresco, la almacenamiento, al transporte o a la industrialización (27).

**Calidad.** Es el grado en que un producto satisface los requerimientos propios del uso al que se le destine (27).

Los parámetros o factores que se tomaron para la selección de la pera, fueron pruebas subjetivas no destructivas. La evaluación se realizó visualmente.

**Aspecto.** Es el atributo de calidad que mayor influencia tiene en la determinación del valor comercial de un producto. Se considera la forma, el tamaño, el color, la textura y la presencia de defectos en la fruta (27, 28).

**Forma.** Característica de la fruta (performe), de acuerdo a su variedad.

**Color.** La fruta presenta en su maduración un cambio de color en la piel identificable fácilmente.

En el momento de su cosecha presenta un color verde el cual se atenua, conforme madura, hasta un verde claro brillante que al darse la maduración completa, cambia a un amarillo brillante característico, posteriormente en la senescencia adquiere apariencia oxidada (11).

**Textura.** La sensación o consistencia que presenta el fruto, se percibe mediante los dedos, el paladar y los dientes. La sensación del fruto que despierta en la boca, al morderlo (27, 28, 29).

**Defectos.** Se observa que no los presente en la piel, como escuriaciones, cortes, presencia de plagas, etc.

**Madurez.** Se adquirió la fruta en estado de madurez fisiológico, que es cuando se ha logrado el crecimiento y la maduración máximos.

Considerando estos parámetros subjetivos, se seleccionó la pera.

La fruta se adquirió en cajas de cartón que cuentan con las siguientes dimensiones exteriores: 44 x 32 x 30 cm. de largo por ancho por alto, con capacidad promedio de 18 kg. neto.

### **8.1 DESARROLLO EXPERIMENTAL**

La fase experimental se realizó con el propósito de conocer las características del jugo y las concentraciones de los agentes clarificantes a usar para el clarificado del jugo de pera.

a) **Materia prima**

Pera Bartlett (Williams) y Pera D'anjou.

b) **Selección**

La pera se seleccionó de acuerdo a los parámetros señalados anteriormente.

c) **Extracción de Jugo**

Se extrajo el jugo de las peras con un extractor MOULINEX, Centri III; para determinar el rendimiento de jugo que se obtiene en la extracción, se pesó un kilogramo de pera.

En el caso de la pera Bartlett (Williams), se obtuvieron 800 cm<sup>3</sup> de jugo.

Para la pera D'anjou, se obtuvieron 810 cm<sup>3</sup> de jugo.

Para conocer el rendimiento de cada variedad se utiliza la ecuación 1.

Ecuación N° 1.

$$\text{RENDIMIENTO (\%)} = \frac{\text{LITROS DE JUGO X DENSIDAD}}{\text{PESO TOTAL}}$$

## 8.2 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Conociendo las propiedades fisicoquímicas se tiene un mejor control en la determinación de los agentes clarificantes.

### Sólidos Solubles (°Bx) (7. 8. 29).

Se usa para determinar la concentración de sacarosa en el producto.

Se determina en forma directa, en un refractómetro Abbe.

### % Acidez (Acidez Titulable) (7. 8. 29).

La acidez titulable es el porcentaje de peso de los ácidos contenidos en el producto.

Se determina por medio de análisis conocido como titulación. Con NaOH 0.1 N y fenolftaleína como indicador.

Se reporta como % de ácido málico (1 ml NaOH = 0.067 grs de ácido málico).

#### Potencial de Hidrógeno (pH) (7, 18, 19)

El pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno, e indica el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia.

Se determinó con un Potenciometro Coming mod., la lectura se realizó directamente.

#### Densidad (7, 29)

La densidad del jugo es el peso de la muestra por unidad de volumen.

Se determinó por el método de la probeta.

### **8.3 PASTEURIZACION**

El jugo se pasteurizó a  $88 \pm 2^\circ\text{C}$  / 30 segundos, posteriormente se disminuyó la temperatura a  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ , tratando de mantenerla en este intervalo en baño termostático, para poder determinar la concentración de los agentes clarificantes.

Para realizar las pruebas y determinar las dosis de agentes clarificantes se usaron 4000-4500  $\text{cm}^3$  de jugo, (1000  $\text{cm}^3$  para cada agente clarificante).

#### 8.4 DETERMINACION DE LOS AGENTES CLARIFICANTES

En la determinación de las dosis de los agentes clarificantes es importante que éstas se realicen con precisión ya que si se tienen errores puede no clarificar el jugo o hay un mayor gasto de estos. Ver la secuencia para la determinación en el anexo A, pag. 84.

#### 8.5 RESULTADOS

Los datos obtenidos en la experimentación se muestran en el cuadro 5.

CUADRO N° 5. RESULTADOS DE DOSIS DE AGENTES CLARIFICANTES

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (NECTAR)	PERA	
	Bartlett (Williams)	D'anjou
Sólidos solubles (°Bx)	14.2	14.6
% Acidez	0.201	0.207
pH	3.9	3.8
Densidad (g / cm <sup>3</sup> )	1.02	1.02
Rendimiento (%)	81	82
<b>AGENTES CLARIFICANTES</b>		
Amilasa al 1% (cm <sup>3</sup> )	0.5	0.5
Pectinasa al 1% (cm <sup>3</sup> )	2.5	7.5
Gelatina al 1% (cm <sup>3</sup> )	22.0	11.8
Bentonite al 5% (cm <sup>3</sup> )	38.0	18.5
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (JUGO CLARO)</b>		
Sólidos solubles (°Bx)	8.2	8.2
% Acidez	0.194	0.201
pH	3.9	3.8
Densidad (g / cm <sup>3</sup> )	1.0	1.0

De los datos fisicoquímicos obtenidos se observa que el pH se encuentra dentro del intervalo apropiado para la actividad enzimática de 2.8 a 4.2. Con un margen menor de pH, se usaría más cantidad de enzima.

Además el pH y el porcentaje de acidez nos da una idea del grado de madurez de la fruta, esto es:

pH bajo	fruta inmadura
pH alto	fruta muy madura

Se recomienda entonces no procesar pera cuyo pH sea menor a 3.2.

Para la acidez se tiene:

% Acidez bajo	fruta muy madura
% Acidez alto	fruta inmadura

La pera cuya acidez sea mayor a 0.90%, provoca una disminución de la actividad enzimática.

% Acidez bajo y pH alto	fruta muy madura
% Acidez alto y pH bajo	fruta inmadura

Con base en estos datos se recomienda usar pera de poca madurez comercial para proceso de néctar, reduciéndose así la dosis de enzima.

Con el resultado de rendimiento se lleva un mejor control en cuanto a la cantidad de fruta que se va a utilizar y al jugo que se obtiene para realizar la experimentación y no tener demasiada merma.

De la concentración obtenida para amilasa se refleja cualitativamente, que en esta fruta es muy poca la cantidad de almidón que se encuentra presente.

La concentración de pectinasa es distinta según la variedad de pera empleada.

Para la pera D'anjou la dosis de enzima pectinasa es alta pues hay mayor cantidad de pectina, comparada con la variedad Bartlett.

La dosis de gelatina es alto, esto es debido a que la fruta contiene gran cantidad de polifenoles.

La gelatina tiene afinidad por los polifenoles. Por consiguiente para lograr la clarificación adecuada y el conglomerado deseado, la dosis de bentonita también es alto (la bentonita tiene afinidad por las proteínas).

Con estas dosis de agentes clarificantes, se pueden determinar las dosis requeridas a nivel industrial, para un volumen determinado de jugo, de estas variedades de fruta.

Se sugiere que una vez determinada la dosis de las enzimas (amilasa y pectinasa) se aumente esta cantidad en un 10% para así asegurar la completa eliminación de los compuestos enturbiaadores del jugo.

En el cálculo para un volumen determinado, se utilizan las siguientes ecuaciones.

Para las enzimas Amilasa y Pectinasa.

Ecuación N° 2.

$$\text{cm}^3 \text{ Enzima Comercial} = \frac{\text{cm}^3 \text{ dosis enzima}}{\text{cm}^3 \text{ de jugo}} \times \text{Conc. Enzimas \%} \times \frac{t_1}{t_2} \times \text{m}^3 \text{ de jugo a tratar} \times \frac{1 \times 10^6 \text{ cm}^3 \text{ jugo}}{1 \text{ m}^3 \text{ jugo}} \times 1.1$$

Donde :

$t_1$  = Tiempo en que reaccionan las enzimas

$t_2$  = Tiempo estimado a nivel industrial, para desamilar y despectinizar un volumen determinado de jugo. Este tiempo, así como el volumen son variables.

1.1 = Es el exceso del 10%.

#### Para Gelatina

Ecuación N° 3.

$$\text{kg Gelatina} = \frac{\text{cm}^3 \text{ dosis gelatina}}{\text{cm}^3 \text{ de jugo}} \times \text{Conc. Gelatina \%} \times \text{m}^3 \text{ de jugo a clarificar} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \times \frac{1 \times 10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}$$

#### Para la Bentonita

Ecuación N° 4.

$$\text{kg Bentonita} = \frac{\text{cm}^3 \text{ dosis bentonita}}{\text{cm}^3 \text{ de jugo}} \times \text{Conc. Bentonita \%} \times \text{m}^3 \text{ de jugo a clarificar} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \times \frac{1 \times 10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}$$

Para calcular la cantidad de amilasa al 1%, pectinasa al 1%, gelatina al 1% y bentonita al 5%, con que se realizó la experimentación (de los 4000 - 4500 cm<sup>3</sup> jugo) se utilizan las siguientes ecuaciones:

## Ecuación N° 5.

$$\text{cm}^3 \text{ Enzima } 1\% = \frac{\text{cm}^3 \text{ dosis enzima}}{\text{cm}^3 \text{ de jugo}} \times \text{cm}^3 \text{ de jugo a tratar} \times 1.1$$

## Ecuación N° 6.

$$\text{cm}^3 \text{ Gelatina al } 1\% = \frac{\text{cm}^3 \text{ dosis gelatina } 1\%}{100 \text{ cm}^3 \text{ de jugo}} \times \text{cm}^3 \text{ de jugo a tratar}$$

## Ecuación N° 7.

$$\text{cm}^3 \text{ Bentonita al } 5\% = \frac{\text{cm}^3 \text{ dosis bentonita } 5\%}{100 \text{ cm}^3 \text{ de jugo}} \times \text{cm}^3 \text{ de jugo a tratar}$$

Si se quieren clarificar a nivel industrial por ejemplo, 19 m<sup>3</sup> (19 000 litros), cantidad que se obtiene en la producción de jugo en un turno de una empresa comercial, con las dosis obtenidas de los agentes clarificantes, se usan las ecuaciones 2, 3, y 4. La cantidad de agentes clarificantes se muestra en el cuadro 6.

CUADRO N° 6. AGENTES CLARIFICANTES PARA 19 M<sup>3</sup>

	AMILASA (CM <sup>3</sup> )	PECTINASA (CM <sup>3</sup> )	GELATINA (KG)	BENTONITA (KG.)
PERA BARTLETT (WILLIAMS)	261.25	1375.0	45.96	397.10
PERA D'ANJOU	261.25	4075.5	24.66	193.32

La viabilidad en el uso de los agentes clarificantes para el tratamiento con base en el ejemplo anterior, para un volumen de 19 m<sup>3</sup>, se observa en que las dosis requeridas no son altas.

Para determinar que tan viable es el uso de enzimas en la clarificación de jugo, se verifican los costos de los agentes clarificantes, teniéndose los siguientes:

Amylase = \$14.20 litro (Dólares) = \$85.20 litro (Pesos)

Pectinex = \$55.50 litro (Dólares) = \$333.00 litro (Pesos)

Gelatina = \$23.00 kg. (Pesos)

Bentonita = \$1.40 kg. (Pesos)

(Tipo de cambio del dólar, 1 dólar = \$6.00 pesos, en el tiempo en que se realizó este estudio)

De las variedades de pera empleadas, para los 19 m<sup>3</sup>, se tienen los siguientes costos:

**PERA BARTLETT (WILLIAMS)**

\$ 22.26 PESOS  
\$ 457.00 PESOS  
\$ 1057.00 PESOS  
\$ 555.94 PESOS

**TOTAL = \$ 2092.74 PESOS**

**PERA D'ANJOU**

Amylase \$ 22.26 PESOS  
Pectinex \$ 1357.14 PESOS  
Gelatina \$ 567.18 PESOS  
Bentonita \$ 270.64 PESOS

**TOTAL = \$ 2217.64 PESOS**

El costo para realizar la clarificación con medios enzimáticos no es alto, ya que además se tienen las ventajas de obtener un jugo claro y estable; si las operaciones se realizan correctamente no habrá enturbiamiento a futuro, y se obtendrán rendimientos del 75% al 80% de jugo claro y muy poca cantidad de lodos. Por lo anterior, se considera que es viable el uso de AGENTES CLARIFICANTES para clarificar jugo.

## IX. TRATAMIENTO TERMICO

### 9.1 SOLUBILIZACION DE ALMIDONES Y PECTINAS

El tratamiento térmico se realiza con la finalidad de lograr la solubilización del almidón y pectinas, ya que así las enzimas al actuar van a degradar completamente dichos componentes, eliminándose así, la turbidez que presenta el jugo.

Esta experimentación cualitativa muestra el efecto que tiene la temperatura en el almidón y la pectina. Se realizan las pruebas de yodo y alcohol. Ver la secuencia para la determinación en el anexo B, pag. 100.

### 9.2 RESULTADOS

Los resultados obtenidos se reportan en el cuadro 7, estos son solo los cambios cualitativos que presenta la muestra, positivo o negativo.

CUADRO N° 7. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO TERMICO

T (°C) t (min)	T. A.		40		50		60		70		80		90	
	P.Y.	P.A.	P.Y.	P.A.	P.Y.	P.A.	P.Y.	P.A.	P.Y.	P.A.	P.Y.	P.A.	P.Y.	P.A.
0.5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
1.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
1.5	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

T.A. = Temperatura Ambiente  
 P.Y. = Prueba de Yodo  
 P.A. = Prueba de Alcohol

Con esta experimentación, se observa que una vez obtenido el jugo (recién prensado) si se deja reposar durante un tiempo suficiente (en este caso 1,000 cm<sup>3</sup> de jugo se dejan 45-60 min.), la viscosidad disminuye y se clarifica solo. Las enzimas propias de la fruta descomponen principalmente la pectina, que se encuentra en el sistema coloidal con almidón (que tiene en poca cantidad). Si se calienta o sufre un proceso térmico el jugo permanece viscoso y turbio, ya que con el calentamiento se destruyen dichas enzimas, cambia la consistencia y hay pequeñas aglomeraciones.

Con el calentamiento y al aumentar el tiempo de tratamiento el jugo sufre una solubilización en sus componentes almidón y pectina, y las enzimas actúan más fácilmente al adicionarlas al jugo.

Al realizar las pruebas de yodo y alcohol con temperaturas menores de 70°C y con un tiempo de un minuto aún hay almidón y pectina sin solubilizar y al adicionar las enzimas (en su concentración adecuada) estas no actúan en su totalidad ya que solo lo hacen en su sitio activo y dejan residuos de los componentes del jugo a degradar, estos al no degradarse el jugo presente con pequeños aglomerados homogéneamente, dando así pruebas positivas.

En las pruebas de yodo el color que se observa es café-ligeramente amarillo.

En la prueba de alcohol, se presenta una ligera floculación (pequeñas burbujas en la solución).

Al aumentar la temperatura a más de 70°C, hay una solubilización total del almidón y pectina, por lo que al adicionar las enzimas estas actúan en su totalidad, degradando completamente los componentes del jugo, las pruebas de yodo y alcohol son negativas.

En la prueba de yodo la muestra da un color amarillo.

En la prueba de alcohol la muestra no presenta floculación.

Con esto se determina la importancia que tiene la pasteurización o tratamiento térmico en este proceso.

Además sirve para disminuir la carga microbiana que pueda traer el jugo.

La concentración de las enzimas que se usaron para esta prueba fueron calculados con la ecuación 5.

Se realizó con jugo de la variedad Bartlett.

La temperatura óptima para lograr la solubilización del almidón y pectina es de 88°C / 30 seg.

## X. SEDIMENTACION

Esta operación se realizó para determinar el tiempo en que tarda para la obtención del jugo claro.

Se realizó de acuerdo a las siguientes condiciones:

En una probeta graduada de  $1,000 \text{ cm}^3$ , se midió la sedimentación que se está llevando a cabo.

Las dimensiones de la probeta fueron:

Altura  $1,000 \text{ cm}^3 = 34.5 \text{ cm}$ .

Diámetro =  $6.0 \text{ cm}$ .

La cantidad de jugo a clarificar fué de  $720 \text{ cm}^3$  de la variedad D'anjou.

La dosis de agentes clarificantes fueron calculadas con las ecuaciones 5, 6 y 7.

Total de jugo y agentes clarificantes =  $996.1 \text{ cm}^3$

El jugo a tratar se pasteuriza y se enfría a  $50 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , en baño termostático, cuando se alcanzó esta temperatura se agregaron las enzimas amilasa y pectinasa, se agitó y se dejó reposar por 30 minutos. Pasado el tiempo de reacción se realizaron las pruebas de yodo y alcohol, siendo estas negativas.

Después se agregó la gelatina, se dejó reposar por 30 minutos para su reacción, terminado el tiempo se realizaron las pruebas de insuficiencia y exceso de gelatina, que resultaron negativas.

Finalmente se adicionó la bentonita, se agitó para mezclar todos los componentes. Se dejó reposar y se empezó el tomar tiempo, además se fué midiendo en la probeta la sedimentación que se estaba llevando a cabo.

#### 10.1 RESULTADOS

El tiempo en que tardó en sedimentar y obtenerse el jugo fué de 100 minutos. En este tiempo se realizaron las pruebas correspondientes, siendo estas negativas.

Se dejaron transcurrir otros 15 minutos para observar en la probeta si había más sedimentación, la cual ésta ya no se presentó.

El jugo claro se obtuvo por diferencia. Aquí, en la probeta se observó la cantidad de jugo claro y los lodos, pero para un volumen mayor (nivel industrial) donde la sedimentación se realiza en un tanque, la cantidad de jugo y lodos se calcula usando la ecuación 8.

Ecuación N° 8

$$\text{litros de jugo claro} = \text{litros de jugo total} - \text{litros de lodos}$$

Para observar como se llevó a cabo la sedimentación se muestran las gráficas de los datos obtenidos, en las figuras 3 y 4.

**FIGURA N° 3. VOLUMEN DE SEDIMENTACION EN FUNCION DEL TIEMPO**

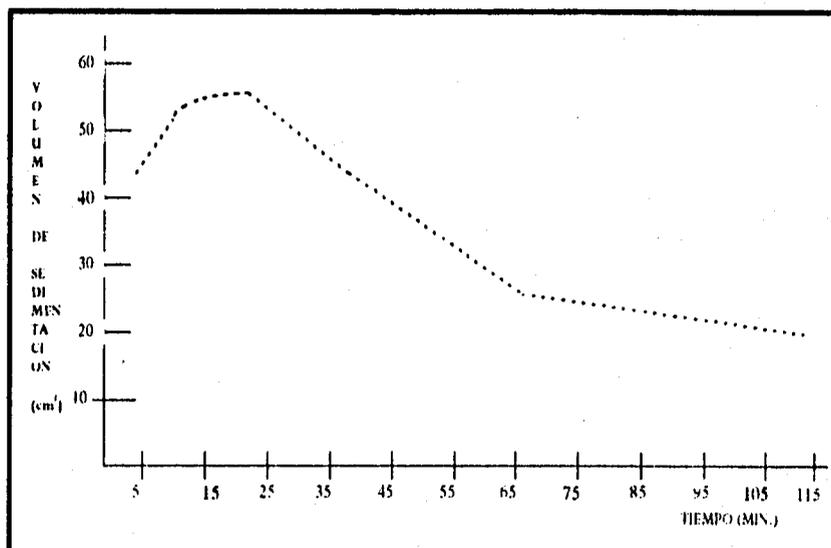
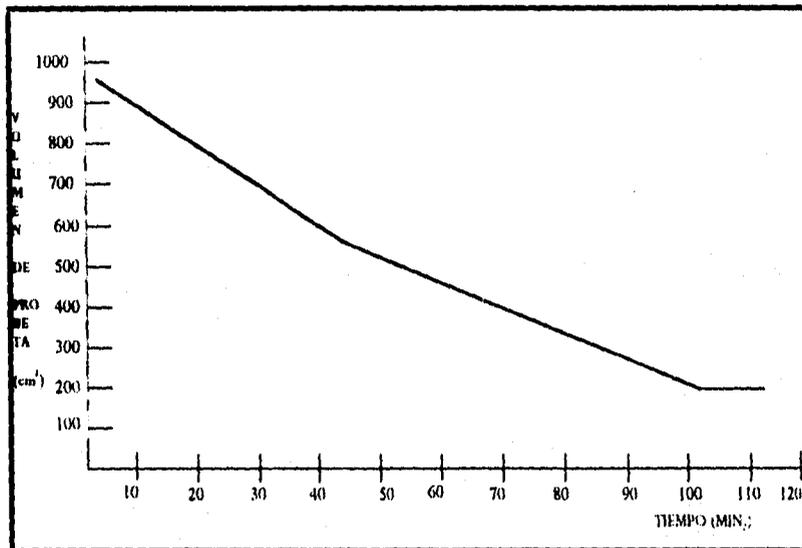


FIGURA N° 4. VOLUMEN DE PROBETA EN FUNCION DEL TIEMPO



En la figura 3 se observa el volumen de sedimentación por cada 5 minutos. Entre los 15 y 25 minutos es mayor, debido a que en ese momento es cuando se lleva a cabo la unión de la gelatina con la bentonita formándose la unión deseada.

Posteriormente la sedimentación se lleva a cabo en forma variable, esto es, el conglomerado formado va sedimentando poco a poco, hasta que ésta termina y se estabiliza la suspensión obteniéndose así las dos fases, una superior (jugo claro) y la otra inferior con gran contenido de sólidos acumulados.

En la figura 4, se muestra el descenso del conglomerado de la unión gelatina-bentonita que se esta realizando en la probeta, hasta que se estabiliza. Obteniéndose 228 cm<sup>3</sup> de lodos y 768.1 cm<sup>3</sup> de jugo claro.

El tiempo de sedimentación para la obtención de jugo claro es variable, va de 1 a 4 horas.

Entre los factores que lo modifican se encuentran (39, 41):

La cantidad (volumen) de jugo a clarificar.

La variedad y tipo de fruta.

La adición de los agentes clarificantes, agregar la cantidad correcta.

La temperatura en que se esta llevando a cabo la reacción de los componentes.

Concentración de los agentes clarificantes.

## **XI. FILTRACION**

La filtración consiste en separar los sólidos presentes en el jugo tratado enzimáticamente.

Para la filtración del jugo fue necesaria la utilización de un ayuda filtro tanto para la formación de una precapa (torta) sobre el medio filtrante, como para mezclarlo con el jugo a filtrar (dosificación); esto es con el fin de mejorar la claridad (brillantez) y la velocidad de filtración (30).

Los filtros usados fueron el Embudo Buchner y la Celda de Filtración a Presión. Para estos equipos el medio filtrante manejado fue un papel whatman N° 5 y tela (lona de algodón) respectivamente.

El ayuda filtro con que se trabajó fue la tierra de diatomeas (diatomita) Hyflo Super-Cel, recomendado para la clarificación de jugos (30).

### **11.1 FILTRACION EN EMBUDO BUCHNER**

La filtración al vacío se realizó a presión constante, en embudo buchner de 0.005 m<sup>2</sup> de área, se encontro que no fue necesario la utilización de una precapa, ya que con la adición de ayuda filtro en la dosificación se alcanzó una clarificación adecuada, y se obtuvo, jugo sin sólidos, sin embargo, se sabe que la precapa tiene como función el dar brillo al jugo.

La tierra de diatomeas que se utilizó para formar el espesor de la precapa de ¼ in. es constante (31). Se recomienda trabajar a precapas mínimas para lograr tener una mayor

velocidad ya que irá disminuyendo a medida que la filtración se este realizando, esto es debido a que el espesor de la torta irá aumentando por los sólidos contenidos en el jugo en dosificación, y con ello la resistencia a la filtración irá también en aumento.

Las dosificaciones con que se trabajaron para 300 cm<sup>3</sup> de jugo fué de 1.5%, 3.0%, 6.0% y 12.0% en peso.

La experimentación se realizó por duplicado.

El tiempo y la velocidad promedio de filtración de las diferentes dosificaciones se muestran en el cuadro 8.

**CUADRO N° 8. TIEMPO Y VELOCIDAD DE FILTRACION EN FUNCION DE LA DOSIFICACION.**

DOSIFICACION (% EN PESO)	ESPEJOR PRECAPA CTE. (IN)	TIEMPO ( $\bar{x}$ ) (SEG) (300 CM <sup>3</sup> JUGO)	$v_{7200}$ ( $\bar{x}$ ) (CM <sup>3</sup> / SEG)
1.5	¼	252	1.190
3.0	¼	435	0.685
6.0	¼	796	0.425
12.0	¼	934	0.315

En este cuadro se observa que la velocidad va disminuyendo y el tiempo va en aumento, esto es debido a que los sólidos en la dosificación del jugo se van acumulando en la precapa formada aumentando el espesor de la torta dando una mayor resistencia, por lo tanto, se recomienda utilizar proporciones de ayuda filtro bajo.

Al jugo filtrado se le determinó la brillantez y claridad en forma cualitativa, observando inicialmente que no presente partículas en suspensión, esto es, a través de un haz de luz, se observó el brillo que presentó el jugo.

## 11.2 DETERMINACION DE COLOR EN EL JUGO CLARO

Con esta determinación se pretende conocer cuantitativamente el color del jugo y ver si presenta sólidos.

El color del jugo es amarillo claro, este observado a través de una haz de luz. El dato observado visualmente es cualitativo. Para determinar más objetivamente el color se hace una determinación cuantitativa. Se utilizó el Colorímetro "MINOLTA" (modelo 1993).

El color es una mezcla de tres atributos que son color, claridad y saturación (32).

**Color.** Es el término usado para la clasificación de color en rojo, amarillo, verde, etc.

**Claridad.** El color puede estar separado en claro y oscuro cuando se compara su claridad (brillantez).

La claridad puede medirse independientemente del color

**Saturación.** Indica los cambios aparentes del color (32).

El color puede referirse a escalas de color, claridad y saturación.

El color como una respuesta visual, no se mide por lo general directamente. La medición de color, frecuentemente se refiere a las características de estímulos de color, la forma de relacionar estas características, responde a un estándar observado. La técnica de tal especificación comprende la colorimetría (33).

Colorimetría se define como la técnica de la medición del estímulo del color (33).

El colorímetro "MINOLTA" proporciona datos en el sistema Hunter Color Difference Meter.

Este sistema está fundamentado en la medición de color en un colorímetro tristímulos (tercera dimensión). Las dimensiones L, a y b son una transformación matemática del sistema CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) de coordenadas (x, y, z) y depende del estándar de iluminación y del estándar observado (34).

La cromaticidad se define en un plano de dimensiones a, b y L. Donde:

a positivo indica dirección roja (0°).

a negativo indica dirección verde (180°).

b positivo indica dirección amarilla (90°).

b negativo indica dirección azul (270°).

L indica la claridad del color.

(0 = negro y 100 = blanco)

L indica el porcentaje de reflexión.

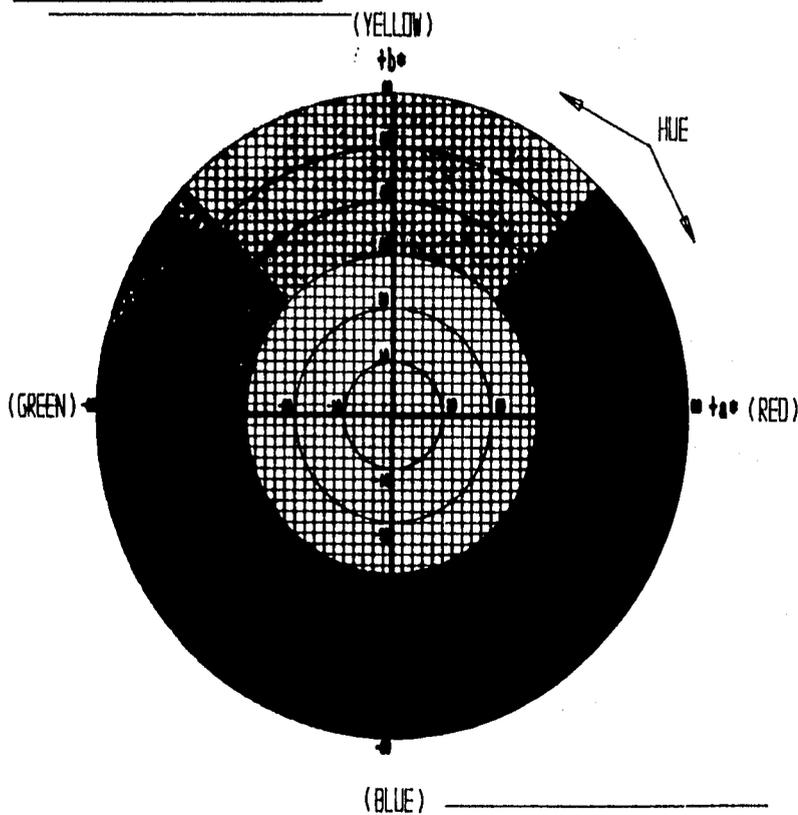
a y b indican las coordenadas, de dirección que presenta en el sistema Hunter (32).

En la figuras 5, se muestra el diagrama cromático de a y b (solo hasta 60°).

La **cromaticidad específica** del color, se mide en un espectrofotómetro conforme a la luz reflejada o transmitida de una muestra en intervalos de 10 a 30 nm. y de 400 nm a 700 nm. Estos valores pasan por los tres colores primarios (rojo, verde y azul), los resultados delinean el porcentaje de esos colores.

La **longitud de onda absorbida** del jugo claro, amarillo - verde y está entre 560 y 580 nm (7).

**FIGURA N° 8. DIAGRAMA CROMATICO.**



FUENTE : MINOLTA (1993). PRECISE COLOR COMMUNICATION.

### 11.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos con Colorímetro, para la filtración del embudo buchner, se muestran en el cuadro 9.

**CUADRO N° 9. RESULTADOS DE COLOR**

DOSIFICACION % EN PESO	L ( $\bar{X}$ )	a ( $\bar{X}$ )	b ( $\bar{X}$ )
1.5	100.54	-1.16	7.24
3.0	101.14	-0.78	7.62
8.0	101.27	-0.82	7.75
12.0	101.30	-0.84	6.71

De los datos obtenidos se observa que siendo L el porcentaje de reflexión, se tiene que el color es claro y brillante, ya que este es mayor o igual a 100.

Para los valores de a todos son negativos y para b todos son positivos, si se trazaran en la figura 5 se observaría la dirección que presenta es decir, hacia el amarillo-verde, que es el color que se observa visualmente.

Con estos datos se determinó que para estas dosificaciones y el espesor con que se trabajó se obtiene un color aceptable, claro y brillante. Si se aumenta la dosificación el color que se obtenga va a ser más claro.

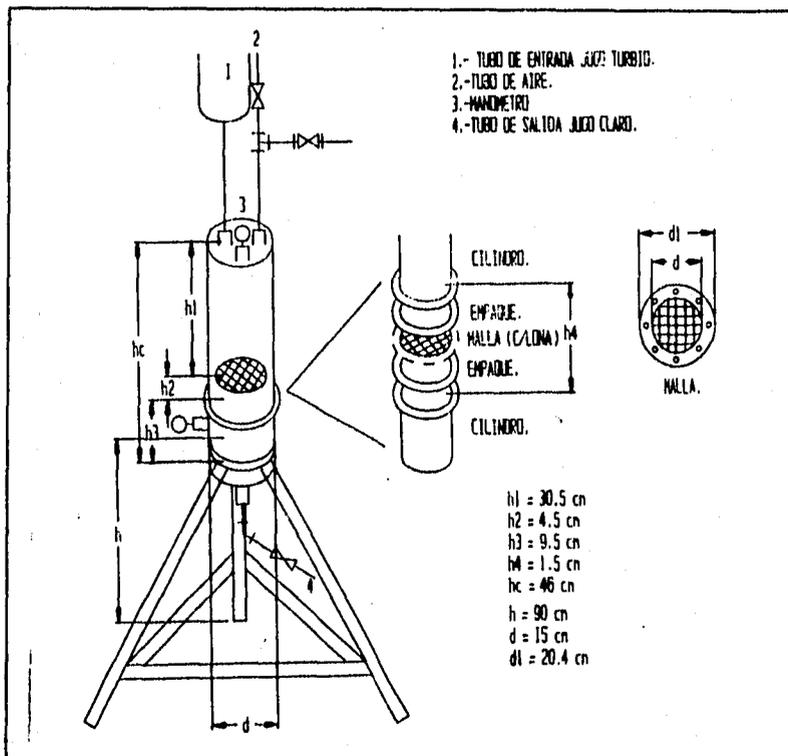
Si también se aumentara el espesor de la precapa, el color también va a ser más claro, porque en la filtración hay pérdida de este.

#### 11.4 FILTRACION EN CELDA DE FILTRACION

La Celda de Filtración con que se trabajó presenta un área  $0.017 \text{ m}^2$ .

El esquema de la Celda se muestra en la figura 6.

FIGURA N° 6. CELDA DE FILTRACION.



La dosificación con que se trabajó en este filtro fué de 3.0% en peso y una precapa de  $\frac{1}{4}$  in, variando la presión de trabajo a dos niveles de 0.5 y 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.

Con estas condiciones se realizó la experimentación por duplicado.

La dosificación se preparó con 4,000 cm<sup>3</sup> de jugo tratado enzimáticamente.

### 11.5 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la filtración se muestran en el cuadro 10

**CUADRO N° 10. RESULTADOS EN CELDA DE FILTRACION**

DOSIFICACION (% EN PESO)	ESPEJOR PRECAPA (in)	PRESION (KG/CM <sup>2</sup> )	TIEMPO ( $\bar{x}$ ) (SEG) (4000 CM <sup>3</sup> JUGO)	$\bar{V}_{fuso}$ ( $\bar{x}$ ) (CM <sup>3</sup> / SEG)
3.0	$\frac{1}{4}$	0.5	28.0	142.85
3.0	$\frac{1}{4}$	1.0	22.0	181.81

Los resultados mostraron que se obtiene una mejor clarificación a presión de 0.5 kg / cm<sup>2</sup> dando un jugo claro y brillante

Para la presión de 1.0 kg / cm<sup>2</sup> el jugo que se obtiene es turbio, debido a que en la torta formada hay fraccionamiento y el jugo pasa con sólidos.

Cabe hacer notar que con cualquier variación en la dosificación, espesor de precapa y presión (mayor a 0.5 kg / cm<sup>2</sup>) se producen cambios en el jugo filtrado.

Al jugo claro y brillante que se obtuvo en la filtración, al tratado enzimáticamente y al néctar, se les determinó el color con el Colorímetro "MINOLTA".

Los resultados se reportan en el cuadro 11

**CUADRO N° 11 RESULTADOS DE COLOR.**

JUGO	L	a	b
Néctar	15.58	6.98	10.54
Sin filtrar	95.76	-0.13	8.32
Filtrado	98.50	-0.38	7.10

El néctar, producto que no ha sufrido ningún tratamiento enzimático es un jugo turbio

Para el jugo tratado enzimáticamente, sin filtrar, sus valores L (brillantez), son cercanos a 100, indicando que el color es aún opaco y ligeramente turbio.

En el jugo filtrado el valor de L está muy cercano de 100, mostrando con ello brillantez y claridad.

Para valores de a y b, que representa el color (cromaticidad) hacia el amarillo-verde trazado en la figura 5, se observa que lleva esta dirección, esta figura solo se representa hasta 60°.

Con esto se observa que un jugo claro y brillante va a tener valores de L desde 98 hasta mayores de 100. Cuando el jugo empieza a opacarse y perder brillo, el valor disminuye.

La determinación de color muestra cuantitativamente la claridad (brillantez) que presenta el jugo. Se observa el intervalo de valores en que hay que obtener el jugo clarificado, ya que visualmente (visto a través de una haz de luz) solo se vería claro y brillante, pero no se diferenciarían los grados de color, principalmente claridad- brillantez, que pueda presentar el jugo.

## **XII. ESTABILIDAD DE JUGO CLARIFICADO**

Los tratamientos de estabilidad del jugo, se entienden como las manipulaciones que se aplican al producto para dar una seguridad respecto a la ausencia de enturbiamientos y precipitaciones a futuro (35, 36).

Las pruebas se realizan con el objeto de definir si el jugo que ha sido clarificado y filtrado no corre el riesgo de enturbiarse posteriormente. Ver la secuencia para la determinación en el anexo C, pag. 103.

### **12.1 RESULTADOS**

Los resultados obtenidos en las pruebas fueron:

Prueba de Yodo = Negativo  
Prueba de Alcohol = Negativo  
Prueba de Gelatina insuficiencia = Negativo  
Exceso = Negativo

Con estos resultados cualitativos, se determinó que el jugo que se obtuvo a futuro no presentará turbidez.

Se presentará turbidez si el envasado no se realizó adecuadamente o si la pasteurización no fue correcta.

## 12.2 PROBLEMAS DE TURBIDEZ EN EL JUGO (35)

Los problemas que pueden presentarse en el producto y las posibles soluciones a estos son los siguientes:

### 1. Residuos de Almidón

Se disuelven al calentar el jugo.

Prueba de detección: La prueba de yodo es positiva.

Métodos de corrección: Aumentar el tratamiento térmico.

Aumentar la dosis de enzima amilasa.

Forma de evitarlo: Controlar la temperatura.

Determinar correctamente la dosis de enzima amilasa.

### 2. Residuos de Pectinas

Se disuelven al calentar el jugo.

Prueba de detección: Prueba de alcohol positiva.

Método de corrección: Aumentar la dosis de enzima pectinasa.

**Forma de evitarlo:** Determinar correctamente la dosis de enzima pectinasa.

**3. In suficiencia de gelatina**

**El jugo no clarifica.**

**Prueba de detección:** Prueba de gelatina positiva.

**Método de corrección:** Adicionar la gelatina que hace falta.

**Forma de evitarlo:** Determinación correcta de dosis de gelatina.

**4. Exceso de gelatina**

**Se disuelve al calentar el jugo.**

**Prueba de detección:** Prueba de sílica - sol positiva.

**Método de corrección:** Aumentar la dosis de bentonita.

**Forma de evitarlo:** Determinar correctamente la dosis de gelatina y bentonita.

**5. Problemas ocasionados por microorganismos**

**Olor a fermentado y el jugo claro se presenta turbio (ópaco).**

**Presencia de natas en la superficie.**

**Prueba de detección: Análisis microbiológico.**

**Forma de evitarlo: Pasteurizar adecuadamente el jugo.**

### **XIII. ENVASADO DEL JUGO**

El jugo clarificado se envaso en lata y en botella para determinar si presentaba cambios en su estabilidad.

#### **13.1 ENVASADO EN LATA Y EN BOTELLA**

El envasado se realizó en botellas de vidrio y latas de 250 cm<sup>3</sup>.

Se pasteurizaron 200 cm<sup>3</sup> de jugo clarificado, se envasaron cuatro muestras para lata y bote.

Dos muestras de cada uno de los recipientes se dejaron a temperatura ambiente y las otras dos se congelaron por 40 días (en refrigerador).

Posteriormente se realizaron los análisis correspondientes.

Se tomó una muestra para análisis microbiológico, para observar el efecto de la pasteurización y la otra muestra se empleó en las pruebas de estabilidad.

#### **13.2 ANALISIS MICROBIOLÓGICO (37)**

La mayoría de los jugos de frutas son lo suficientemente ácidos y tienen la cantidad de azúcar necesario para favorecer el crecimiento de las levaduras.

El cambio normal que puede esperarse en los jugos de frutas es una fermentación alcohólica a cargo de levaduras, seguida de la oxidación del alcohol formado y de los ácidos de la fruta por levaduras formadoras de película o mohos que crecen en la superficie.

Las levaduras crecen más rápidamente que los mohos, pero con frecuencia junto a ellos. Mientras que los mohos son casi siempre aerobios las levaduras generalmente crecen tanto en presencia como en ausencia de oxígeno, aunque con mayor rapidez y hasta poblaciones más elevadas en presencia de este gas. La fermentación es completamente un proceso anaeróbico.

Las levaduras y hongos en el jugo, se asocian generalmente a prácticas higiénicas deficientes en el proceso y su envasado.

Para conocer el número de microorganismos presentes, es indispensable una cuenta viable para estimar el nivel de contaminación.

Para este fin se sigue la técnica de recuento de levaduras y mohos por siembra en placa (44).

Junto con el recuento de hongos puede realizarse el de las levaduras ya que el medio de cultivo les proporciona también buenas condiciones para su multiplicación. Sin embargo cuando se presenta un desarrollo excesivo de hongos, difícilmente puede efectuarse el recuento de las colonias de levaduras.

Si tal es el caso y existe la necesidad de practicar su recuento, es recomendable preparar doble serie de diluciones e incubar una a 35°C de 24 a 48 horas, lo que permite desarrollar a las levaduras cuando los hongos aún no cubren las placas. Las colonias de levaduras pueden aparecer sobre la superficie del gel. Ver la secuencia para la determinación en el anexo D, pag. 104.

### **13.3 RESULTADOS**

Al incubar las placas, estas se revisaron a las 24 horas para las levaduras y no se observó crecimiento de éstas.

A las 48 horas se revisó para el recuento de hongos y no se observó crecimiento de éstos microorganismos.

Pasado el tiempo necesario para el desarrollo de levaduras y hongos se revisaron las placas y no hay crecimiento de microorganismos. Las placas presentaron el agar gelificado.

Con estas pruebas, se determinó que la pasteurización así como el envasado se realizó correctamente.

#### XIV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo de este trabajo fué el de encontrar las condiciones requeridas para la obtención de jugo de pera clarificada con el uso de agentes clarificantes, enzimas, gelatina y bentonita.

El jugo que se obtiene es brillante, claro y estable.

Se trabajó con dos variedades de pera, la Bartlett y D'anjou.

Las condiciones que se obtuvieron fueron:

Pasteurización: 88°C / 30 seg.

Concentración de agentes clarificantes:

	PERA BARTLETT (CM <sup>3</sup> )	PERA D'ANJOU (CM <sup>3</sup> )
Amilasa 1%	0.5	0.5
Pectinasa 1%	2.5	7.8
Gelatina 1%	22.0	11.8
Bentonita 5%	38.0	18.5

Tiempo de reacción: 30 minutos para cada agente clarificante.

Tiempo de reacción de la bentonita: 1 a 4 horas, dependiendo del volumen a clarificar.

Presión de filtración: 0.5 kg./cm<sup>2</sup>

Espesor de precapa: 1/8 in de tierra de diatomeas.

Dosificación % en peso: 3.0

Este trabajo sirve como base para la determinación de las condiciones de operación en la obtención de Jugos Clarificados de Pera y otras frutas por medios enzimáticos.

Además el jugo que se obtiene es estable, no presentará turbidez a futuro.

La clarificación del jugo es un proceso complejo que requiere de habilidad y precisión para obtener resultados satisfactorios.

A continuación se mencionan las recomendaciones fundamentales para el clarificado de pera en las variedades de Bartlett y D'anjou.

- Se recomienda no procesar fruta inmadura ya que en este estado se requiere un mayor tiempo de clarificado y una mayor dosificación de enzimas.
- El rendimiento del jugo así como el usar menor cantidad de enzimas va a depender de la madurez y variedad de fruta.
- Es recomendable mezclar las fracciones de la fruta picada con cascarilla de arroz, porque así al realizar el prensado se tendría una mayor porosidad en la torta formada, permitiendo mejor la salida de jugo.
- El tratamiento térmico debe realizarse correctamente para lograr la solubilización de los compuestos del jugo y así las enzimas puedan actuar más fácilmente en el lugar específico, además de disminuir la carga microbiana que pueda presentar el jugo.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- La actividad enzimática está influenciada por la temperatura, concentración de las enzimas y el pH del jugo. Las enzimas son activas a temperaturas de 20°C a 55°C, con una temperatura óptima de 50°C, sufren una inactivación a temperaturas mayores.
  
- El pH del jugo para una actividad enzimática se encuentra entre 3.2 - 4.2.  
La acción de las enzimas depende de la dosificación y el tiempo de reacción.
  
- Se recomienda verificar constantemente la temperatura del jugo de los frascos contenidos en el baño termostático, para que esta se encuentre dentro del intervalo propuesto.
  
- La clarificación excesiva o escasa en la dosificación enzimática (mayor o menor dosis de enzima) ocasiona problemas de turbidez.
  
- Es importante realizar las pruebas de yodo, alcohol, insuficiencia y exceso correctamente. Estos métodos cualitativos son prácticos y rápidos además de confiables si se realizan con precisión.
  
- Realizar lo mejor posible las mediciones de dosis de enzimas al 1%, debido a que el factor de escalamiento de un volumen pequeño a un volumen grande es amplio. Además verificar que los cálculos de las enzimas sean correctas. Esto se hace con el fin de evitar que en el volumen industrial de jugo se obtengan resultados positivos en pruebas de yodo y alcohol, según sea el caso.

- Antes de realizar el ensayo con gelatina debe hacerse una prueba para determinar aproximadamente la cantidad de gelatina que se requiere. Si se forma un anillo turbio en la interfase es que falta gelatina y la diferencia está en función del tamaño del anillo turbio formado.
- Si existe exceso de bentonita, el jugo se presenta turbio y no hay formación de conglomerados que tiendan a sedimentar. Para eliminar este exceso se adiciona una cantidad extra de gelatina y así se forma el conglomerado proteína-bentonita y se lleva a cabo la sedimentación. Por tal motivo es muy importante adicionar la cantidad exacta de bentonita.
- El tiempo de sedimentación para la obtención del jugo claro va a estar dada por la dosis de enzimas, temperatura a la que se realiza la clarificación y dosis correcta de agentes clarificantes (gelatina y bentonita), ya que estos dan lugar principalmente a la sedimentación, formándose el complejo proteína-bentonita.
- El color que se obtiene del jugo claro va a depender de la cantidad de gelatina y bentonita que se usa, ambos coloides absorben polifenoles, y además aclaran el color.
- La clarificación debe ensayarse previamente en pequeños volúmenes de jugo, para deducir de estas pruebas las dosis precisas, mínimas a utilizar. Con estas dosis se hace el cálculo para un volumen determinado.

- El jugo claro obtenido es una solución diluida con pequeñas partículas en suspensión, sin brillo. Esta solución diluida no va a formar una torta en la filtración pero requiere clarificación para darle brillantez. El ayuda filtro que se usó (tierra de diatomeas) sirvió como base (precapa) sobre el medio filtrante (lona) para retener los sólidos, esto es, prevenir el paso de las pequeñas partículas que presenta el jugo.
  
- La obtención de jugos clarificados de frutas deben de satisfacer hoy en día tanto las necesidades de comercialización como de calidad. La calidad se logra empleando cada día mejores métodos y tecnologías modernas, adecuadas y correctas.

Las enzimas forman parte de la tecnología moderna de la clarificación de los jugos de frutas y la calidad del producto final.

# **A N E X O**

**METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LAS**

**PRUEBAS REALIZADAS**

**A. DETERMINACION DE DOSIS DE AGENTES CLARIFICANTES****A.1 DOSIS DE AMILASA (38, 39, 40, 41)**

La amilasa hidroliza el almidón, la alfa amilasa hidroliza las uniones alfa-1-4-glucosídicas de forma aparentemente al azar. El ataque al azar de la alfa amilasa contra la solución provoca una rápida disminución de la viscosidad, pérdida de la capacidad de tinción con yodo y aumento del poder reductor debido a la producción de grupos reductores. El tratamiento de la amilasa, con la alfa amilasa produce una mezcla de maltosa y glucosa (31).

**METODO**

- a) Etiquetar los frascos, poniéndoles un número, del 1 al 10 para identificarlos y no tener errores posteriores.
- b) Repartir en cada frasco 100 cm<sup>3</sup> de jugo previamente tratado a  $88 \pm 2^\circ\text{C}$  / 30 segundos y colocarlos en baño termostático, para mantener una temperatura de  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- c) Añadir diferentes dosis de amilasa al 1% a cada uno de los frascos, excepto al testigo, conforme al cuadro 1.

**CUADRO Nº 1. DOSIS DE AMILASA**

<b>FRASCO C/100 CM<sup>3</sup> JUGO</b>	<b>CM<sup>3</sup> SOLUCION AMILASA 1%</b>
1 (TESTIGO)	0.0
2	0.5
3	1.0
4	3.0
5	5.0
6	7.0
7	9.0
8	11.0
9	13.0
10	15.0

Estos valores son solo una guía para obtener la dosis adecuada de amilasa, se pueden ampliar o disminuir los intervalos.

- d) Dejar actuar la enzima durante 30 minutos, cuidando que la temperatura del jugo se mantenga a  $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$  en baño termostático.
- e) Después de 30 minutos hacer la prueba de yodo para almidones a cada frasco.
- f) El valor correcto es la dosis menor donde la prueba de yodo sea negativa.

## **A.2 PRUEBA DE YODO (40, 41)**

Los almidones en estado soluble reaccionan con el yodo dando una coloración desde un tono vino tinto hasta azul a azul negro, dependiendo de la longitud de la cadena de almidón.

Esta propiedad se aprovecha para determinar la desamiliación del jugo.

#### **METODO**

Tanto para el testigo (frasco 1) como para los demás frascos tratados con las diferentes dosis de amilasa al 1% durante 30 minutos a  $50 \pm 2^\circ\text{C}$  se procede de la siguiente manera.

- 1) Pasar a 10 tubos de ensaye 10 cm<sup>3</sup> de jugo tratado con enzima al 1% (con los tubos etiquetados para identificarlos.
- 2) Enfriar las muestras a temperatura ambiente.
- 3) Dejar resbalar 10 gotas de solución de yodo-yoduro de potasio por las paredes del tubo.
- 4) Dejar reposar 10-15 minutos para que se lleve a cabo la reacción y obtener la coloración respectiva, hacer la lectura.
- 5) Evaluar comparando con el testigo y con base en el cuadro 2.

**CUADRO N° 2. PRUEBA DE YODO.**

<b>COLORACION</b>	<b>RESULTADO</b>
AMARILLO	NO HAY ALMIDON (PRUEBA NEGATIVA)
CAFE	EL ALMIDON ESTA PARCIALMENTE DEGRADAO (PRUEBA LIGERAMENTE POSITIVA)
AZUL-NEGRO	EXISTEN ALMIDONES EN LA MUESTRA (PRUEBA POSITIVA)

**A.3 DOSIS DE PECTINASA (39, 40, 41, 42)**

La pectinasa conformada por la pectinmetilesterasa separa el éster metilo, mientras que la poligalacturonasa actúa sobre el ácido péctico resultante. También existe una endopoligalacturonasa, que ataca el interior del ácido péctico y una exopoligalacturonasa que rompe un resto de ácido galacturónico a partir del extremo no reductor de ácido péctico (32).

**METODO**

- a) Etiquetar los frascos, poniéndoles un número, del 1 al 10 para identificarlos y no tener errores posteriores.
- b) Repartir en cada frasco 100 cm<sup>3</sup> de jugo previamente tratado con la concentración exacta de amilasa y colocarlos en baño termostático a 50 ± 2°C.

- c) Añadir diferentes dosis de enzima pectinasa al 1% a cada uno de los frascos, excepto al testigo, conforme al cuadro 3.

**CUADRO N° 3. DOSIS DE PECTINASA.**

FRASCO C/100 CM <sup>3</sup> JUGO	CM <sup>3</sup> SOLUCION PECTINASA 1%
1 (TESTIGO)	0.0
2	0.5
3	1.5
4	2.5
5	4.0
6	6.0
7	7.5
8	9.0
9	10.5
10	12.0

Estos valores son solo una guía para obtener la dosis adecuada de pectinasa, se pueden ampliar o disminuir los intervalos.

- d) Dejar actuar la enzima durante 30 minutos, cuidando que la temperatura del jugo se mantenga a  $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$  en el baño termostático.
- e) Después de 30 minutos hacer la prueba de alcohol para pectinasa, a cada frasco.
- f) El valor correcto es la dosis menor donde la prueba de alcohol sea negativa.

#### **A.4 PRUEBA DE ALCOHOL (40, 41)**

Las pectinas son insolubles en alcohol, y en presencia de este tienden a precipitar, por lo cual se aprovecha esta propiedad para evaluar de manera cualitativa la presencia de pectinas en el jugo.

#### **METODO**

Tanto para el testigo (frasco 1) como para los demás frascos tratados con las diferentes dosis de pectinasa al 1% durante 30 minutos a  $50 \pm 2^\circ\text{C}$  se procede de la siguiente forma:

- 1) Filtrar 10-15 cm<sup>3</sup> de jugo de diferentes frascos con papel whatman N° 4 ó 5 (que quede el filtrado completamente transparente).
- 2) Tomar 3 cm<sup>3</sup> de filtrado de cada muestra y transferirlos a su respectivo tubo de ensaye (etiquetado).
- 3) Enfriar las muestras a temperatura ambiente.
- 4) Añadir a cada uno de los tubos 6 cm<sup>3</sup> de solución de alcohol acidificado al 5% con HCl concentrado, dejando resbalar por las paredes del tubo cuidadosamente (una parte de jugo por dos partes de alcohol).
- 5) Tapar el tubo con el pulgar e invertirlo 2 veces lentamente sin agitar para no destruir el floculado en formación.

- 6) Colocar los tubos en una gradilla para evitar cualquier movimiento fuerte que impida la formación de la floculación y obtener por este movimiento una mala lectura de la prueba.
- 7) Dejar reposar de 10 a 15 minutos para que se lleve a cabo la reacción.
- 8) Evaluar comparando con el testigo y con base en el cuadro 4.

**CUADRO N° 4. PRUEBA DE ALCOHOL**

<b>LECTURA</b>	<b>RESULTADO</b>
FLOCULACION O TURBIDEZ	PRESENCIA DE PECTINAS (PRUEBA POSITIVA)
NO HAY FLOCULACION	NO HAY PECTINAS (PRUEBA NEGATIVA)

En caso de duda dejar reposar otros 10 minutos más y hacer nuevamente la lectura.

#### **A.5 CLARIFICACION (43)**

Una vez que el jugo ha sido tratado enzimáticamente, se observan grandes complejos coloidales colapsados e infinidad de pequeñas partículas en suspensión, estas sustancias tienden a precipitar muy lentamente y algunas no precipitan del todo por lo que para obtener un jugo perfectamente claro y en poco tiempo se requiere del uso de agentes clarificantes tales como la gelatina y bentonita.

La gelatina reacciona con los polifenoles presentes en el jugo formando un complejo polifenol-proteína que precipita fácilmente.

Por otro lado, en el jugo se encuentran partículas coloidales que se mantienen en suspensión debido a que presentan una carga externa negativa y no sedimentan por la repulsión entre ellas, como la gelatina tiene carga externa positiva al añadirse al jugo, elimina esas fuerzas de repulsión y provoca un conglomerado de las partículas.

#### **A.6 DOSIS DE GELATINA (34, 39, 40)**

Para determinar la dosis de gelatina se aprovecha la capacidad que tiene para precipitar los polifenoles presentes en el jugo, formando complejos turbios que pueden ser observados fácilmente.

#### **METODO**

- a) Etiquetar los frascos poniéndole un número del 1 al 10, para identificarlos y no tener errores posteriores.
- b) Repartir en 10 frascos 100 cm<sup>3</sup> de jugo tratado enzimáticamente (desamillado y despectinizado), colocarlos en baño termostático a  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- c) Añadir diferentes dosis de gelatina al 1% a cada uno de los frascos, excepto al testigo, conforme al cuadro 5.

**CUADRO N° 6. DOSIS DE PECTINASA.**

<b>FRASCO C/100 CM<sup>3</sup> JUGO TRATADO ENZIMATICAMENTE</b>	<b>CM<sup>3</sup> SOLUCION GELATINA 1%</b>
1 (TESTIGO)	0.0
2	1.0
3	3.0
4	5.0
5	7.0
6	9.0
7	11.0
8	13.0
9	15.0
10	17.0

Estos valores son solo una guía para obtener la dosis adecuada de gelatina, se pueden ampliar o disminuir los intervalos.

- d) Mezclar bien en cada muestra y dejar reposar durante 30 minutos, cuidando que la temperatura del jugo se mantenga a  $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$  en el baño termostático, hasta que la floculación tenga lugar.

**A.7 PRUEBA DE INSUFICIENCIA Y EXCESO DE GELATINA (39, 40)****INSUFICIENCIA (GELATINA)**

- a) Después de 30 minutos filtrar 20 cm<sup>3</sup> aproximadamente de jugo, de cada frasco con papel filtro whatman N° 4 ó 5.
- b) Tomar con una pipeta 5 cm<sup>3</sup> de filtrado de cada muestra y transferirlos a su respectivo tubo de ensayo.
- c) Dejar resbalar por la pared de los tubos 5 gotas de solución de gelatina al 1%, sin agitar.
- d) Dejar reposar de 10 a 15 minutos para que se lleve a cabo la reacción.

**EXCESO (SILICA - SOL)**

- a) Tomar con una pipeta otros 5 cm<sup>3</sup> del filtrado en otros 10 tubos de ensaye.
- b) Dejar resbalar por la pared de los tubos 5 gotas de solución de silica-sol al 10%, tapar con el pulgar e invertirlo dos veces para mezclar, hacerlo lentamente.
- c) Dejar reposar de 10 a 15 minutos para que se lleve a cabo la reacción.  
Para ambas pruebas, después de dejarlas reposar, observar contra la luz la aparición de un anillo en la interfase en los tubos con la solución de silica-sol.

Hacer la evaluación con base en el cuadro 6.

**CUADRO Nº 6. PRUEBA DE GELATINA**

<b>LECTURA</b>	<b>RESULTADO</b>
<b><u>INSUFICIENCIA (GELATINA)</u></b>	
APARICION DE UN ANILLO TURBIO EN LA INTERFASE QUE TIENDE A DIFUNDIRSE O FLOCULACION	FALTA DE GELATINA
INTERFASE DEFINIDA Y SIN ANILLO TURBIO, SIN FLOCULACION.	DOSIS CORRECTA DE GELATINA
<b><u>EXCESO (SILICA-SOL)</u></b>	
FLOCULACION	EXCESO DE GELATINA
NO HAY FLOCULACION	DOSIS CORRECTA DE GELATINA

El valor será équelle que no presente floculación ni con gelatina ni con silica-sol.

En caso de duda dejar reposar otros 10 minutos para hacer la lectura y en caso de que no coincidan los tubos, tomar la lectura en la serie que indique un pequeño exceso de gelatina.

#### **A.8 DOSIS DE BENTONITA (26, 40, 41)**

La bentonita es un mineral de alta superficie de contacto que absorbe particularmente las proteínas, ésta amasa el exceso de gelatina e inactiva las enzimas, sedimentando por gravedad.

Para determinar las dosis de bentonita se hace uso de la propiedad que tiene de conglomerar la gelatina y se determina de la siguiente forma:

#### **METODO**

- a) Repartir en 10 frascos etiquetados, 100 cm<sup>3</sup> de jugo tratado enzimáticamente (desamillado y despectinizado) y tratado con la dosis correcta de gelatina, manteniéndose en baño termostático a  $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- b) Añadir diferentes dosis de bentonita al 5% a cada uno de los frascos, excepto al testigo, conforme al cuadro 7.

**CUADRO N° 7. DOSIS DE BENTONITA.**

<b>FRASCO C/100 CM<sup>3</sup> JUGO TRATADO ENZIMATICAMENTE Y CON GELATINA</b>	<b>CM<sup>3</sup> SOLUCION BENTONITA 1%</b>
1 (TESTIGO)	0.0
2	1.0
3	3.0
4	6.0
5	9.0
6	12.0
7	15.0
8	18.0
9	21.0
10	24.0

Estos valores son solo una guía para obtener la dosis adecuada de bentonita, se pueden ampliar o disminuir los intervalos.

- c) Mezclar bien en cada muestra y dejar reposar por 60 u 80 minutos, aproximadamente, hasta que la precipitación o sedimentación tenga lugar.
- d) Para poder evaluar y escoger la dosis adecuada, se considera aquél frasco en el que se observe el precipitado más cristalino, con pruebas de insuficiencia y exceso de gelatina negativas.

## **A.9 RECOMENDACIONES DURANTE LA FASE EXPERIMENTAL**

- 1) Los frascos de vidrio y los tubos de ensayo deben estar perfectamente etiquetados para evitar confusiones en las pruebas y evitar obtener malos resultados.
- 2) Etiquetar las soluciones que se preparan (enzimas, gelatina y bentonita, así como, las de yodo-yoduro, alcohol acidificado y sílica-sol). Las enzimas deben guardarse en refrigeración.
- 3) Cuidar que la pasteurización del jugo recién prensado se lleve adecuadamente, para asegurar la solubilización del almidón y pectina.
- 4) Al enfriar el jugo a  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ , cuidar que se mantenga a esta temperatura en baño termostático.
- 5) Al iniciar las pruebas para determinar la concentración de enzimas, para  $100 \text{ cm}^3$  de jugo, procurar que al medir este volumen sea el correcto. También para la gelatina y bentonita.
- 6) Al adicionar la cantidad de enzimas, gelatina y bentonita a los frascos, cuidar que esta sea la adecuada (usar pipetas de acuerdo a la cantidad a usar). Además agitar con la misma pipeta o con un agitador de vidrio.
- 7) Cuidar que la temperatura del baño termostático durante el tiempo en que reaccionan las enzimas no salga del intervalo de  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ , con la finalidad de evitar que las

enzimas se desnaturalizan o se inactivan por una temperatura mayor a ésta (55°C), así como, evitar una temperatura menor a 45°C, ya que el tiempo de reacción de la enzima es mayor, bajando así la actividad de la misma.

- 8) Realizar lo mejor posible la determinación de las dosis de enzimas, gelatina y bentonita.
- 9) Al realizar las pruebas, en caso de que las dosis propuestas se obtengan resultados negativos o positivos, repetir las pruebas, reduciendo o aumentando el intervalo propuesto de la dosificación, según sea el caso.
- 10) Al realizar las pruebas de yodo observar que el cambio de color sea el adecuado (amarillo) donde ya no hay almidón y la prueba sea negativa.
- 11) En la prueba de alcohol, al filtrar el jugo tratado enzimáticamente, que éste sea completamente claro (transparente), ya que al adicionar el alcohol hay enturbiamiento (presencia de pectinas). Si el filtrado está turbio no se podrá determinar adecuadamente esta prueba, por lo que habrá errores.
- 12) Seleccionar la dosis que contenga un poco de exceso de gelatina (silica-sol) y donde la prueba de insuficiencia sea totalmente negativa.
- 13) La gelatina que se usa al 1%, una vez preparada (hidratada) no debe estar gelatinizada, semisólida o con grumos, porque se evitará la reacción con los polifenoles.

- 14) **No realizar la clarificación si el tratamiento enzimático no ha sido concluido, la gelatina se agregará únicamente después de que las pruebas de yodo y alcohol den resultados negativos.**
- 15) **Cuando se presente un exceso de gelatina en el jugo a tratar (prueba de sílica-sol positiva), se deberá agregar más bentonita.**
- 16) **Asegurar la prehidratación de la bentonita en agua 10 ó 12 horas antes de ser utilizada.**
- 17) **No adicionar la bentonita si el tratamiento enzimático no ha concluido, se adicionará una vez que todas las pruebas sean negativas.**
- 18) **Al adicionar la gelatina cuidar que haya agitación con el jugo para evitar que estén presente grumos. La agitación que no sea muy fuerte, ni por mucho tiempo.**
- 19) **Al adicionar la bentonita debe existir agitación con el jugo para lograr que los componentes reaccionen adecuadamente y así obtener el jugo claro deseado, además ésta asegura una sedimentación total de los sólidos en suspensión.**
- 20) **Después de adicionar la bentonita y realizar la agitación, es importante cuidar que por ningún motivo sea agitado nuevamente, ya que se perdería tiempo en la sedimentación, además provocaría un posible enturbiamiento.**

**B. TRATAMIENTO TERMICO (PRUEBA DE YODO Y ALCOHOL) (40, 41)**

Con la concentración o dosis correcta de amilasa y pectinasa, se realizó la prueba a diferentes temperaturas.

**METODO****PARA LA ENZIMA AMILASA**

- a) En un vaso de precipitado de 100 cm<sup>3</sup> se agregan 50 cm<sup>3</sup> de jugo.
- b) Se calienta el jugo de acuerdo a las temperaturas planteadas (40, 50, 60, 70, 80, 90°C). Verificar tiempo con cronómetro.
- c) Cuando se realizan las pruebas para la temperatura de 60 a 90°C, enfriar a 50 ± 2°C para agregar las enzimas y que éstas no se degraden.
- d) Para las muestras desde temperatura ambiente hasta 50°C, se adicionan las enzimas cuando se obtenga la temperatura deseada.
- e) Después de adicionar la enzima, la muestra se deja reposar para que se lleve a cabo la reacción.
- f) Pipetear a su respectivo tubo de ensaye (etiquetado) 10 cm<sup>3</sup> de jugo tratado con enzima, de acuerdo a su temperatura.

- g) **Enfriar a temperatura ambiente.**
- h) **Dejar resbalar 10 gotas de solución de yodo-yoduro por las paredes del tubo.**
- i) **Dejar reposar de 10 a 15 minutos.**
- j) **Evaluar de acuerdo a la prueba de yodo.**

#### **PARA LA ENZIMA PECTINASA**

- 1) **El mismo jugo ya tratado con su temperatura y enzima respectiva, se filtra en papel whatman N° 5.**
- 2) **Filtrado el jugo se toma con una pipeta 3 cm<sup>3</sup> y se coloca en su respectivo tubo de ensaye.**
- 3) **Añadir a cada uno de los tubos 6 cm<sup>3</sup> de solución de alcohol acidificado, dejando resbalar por las paredes del tubo.**
- 4) **Tapar el tubo con el pulgar e invertirlo dos veces lentamente sin agitar, para no destruir el floculado en formación.**
- 5) **Dejar reposar de 10 a 15 minutos.**
- 6) **Evaluar de acuerdo a la prueba de alcohol.**

**C. PRUEBAS DE ESTABILIDAD (35, 36)**

Las pruebas de estabilidad se realizaron variando la temperatura (calor y frío).

**METODO**

- a) Tomar una muestra de 200 a 250 cm<sup>3</sup> de jugo claro filtrado.
- b) Calentar a  $88 \pm 2^{\circ}\text{C}$  de 5 a 10 minutos.
- c) Tomar de 20 a 30 cm<sup>3</sup> de jugo, ponerlo en un vaso de precipitado y el resto ponerlo en un frasco de vidrio.
- d) Dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- e) Observar la apariencia del jugo a través del vidrio.
- f) Realizar las pruebas de yodo, alcohol, insuficiencia y exceso de gelatina.
- g) El jugo envasado en el frasco ponerlo a congelar de 12 a 24 horas.
- h) Descongelar el frasco del jugo a temperatura ambiente.
- i) Observar la apariencia y realizar las pruebas correspondientes. Prueba de yodo, alcohol, insuficiencia y exceso de la gelatina.

**D. ANALISIS MICROBIOLÓGICOS (CUENTA DE LEVADURAS Y HONGOS) (44, 45, 46)**

La determinación de levaduras y hongos se realizó con el fin de conocer si estos microorganismos se encontraban presentes, además si hubo deficiencias en el envasado del jugo.

**METODO**

- a) Realizar diluciones de las muestras a analizar  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ .

Las diluciones han de servir de inóculo.

Añadir un volumen de diluyente igual a 9 veces la muestra.

Así se obtiene una dilución de  $10^{-1}$ .

Transferir  $1\text{ cm}^3$  a otro tubo de dilución conteniendo  $9\text{ cm}^3$  de diluyente y mezclar.

Cada dilución disminuirá 10 veces la concentración.

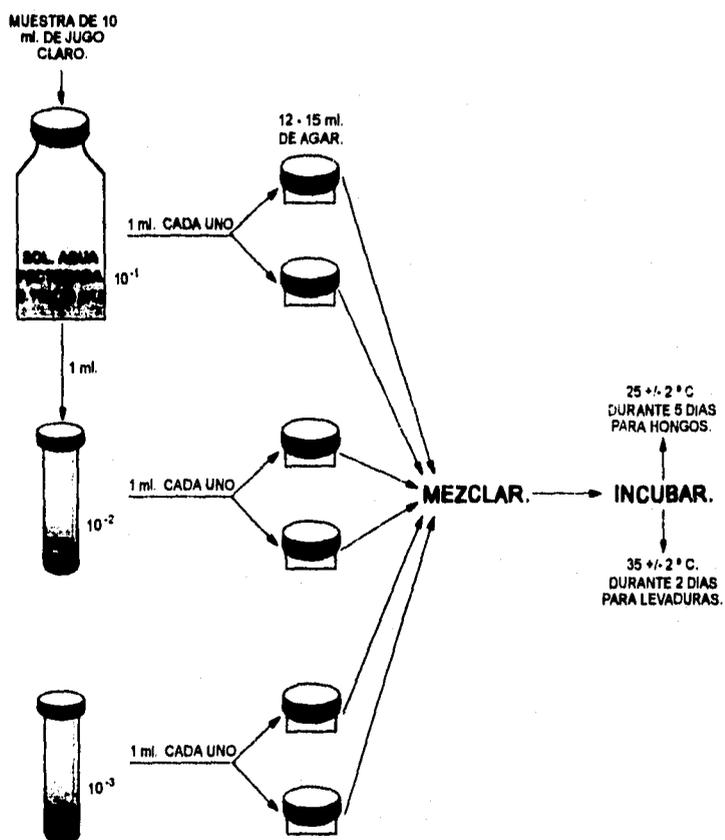
- b) Sembrar dos diluciones por muestra, colocar  $1\text{ cm}^3$  de cada dilución en cada caja petri estéril.

- c) Agregar a cada caja de 12 a  $15\text{ cm}^3$  de Agar Papa Dextrosa acidificado con ácido tartárico al 10% hasta pH de 3 (aproximadamente  $1.5\text{ cm}^3$  por  $100\text{ cm}^3$  de medio) fundido y mantenido entre 45 y  $48^\circ\text{C}$ .

- d) Homogenizar y dejar solidificar. La homogenización se realiza balanceando la placa de izquierda a derecha y después en sentido contrario, unas 5 veces.
- e) Una vez solidificado el agar Invertir las placas e incubarlas.
- f) Incubar una serie de placas a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 5 días para hongos.
- g) La otra serie de placas a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 2 días para levaduras.
- h) Revisar la placa a las 24 y 72 horas y hacer los recuentos correspondientes.  
A las 24 horas hacer el recuento de levaduras (sin destapar la caja petri).  
A las 48 horas hacer el recuento de hongos.
- i) Multiplicar la cifra obtenida por la inversa de la dilución correspondiente y reportar las colonias de hongos y levaduras en  $\text{col} / \text{cm}^3$ .

Ver figura 1, página 105.

FIGURA N° 1. RECuento DE HONGOS Y LEVADURAS.



## BIBLIOGRAFIA

1. SARH, 1993. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
2. SARH, 1989. Estudio de la Comercialización de Frutas y Hortalizas.
3. SARH, 1989. Frutas y Hortalizas. Coordinación General de Desarrollo Agroindustrial.
4. INEGI, 1983. El Sector Alimentario en México. Comisión Nacional de Alimentación (CONAL).
5. SARH, 1985. Fruticultura. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria.
6. BRENNAN, B., 1984. Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Acribia, Zaragoza—España.
7. PEARSON, D., 1985. Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. Acribia, Zaragoza—España.
8. ASKAR, A., TREPTOW, H., 1989. Quality Assurance in Tropical Fruit Processing. Springer — Verlag. Tu. Berlin.

9. STRYER, L., 1979. Bioquímica. Reverte, España.
10. ANDERSEN, P. E. La Clarificación de los Zumos de Fruta. Revista Rive Nº 47 - 48, Diciembre 1982 - Enero 1983 y Nº 49, Febrero 1983. Novo España, Madrid.
11. ANONIMO, 1980. Aspectos Técnicos de la Pera. Departamento de Normalización e Inspección de Calidad Frutícola.
12. LIERA, L., 1980. Estudio del Peral. Delegación Regional Zona Centro.
13. HOLLOAND, B. Y., UNWIN, D. and BUSS, D. H., 1990. Fruit and Nuts. The Composition of Foods. Royal Society of Chemistry of Agriculture. Fisheries and Food. Information Services.
14. EARLE, R. L., 1987. Las Operaciones Básicas Aplicadas a la Tecnología de los Alimentos. Ingeniería de los Alimentos. Acribia, Zaragoza—España.
15. NOVO, S.A., 1985. Manual de Clarificado. Información de Novo. Madrid, España.
16. LONCIN, M., 1975. Técnica de la Ingeniería Alimentaria. Dossat, Madrid—España.
17. DE SOROA Y PINEDA, J. MA., 1981. Industrias Transformadoras de Frutas y Hortalizas. Dossat, Madrid—España.

18. BADUI, D. S., 1981. *Química de los Alimentos*. Alhambra Mexicana.
19. FENNEMA, O. R., 1982. *Introducción a la Ciencia de los Alimentos*. Reverté. Tomo I y II.
20. DONALD K., THESSLER, PH. D., MAYNARD A. J. PH. D., 1971. *Fruit and Vegetable Juice Processing Technology*. Westport, Connecticut.
21. REED, G., 1989. *Enzymes in Food Processing*. Academic Press. A Subsidiary of Harcourt Brace.
22. CORTES, Y. M., 1982. *Enología. Enfoques Científicos y Tecnológicos sobre la Vid y el Vino*. Alhambra, Madrid.
23. NOVO FERMENT ENZYMES, Ficha Técnica. Wine & Juice Division. Novo Nordisk Ferment LTD. Switzerland.
24. BROW, C. M., CAMPBELL, Y., PRIEST, F. G., 1989. *Introducción a la Biotecnología*. Acribia, Zaragoza—España.
25. OREGLIA, F., 1988. *Enología Teórico-Práctico*. Instituto Salesiano. Artes Gráficas. Buenos Aires.
26. ZOECKEIN, B. W., KENNETH C. F., BARR, M.A. Y GUMP, H. . *Production Wine Analysis*. An AVI Book. Van Nostrand Reinhold. New York.

27. WILL, R. H. Y LEE, T. H., MCGLASSON, W.B., HALL, E.G. Y GRAHAM, D., 1983. **Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas, Post-Recolección.** Acibia, Zaragoza—España.
28. POTTER, H. E., 1985. **Evaluation of Quality of Fruits and Vegetables.** AVI, Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
29. MEYER, M. R., 1983. **Control de Calidad de Productos Agropecuarios. Manuales para Educación Agropecuaria.** Area: industrias Rurales. Trillas.
30. CARRERA R. S. J. **Evaluación de la Clarificación del Jugo de Tuna por Medio de la Filtración.** Tesis 1986. F.E.S. — C. (U.N.A.M.)
31. TOLEDO, R. T., 1988. **Fundamentals of Food Process. Engineering.** Van Nostrand Reinhold. New York.
32. MINOLTA, 1993. **Precise Color Communication. Color Control from Feeling to Instrumentation.** Minolta Camera Co., LTD.
33. BORNHAM, R. W., HANES, R. M., BARTLESON, C.J., 1963. **Color: a guide to basic facts and concepts.** John Wiley & Sons., Inc. New York.
34. AURAND, L. W., WOODS, A. E., WELLS, M. R., 1987. **Food Composition and Analysis. An AVI Book.** Van Nostrand Reinhold. New York.

35. GUIDELINES FOR CONTROL OF THE PRODUCTION. The Clarification of Fruit Juices for the Production of Clear Stable Juices and Concentrates. The Technical Service of NOVO FERMENT (SWITZERLAND) LTD.
36. HEATHERBELL, D. A. Cause and Prevention of Haze and Sediment Formation in Fruit Juices and Concentrates. Department of Food Science and Technology, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331.
37. THATCHER, F. A. Y CLARK, D. S., 1987. Análisis Microbiológico de los Alimentos. Acribia, Zaragoza—España.
38. NOVO FERMENT. Pectinex Ultra SP-L. La Fórmula del 100% y su Aplicación en la Industria de los Zumos de Fruta.
39. NOVO FERMENT. La utilización de Enzimas en la Industria de los Zumos de Frutas. FJ. / 1000 / 2 / 1.82 / E.
40. NOVO FERMENT. Enzymes for the Production of Apple and Pear Juices and Concentrates. Wine & Juice Division. Novo Ferment (Switzerland) LTD.
41. NOVO FERMENT. Enzimas para la Producción de Zumos de Fruta. Pectinex, Ultrazym, Amilasa 150 L. Vegesenstrasse 132. CH - 4013 BASE / SUIZA.

42. NOVO FERMENT. Información sobre las Enzimas. Enzimas Pectolíticas. Vagesenstrasse 132. CH 4013 Basilea 13.
43. HICKS, D., 1990. Production and Packaging of Non — Carbonated. Fruit and Fruit Beverages. Beecham Products Slough, UK. Blackie, Glasgow and London. Van Nostrand Reinhold. New York.
44. MORENO B., DIEZ V., GRACIA, MA. DE L., MENES, Y., GUTIERREZ, L.M, POLLEDO, J.J.F., 1984. Microorganismos de los Alimentos. Técnicas de Análisis. Microbiológico. Acribia, Zaragoza—España.
45. ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. Septiembre 1989. Manual de Prácticas de Laboratorio de Microbiología Sanitaria. Departamento de Microbiología.
46. FRAIZER, W. C., WESTHOFF, D.C., 1987. Microbiología de los Alimentos. Acribia, Zaragoza—España.
47. NOVO. Enzymes at Work. Novo Industry A/S. Corporate Communications. Novo Alle. Denmark.