

2ej  
66



**Universidad Nacional Autónoma  
de México**

---

**FACULTAD DE QUIMICA**

**ELABORACION DE HARINA DE PAPA**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:  
**QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

Presentan:  
**LETICIA JAVIER CASTRO**



## **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 está 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.

# I N D I C E

## CAPITULO I. INTRODUCCION.

- I.1. Introducción.
- I.2. Objetivos.

## CAPITULO II. GENERALIDADES.

- II.1. Historia del procesamiento de la papa.
- II.2. Condiciones de cultivo.
- II.3. Efecto de la temperatura de almacenamiento.
- II.4. Estructura y composición química.
  - II.4.1. Conformación física.
  - II.4.2. Componentes químicos.
    - II.4.2.1. Carbohidratos.
    - II.4.2.2. Vitaminas.
    - II.4.2.3. Minerales.
    - II.4.2.4. Proteínas.
    - II.4.2.5. Enzimas.
- II.5. Producción de papa en México.
- II.6. Usos de la papa.
- II.7. Cultivo de la papa.
- II.8. Valor Nutritivo de la papa.

## CAPITULO III. OBSCURECIMIENTO EN ALIMENTOS.

- III.1. Obscurecimiento enzimático.
  - III.1.1. Mecanismo de reacción.
    - III.1.1.1. Control del obscurecimiento.
      - III.1.2.1. Aplicación de calor.
      - III.1.2.2. Inhibidores químicos.
        - a) Acidos.
        - b) Exclusión de oxígeno
        - c) Sulfuros, dióxidos y sulfitos.

**CAPITULO IV. MATERIALES Y METODOS.**

**IV.1. Materia prima.**

**IV.2. Metodología.**

**IV.2.1. Determinación de la relación concentración tiempo de inmersión en bisulfito de sodio.**

**IV.2.2. Elaboración de harina de papa.**

**IV.2.3. Análisis químico proximal de los productos obtenidos.**

**CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSION.**

**CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**BIBLIOGRAFIA.**

C A P I T U L O

I

INTRODUCCION

## I.1. INTRODUCCION.

La papa constituye el alimento de mayor cultivo en Europa y América, dado sus grandes rendimientos por hectárea, época de producción y condiciones del suelo donde puede ser cultivada, es rica en nutrientes energéticos debido a su alto contenido de almidón el cual en estado seco, representa del 65 al 80%; contiene también vitaminas como piridoxina, Vitamina K e inositol en cantidades significativas, además de proteínas que aunque en baja concentración, contribuyen a hacer un alimento de alto poder biológico.

México posee las características climatológicas y de suelo, requeridas para la producción de papa, la cual es comercializada para consumo humano en forma fresca o como papa frita industrialmente, además, gran parte de la producción anual empleada para la obtención de almidón, o bien es exportada a países en donde su utilización y procesamiento son más avanzados.

La producción de papa en México, su alto desperdicio y el alto costo de los productos importados tales como harina y almidón, indican que una forma de abatir estos altos costos y la necesidad de producir lo que el país requiere, es mediante la búsqueda de técnicas que permitan obtener dichos productos.

En nuestro país, existe un gran desperdicio de papa, debido a las condiciones de almacenamiento y a su corta vida de anaquel, es por esto que se ha pensado en la elaboración de productos que proporcionen más ventajas en lo que a utilidad de papa se refiere, para de esta manera aprovechar el vegetal antes de que sea desechado completamente y evitar un gasto excesivo por la importación de estos productos requeridos por la industria.

El consumo anual per cápita de papa en el país, es aproximadamente de 14.5 Kg., esto comparado con los demás países productores en donde los valores fluctúan entre 50 y 100 Kg. es muy bajo, por lo cual es necesario efectuar un estudio en el que se vea que tan importante pueda llegar a ser el empleo de dicho tubérculo cuya mayor aportación en la alimentación, son los carbohidratos que lo constituyen.

La situación actual del país requiere de la implantación de nuevas técnicas para la obtención de productos económicos, como la elaboración de harina de papa, para ~~de alguna manera ir~~ disminuyendo el gasto excesivo que su importación implica, por lo que mediante una investigación intensiva se pretende visualizar que tan factible económicamente puede llegar a ser la obtención de dicha harina.

El presente trabajo se enfocó a encontrar un proceso de elaboración de harina de papa, económico y de fácil implementación, para de esta manera tener un subproducto que puede subsanar parcialmente el alto desperdicio de papa en México, ya que tendrá como principal característica una vida de anaquel prolongada, además de que a partir de éste se puede desarrollar la tecnología necesaria para la elaboración de subproductos como el almidón de papa o almidones modificados.

## 1.2. OBJETIVOS.

- 1.- Encontrar un proceso que permita aumentar la vida de anaquel de la papa, a través de la elaboración de subproductos, con el fin de disminuir el desperdicio excesivo de ésta en México
- 2.- Implementar un método para la obtención de harina de papa a través de un proceso económico y de fácil reproducción.
- 3.- Estudiar algunas de las aplicaciones de la harina de papa, para incrementar su valor agregado.



C A P I T U L O

I I

GENERALIDADES

## GENERALIDADES

### II.1. HISTORIA DEL PROCESAMIENTO DE LA PAPA.

El camino seguido por la papa, ha sido trazado desde 200 años antes de Cristo, época en la cual, los nativos incas la cultivaban en las montañas y empleaban un método para su deshidratación, el cual consistía en la congelación durante la noche y una descongelación en el transcurso del día después de lo cual los tubérculos eran exprimidos con los pies para obtener su jugo; este ciclo se repetía hasta que el contenido de humedad era reducido lo suficiente como para preservar la papa durante mucho tiempo. (30).

Cerca de 2000 años después, este proceso fue "redescubierto" en Inglaterra, donde actualmente se emplea bajo el nombre de "deshidratación por congelamiento y presión".

Por muchos años, la papa sirvió como fuente primaria de alimento para los incas, ya que por el método de deshidratación que conocían, era posible tenerla disponible en épocas en las que era difícil su cultivo como por ejemplo durante las nevadas o con alguna otra condición desfavorable para su desarrollo. Cuando los exploradores españoles arribaron al nuevo mundo, la papa se distribuyó completamente por todo Sur y Centroamérica, México y algunas partes del sur de los Estados Unidos. En Perú, los nativos a través de siglos de cultivo, han desarrollado variedades que raramente son reconocidas como papa.

Tanto los exploradores ingleses como los españoles, reconocieron el gran valor de las papas como alimento, ya que inmediatamente las introdujeron en sus barcos como provisión, además de llevarlas a su país. En 1584, la papa se introdujo en España, donde eran consideradas como un lujo; en 1588 se emplearon en Italia como alimento para ganado y durante los últimos años del siglo XVI fue introducida en Inglaterra en donde sólo era cultivada en los jardines. No fue sino hasta fines del siglo XVIII y principios del XIX, que su uso como alimento vino a ser uno de los más importantes en Europa, a pesar de presentar dos grandes desventajas con respecto a los cereales: A) Su corta vida de anaquel, y B) el gran volumen que ocupaban.

Durante la primera guerra mundial, Europa y Estados Unidos manufacturaron un gran número de productos deshidratados a partir de papa para consumo militar; esta industria desapareció después de la guerra, quedando una considerable cantidad de harina de papa, la cual fue empleada para consumo humano y para ganado. Este producto se siguió produciendo en algunas partes de Europa y lentamente se extendió en Estados Unidos e Inglaterra.

Actualmente este tubérculo es uno de los de mayor producción en el mundo debido a que puede desarrollarse en una gran variedad de suelos y climas además de representar la mayor parte en la dieta de la gente de muchas partes del mundo.

Aunque el uso de la papa como alimento para humanos es muy grande en Europa, grandes cantidades de ésta son empleadas en la elaboración de alimento para ganado, producción de almidón y en la obtención de alcohol.

## II.2. CONDICIONES DE CULTIVO.

La papa debe ser seleccionada con cuidado, ya que el suelo debe tener una capa arable no menor de 30 cm., ser de textura franca o arenosa y con buen drenaje (3).

Se considera que el suelo ideal para el cultivo de la papa es un suelo de consistencia media, con lo que la cosecha se beneficia cuando tiene cierto grado de acidez; este suelo permite un buen drenaje, tiene una capacidad razonable de retención de humedad y además, condiciones favorables para los trabajos mecánicos de plantación y recolección (14).

En los últimos años, el cultivo de papa se ha extendido a suelos más duros y a terrenos más arenosos con mucha grava, en los que actualmente la irrigación es el factor principal para un cultivo económico de la misma. En un sistema de rotación de cultivos, la papa es una buena oportunidad, siendo empleado frecuentemente como cultivo de limpieza; por otro lado, es recomendable que el cultivo anterior a la siembra sea de preferencia una gramínea como el maíz, trigo, avena o cebada (3). Como cultivo principal debe tener un máximo de frecuencia de cinco años.

Se requiere realizar una buena selección de tubérculo para lograr variedades mejoradas, siendo las reacciones frente a las enfermedades y parásitos, una de las partes esenciales de la selección. La sanidad de la simiente puede considerarse bajo dos aspectos: A) La del grupo de la semilla, y B) La de los tubérculos sembrados, con respecto a las enfermedades y a otros factores que afectan el crecimiento posterior. (6)

Desde hace mucho tiempo se sabe que el estado sanitario de la simiente influye mucho sobre el rendimiento de la cosecha; generalmente se acepta que la degeneración de las simientes de reserva se debe a infecciones virales; dichos virus penetran normalmente a través de las hojas, las yemas o la raíz. La transmisión de éstos puede ser por contacto directo al rozar las hojas de las plantas enfermas con las sanas ya sea por el viento o bien, durante las operaciones de cultivo, o a través de pulgones.

Los síntomas y efectos de la infección, dependen del tipo de virus y época del año en que ocurre la infección, ya que la presencia de éstos, repercute en el rendimiento y en el tamaño de los tubérculos. (3)

Las principales enfermedades de la papa son: enrollamiento de hojas, mosaico grave, mosaico suave, tizón tardío, y otras de menor importancia como son: alternariosis (alternario solani), bacteriosis o podredumbre de la papa (*bacterium selanaeorum*) (6).

### II.3. EFECTOS DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO.

Las papas se clasifican como alimentos harinosos y casi siempre contienen del 12 al 18% de almidón; como es sabido, las papas que se almacenan a baja temperatura acumulan azúcares como la glucosa y la fructosa, además, el contenido de azúcares se reduce cuando los tubérculos se reacondicionan a temperaturas más altas; estos azúcares se forman a expensas del almidón mediante la acción de enzimas que se incrementan a temperaturas mayores de 4°C y disminuyen a temperaturas mayores de 25°C. Para que la acumulación de azúcares reductores sea menor, y por lo tanto, con el fin de que el color del producto procesado no se vea afectado por llevarse a cabo en el tubérculo reacciones con los azúcares libres del tipo Maillard; se ha recomendado un almacenamiento a 13°C y un reacondicionamiento a 21°C.

cuando se necesite obtener un color claro en los productos procesados. Temperaturas mayores de 21°C no son recomendables, ya que sobre esta temperatura hay acumulación de azúcares reductores. (9)

A temperaturas más altas de las ya mencionadas, las papas empiezan a mostrar numerosos brotes 3 ó 4 meses después de la cosecha; para evitar la aparición de éstos, se ha recomendado el empleo de inhibidores antes y durante el almacenamiento. Este control es muy importante ya que la presencia de brotes en la papa confiere a los productos procesados un sabor amargo que los hace inaceptables para su consumo. (30)

Otro de los componentes de la papa que se ven afectados durante su almacenamiento, es el contenido de ácido ascórbico, el cual disminuye considerablemente, a temperaturas menores de 4°C; por otro lado, las proteínas y las grasas se ven afectadas de manera similar.

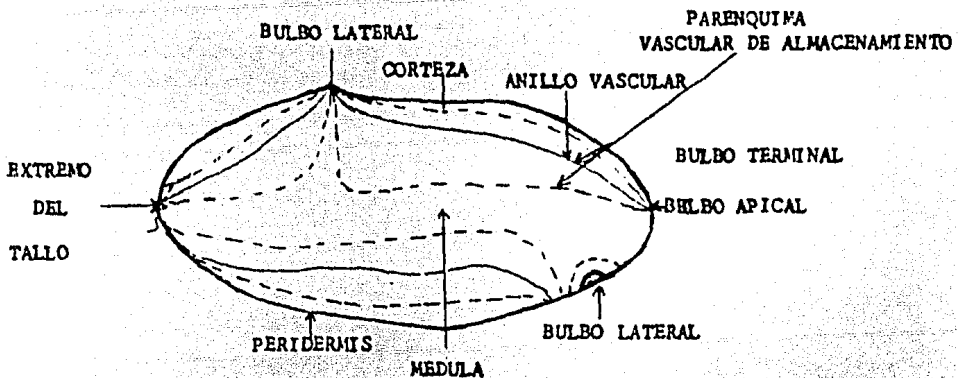
Con el objeto de eliminar esas pérdidas, se han diseñado diversos tipos de almacenamiento de papas, los cuales consisten en controlar condiciones de humedad, temperatura, iluminación, ventilación, e incluso irradiación en el lugar en el que estos tubérculos vayan a permanecer.

## II.4. ESTRUCTURA Y COMPOSICION QUIMICA.

### II.4.1. CONFORMACION FISICA.

La papa es un tallo subterráneo, siendo de los vegetales de este tipo, el de mayor cultivo mundial. Según Desrosier (1977), la papa no es una raíz ya que tiene nodos, ojos y otras características de los tallos.

En la siguiente figura, se muestran las principales partes que conforman la estructura de la papa:



(9,30)

La epidermis del tubérculo retarda la pérdida de humedad y resiste el ataque de microorganismos, bajo ésta se encuentra la corteza, la cual tiene un alto contenido de almidón y formando la parte central se encuentra la médula, la cual en algunas ocasiones es llamada "Centro o núcleo de agua", que consiste primariamente de células largas que contienen tanto almidón en la parte vascular como el presente en la corteza.

#### II.4.2. COMPONENTES QUIMICOS.

Se han realizado muchos estudios sobre la composición de la papa, la cual varía dentro de rangos amplios, dependiendo de factores tales como variedad, área de desarrollo, práctica de cultivo, maduración y como consecuencia, período de almacenamiento entre otros. Además, es importante hacer notar el hecho de que el análisis se ha llevado a cabo en diversas formas, ya sea empleando papa entera o papa pelada, lo cual no todos los autores reportan.

La composición aproximada de la papa de acuerdo a las tablas reportadas es:

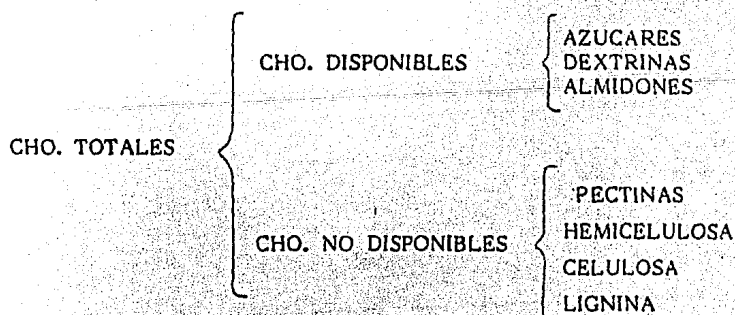
COMPONENTE	g/100 g
HUMEDAD	75.5
CENIZAS	1.0
PROTENINA	2.0
GRASA	0.1
FIBRA CRUDA	0.6
CARBOHIDRATOS TOTALES	20.0

(9,26)

Contiene además vitaminas como piridoxina, vitamina K, inositol y vitamina C, considerándose ésta última como de aporte importante para la dieta (25, 30)

#### II.4.2.1. CARBOHIDRATOS

Dentro de los componentes presentes en la papa, los carbohidratos representan la mayor proporción, siendo ésta de alrededor del 80% en base seca. Para analizar un poco más a fondo estos componentes presentes en la papa, se considera de importancia recordar su clasificación en alimentos:



La papa posee tanto carbohidratos disponibles como no disponibles; del primer grupo conocido también como carbohidratos asimilables, se encuentran en la papa:

## A) ALMIDON.

Comprende del 65 al 80% de la materia seca de la papa; es el componente más importante en ésta; el contenido de almidón, así como las características fisicoquímicas e histológicas, están muy relacionadas con parámetros de calidad de los productos procesados determinando las condiciones operacionales del proceso.

El almidón se encuentra presente como gránulos microscópicos elipsoidales y más largos que los de los cereales. El rango medido en el tamaño de éstos, es en promedio de 10 a 60 micrones. El tamaño y distribución de estos gránulos, contribuye a la calidad y a las características de la papa sugiriéndose también que su tamaño determina las propiedades del almidón. Se ha observado que existe una relación entre tamaño de los gránulos y ciertas condiciones tanto de cultivo como de almacenamiento, teniendo de esta manera que gránulos pequeños se asocian con climas secos, tubérculos pequeños, inmadurez, deficiencia de potasio y un prolongado almacenamiento post-cosecha.

Los principales componentes del almidón son: la amilosa y la amilopectina, los cuales están presentes en una relación 1:3 respectivamente. La amilosa es un polímero polidisperso de enlaces  $\alpha$  1-4 de glucosa, mientras que la amilopectina tiene - enlaces  $\alpha$ , 1-4 ramificados por enlaces  $\alpha$ , 1-6 cada 20 residuos de glucosa. De los constituyentes del almidón, se ha mostrado que sólo el fósforo se encuentra combinado con él y que su contenido se incrementa conforme aumenta el contenido de almidón. (9, 30)

## B) AZUCARES.

El contenido de azúcares en la papa puede variar de solo cantidades traza, hasta un 10% de la materia seca del tubérculo; los factores que influyen sobre el contenido de estos componentes durante el almacenamiento son la variedad de la papa y la temperatura.

Tubérculos frescos y maduros, pueden contener solo trazas de azúcar aunque ciertas variedades cosechadas antes de una completa madurez, pueden contener hasta un 1.5%. Un almacenamiento a temperaturas menores de 50°C incrementa el contenido de azúcares reductores y totales. (9)



Así como las condiciones de cultivo y de prácticas de fertilización afectan el contenido de almidón en la papa, el contenido de azúcares también se ve afectado, viéndose disminuido en cada uno de los factores mencionados. Los principales azúcares presentes en la papa son glucosa y fructuosa, los cuales se encuentran en concentraciones similares; otros azúcares presentes en la papa son: maltosa, xilosa, rafinosa, melobiosa y otros; solamente en papas con un bajo contenido de azúcares totales, estos azúcares contribuyen significativamente a los valores analíticos para el total (30)

Recientemente se ha visto que durante el inicio del almacenamiento a bajas temperaturas, la sacarosa se acumula en forma más rápida además de que con almacenamientos más prolongados la relación sacarosa y azúcares reductores tienden a incrementarse con la disminución de la temperatura.

Como todos los vegetales, la papa contiene polisacáridos no asimilables, (fibra dietética) los cuales forman parte de la pared celular entre los que se ha reportado la presencia de: A) celulosa, B) sustancias pécticas, C) hemicelulosa y D) otros polisacáridos.

#### **FIBRA DIETETICA.**

Es un término genérico, el cual se refiere a la materia seca del tubérculo que queda después de remover los constituyentes de la pared celular en donde se incluyen lignina y suberina que forman parte de la cáscara.

El contenido promedio de fibra cruda en la papa es de 1% en base seca, aunque se incrementa durante el período de maduración, así como en el almacenamiento post-cosecha.

#### **A) CELULOSA.**

Se encuentra presente como soporte de la membrana de la pared celular y constituye del 10 al 20% de los polisacáridos (no almidón) de la papa. Químicamente, la celulosa es una mezcla de polímeros de alto peso molecular consistente de residuos de glucosa combinados por enlaces  $\beta$ -1-4; este componente se considera metabólicamente inerte.

## B) SUSTANCIAS PECTICAS.

Son polímeros del ácido galacturónico, en el cual los grupos carboxilo están más o menos metilados, constituyen en promedio de 1% de papa. Estas sustancias son divididas en tres categorías: 1) Protopectina, 2) Pectina soluble y 3) ácido péctico. (30)

Los ac. pectínicos son polisacáridos que tienen esterificado parte del ac. D-galacturónico como ester metílico, mientras que los ac. pécticos son aquellos que no están esterificados. Las pectinas, por definición, son los ácidos pectínicos con diferente grado de esterificación, son solubles en agua y tienen capacidad de formar geles en presencia de ácidos sales y azúcares, existe en muy pequeña cantidad en papa fresca almacenada, mientras que el ácido péctico representa entre 13 y 25% del total de estas sustancias. (7)

## C) HEMICELULOSA.

Componente de la pared celular hecha de mezcla de cadenas glucosídicas, que contienen combinaciones de ácido glucurónico con xilosa y ácido galacturónico con arabinosa. Se ha reportado que cerca del 1% del total de polisacáridos de la papa, están presentes como hemicelulosa.

## D) OTROS POLISACARIDOS.

Las papas contienen polímeros glucosídicos mezclados hechos de diferentes porciones de arabinosa, galactosa y ramnosa (metil-pentosa), que pueden ser separados a partir de otros polisacáridos.

## II.4.2.2. VITAMINAS.

De las seis vitaminas incluidas en la dieta diaria, las papas contienen una porción considerable de cuatro de éstas, las cuales son: niacina, tiamina, riboflavina y vitamina C, siendo ésta última la que se encuentra en mayor cantidad, lo cual puede apreciarse en la tabla que a continuación se da:

Vitamina	mg/100 g
Vitamina C	24.1
Tiamina	10.1
Acido nicotínico	8.6
Riboflavina	3.0
Vitamina A	-
Vitamina D	-

(30)

Como las papas tienen un bajo contenido de grasa, su aporte en vitaminas liposolubles es muy bajo.

#### II.4.2.3. MINERALES.

Como puede observarse en la siguiente tabla, la papa es una buena fuente de hierro, magnesio y fósforo; es rica en potasio y pobre en sodio. Contiene además cantidades considerables de calcio. (30)

MINERAL	g/100 g	mg/100 g
POTASIO	-	1394
FIERRO	75	-
CALCIO	65	-
FOSFORO	40	-
MAGNESIO	-	43
ALUMINIO	-	12
SODIO	-	10
MAGNESO	-	5
ZINC	-	1.7
COBRE	-	1.0
NIQUEL	-	0.26
COBALTO	-	0.065

#### II.4.2.4. PROTEINAS.

Aunque el contenido de proteínas en la papa es muy bajo, diversos estudios han demostrado que la calidad de ésta es muy buena puesto que su contenido de aminoácidos esenciales es muy alto, siendo los limitantes metionina y cisteína (12, 30), por lo que se ha pensado que una dieta bien balanceada con papa y cereales sería una buena fuente nutritiva.

En el siguiente cuadro, se muestra el contenido de aminoácidos presentes en la papa, así como las modificaciones que éstos tienen según el procesamiento que se le dé al tubérculo.

AMINOACIDO (*)	PAPA CRUDA	PAPA COCIDA	FRITA A LA FRANCESA	PURE
ISOLEUCINA	**	0.89	2.89	1.21
LEUCINA	17.5	1.09	2.25	1.54
LISISNA	2.1	1.1	2.03	1.21
METIONINA	2.3	0.26	0.47	0.35
FENILALANINA	6.6	0.86	1.57	1.04
TREONINA	6.0	0.76	1.47	1.02
TRIPTOFANO	1.6	0.24	0.45	0.22
VALINA	6.1	1.19	2.48	5.46

#### CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN PAPA Y PRODUCTOS PROCESADOS

(12)

\* Reportados en mg/100 g

\*\* No reportados en estos productos

#### II.4.2.5. ENZIMAS.

Las enzimas presentes en la papa, están relacionadas con mecanismos tales como la conversión de almidón a azúcares por y amilasas, para procesos biológicos posteriores como la glucólisis, el ciclo de los ácidos tricarbóxicos y el sistema oxidativo de citocromos. Por otro lado, existen enzimas como las del

grupo de las polifenoloxidasas, que participan en el proceso de oscurecimiento enzimático del tubérculo crudo (28).

Otro tipo de enzimas presentes en la papa son las involucradas en el metabolismo de componentes nitrogenados entre las que se encuentran transaminasas e inhibidores de proteasas (30).

## II.5. PRODUCCION DE PAPA EN MEXICO.

En México, la papa se consume y produce en todos los estados de la República siendo los principales productores el Estado de México, Puebla, Sinaloa y Veracruz, los cuales tienen una producción que representa el 23, 19, 13 y 12 por ciento respectivamente del total anual.

En las siguientes tablas, se muestra la producción nacional de papa, por regiones correspondiente a 1980, así como los consumos aparentes de 1980 a 1982.

ENTIDAD	RENDIMIENTO (TON/HA)	PRODUCCION (TON)
AGUASCALIENTES	27.014	1908
BAJA CALIF. NORTE	29.186	49,733
BAJA CALIF. SUR	15.355	3,808
COAHUILA	32.000	28,960
CHIAPAS	6.158	3,818
CHIHUAHUA	14.259	34,620
D.F.	12.000	444
DURANGO	7.880	4,657
GUANAJUATO	21.470	26,516
GUERRERO	7.100	355
HIDALGO	15.000	14,340
JALISCO	18.442	11,010
MEXICO	12.788	243,055
MICHOACAN	14.335	39,837
MORELOS	18.978	1,765
NAYARIT	13.783	7,829
NUEVO LEON	32.224	51,880
OAXACA	13.000	25
PUEBLA	8.354	197,531
QUERETARO	7.446	484
SINALOA	23.742	138,368
SONORA	24.475	34,558
TLAXCALA	15.022	40,214
VERACRUZ	9.901	128,696
ZACATECAS	19.320	483

PRODUCCION DE PAPA EN MEXICO

(1)

AÑO	PRODUCCION TON.	VALOR DE LA PRODUCCION (\$)	Comercio Exterior		CONSUMOS	
			IMP. (TON.)	EXP.	NACIONAL (TON)	PER CAPITA (KG)
1980	1.064,905	5.098,196,000	30,142	1.622	1.093,425	15.767
1981	861,278	7.317,418,000	20,911	381	885,804	12.438
1982	1.054,211	13.167,095,000	8,733	81	1.062,863	14.531

CONSUMOS APARENTES DE PAPA

(2)

## II.6 USOS DE LA PAPA.

El desarrollo de la fase de procesamiento de la industria de la papa, continúa a pasos acelerados, siendo uno de los factores del cual depende este aumento, la disponibilidad de grandes cantidades a partir de las cuales se selecciona el material para procesar.

Las principales formas procesadas de la papa son: congeladas (en su mayoría - fritas a la francesa), en hojuelas deshidratadas, enlatadas, y en forma de harina. Cantidades similares se preparan como ensaladas, sopas, estofados, pasteles y otros artículos. (8)

En países como Estados Unidos, el procesamiento de la papa es muy importante, por lo que su uso se encuentra dividido en la siguiente forma:

DISPOSICION DEL CULTIVO	%
ALIMENTO FRESCO	54
PROCESADA	28
ALMIDON Y OTROS	4
PERDIDAS	4
SEMILLAS	10

LOS PORCENTAJES PARA PAPA PROCESADA SON:

	%
PAPAS A LA INGLESA	24
PAPA CONGELADA	36
DESHIDRATADA	16
ENLATADA	2
OTROS	4

(30)



Una ventaja que presentan las formas procesadas de la papa, es que éstas mantienen un nivel de precio muy constante no sólo dentro de un año, sino de un año a otro.

El tamaño de la cosecha y la abundancia del producto crudo, casi no se reflejan en los precios de las formas procesadas de la papa que se ofrecen al consumidor. (9)

En nuestro país, existen básicamente dos tipos de papa empleada para procesamiento y, de acuerdo a esto, hay dos formas de consumo y diversos usos como son:

A. CONSUMO HUMANO

PAPA FRESCA.

B. CONSUMO INDUSTRIAL.

B.1 IND. TEXTIL

APRESTO PARA TELAS

B.2. IND. ALIMENTARIA

FRITURAS

PAPA ENLATADA

ALIMENTOS INFANTILES

PASTAS

GALLETAS

PASTELES

PRODUCTOS LACTEOS

ADITIVOS

AROMATIZANTES

BEBIDAS ALCOHOLICAS

ALIMENTO PARA GANADO

B.3. IND. FARMACEUTICA: ADHESIVOS

TALCO QUIRURGICO

(16)

## II.7. CULTIVO DE PAPA EN MEXICO.

En nuestro país, se cultivan en forma comercial diversas variedades de papa, - siendo las más empleadas las siguientes:

CASCARA ROJA	CASCARA AMARILLA O BLANCA
SANGEMA O ROSITA	GRETA
JUANITA	ATZIMBA
MURCA	ALFA
LOPEZ	

(3)

Algunas variedades por sus características particulares de calidad o el lugar de producción típico, se pueden utilizar en uno o dos procesos diferentes de preparación para su consumo. Para la mayor parte de producto procesado, se desea tener papa - de alto contenido de sólidos totales y de elevada gravedad específica, la cual está - relacionada directamente con el rendimiento de los productos procesados.(9)

Otra importante diferencia entre las variedades, es la cantidad y grado de acumulación de azúcar en el material crudo especialmente durante el período de almacenamiento. Esta característica en una variedad, es sumamente importante para los - procesadores de la mayor parte de las formas de papa.

Por lo tanto, las características de una variedad que se evalúa entre las mejores para lograr una buena calidad en el producto son el contenido de sólidos totales y de azúcares reductores. Algunas características adicionales para el cultivador o el consumidor, así como para el procesador, son alta ductibilidad, resistencia a la enfermedad, tamaño deseable, ser atractiva, etc. (3)

## II.8. VALOR NUTRITIVO DE LA PAPA.

La naturaleza ha designado pocos alimentos como capaces de ser nutritivos por sí solos para la gran población mundial, siendo la papa blanca uno de ellos, ya que por debajo de su cáscara existe un gran almacén no sólo de energía, sino también de nitrógeno y proteínas de alta calidad, minerales tales como: fierro y magnesio, además de vitaminas esenciales como la vitamina C y algunas del complejo B. Debido a esto, se conocen pocos casos de deficiencias nutricionales causadas en ciudades en donde la papa es un alimento básico para la dieta. (13)

Esta puede ser abundante, rápida y económicamente producida en diferentes regiones del mundo, además de que su almacenamiento por largos períodos sin refrigeración, no altera su sabor y muy poco sus características. (30)

Un primer vistazo al análisis de la papa, sugiere que tiene un valor nutritivo muy bajo en comparación con los cereales, para verificar esto, se incluye una tabla en la que puede compararse la composición de la papa con respecto a la del trigo - (12).

CONSTITUYENTE	PAPA	HARINA DE TRIGO
*	(g/100)	
PROTEINA	9.2	13.9
GRASA	0.4	1.2
CARBOHIDRATOS	79.2	88.7
FIBRA	5.0	0.4

\* Reportados en base seca

CONSTITUYENTE	PAPA	TRIGO
	(mg/100 g)	
CALCIO	29.2	32
FIERRO	3.3	4.5
AC. ASCORBICO	104.0	0
TIAMINA	0.45	0.41
RIBOFLAVINA	0.17	0.20
AC. NICOTINICO	5.0	6.5

La papa es ciertamente baja en protefnas en comparación con el trigo pero - contiene cantidades considerables de vitamina C, la cual esta ausente en el cereal.

En realidad, la papa al igual que cualquier cereal, mezclada con un poco de - leche y mantequilla, da un alimento muy nutritivo y con un buen balance de protef nas ya que como fue mencionado con anterioridad, la protefna de la papa es de muy buena calidad debido a su contenido de aminoácidos, además de que con este tipo de mezclas se provee a la dieta de vitaminas liposolubles.

El tubérculo es altamente energético y tiene como gran ventaja rendimientos - muy altos por unidad de área, además de la facilidad y simplicidad que presenta para ser cocinada, en comparación con lo completo y tardado que implica el manejo de - los cereales.

C A P I T U L O

I I I

OBSCURECIMIENTO EN ALIMENTOS

## OBSCURECIMIENTO EN ALIMENTOS.

El obscurecimiento producido en alimentos es muy importante ya que es uno de los principales problemas que se tienen durante el procesamiento y almacenamiento - de productos deshidratados y semihúmedos. En algunos casos, esta reacción se persigue para producir un color deseado en algunos alimentos como en el caso del pan y la cajeta.

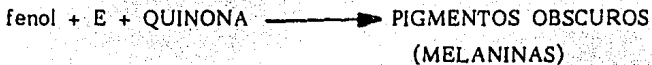
Las reacciones de obscurecimiento llevadas a cabo en alimentos son de dos tipos:

- A) REACCIONES ENZIMATICAS.
- B) REACCIONES NO ENZIMATICAS.

Este tipo de reacciones pueden producir cambios en el sabor, olor, textura y - algunas veces disminuyen el valor nutritivo de los alimentos procesados ya que involucran pérdida de vitaminas. (7, 27)

### III.1. OBSCURECIMIENTO ENZIMATICO.

Este tipo de problema, ocurre por lo general en frutas y vegetales cuando el - tejido es dañado, cortado, atacado por microorganismos o expuesto a un sin número de condiciones anormales. Estos tejidos dañados, se obscurecen rápidamente cuando son expuestos al aire debido a la conversión por acción de enzimas de los compuestos fenólicos o melaninas que son de color oscuro. La reacción general es:



Las enzimas responsables de este tipo de obscurecimiento, son conocidas como - polifenolasas, fenolasas, polifenoloxidasas, aunque también pueden intervenir oxidoreduc tasas, peroxidasas, deshidrogenasas, oxidasas y otras.

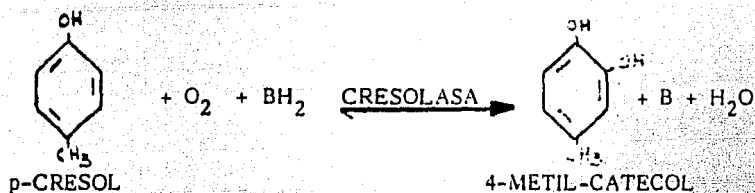
Estas reacciones se llevan a cabo en presencia de oxígeno y son catalizadas por la presencia de cobre, el cual actúa como cofactor, siendo monovalente en la - mayoría de las fenolasas y divalente en el caso de las enzimas de la papa.

Patil y Zucker (1965), separaron por cromatografía dos componentes de la fenolasa presente en papa y observaron que uno de ellos oxida orto difenoles y cataliza la hidroxilación de ciertos mono fenoles. La enzima tiene actividad máxima a pH5, pero con ácido clorogénico como sustrato, su actividad máxima es a pH7. El segundo componente de la fenolasa no ha sido estudiado muy extensamente aún. (23)

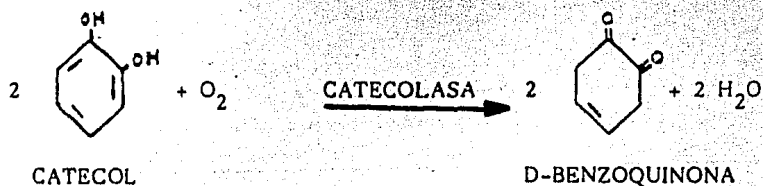
### III.1.1. MECANISMO DE REACCION.

La complejidad de la actividad de las fenolasas está dividida en dos tipos de reacciones:

I.- La fenolhidroxilasa o cresolasa, que hidroliza los anillos aromáticos en posición para con la formación de hidroxiquinonas. En esta reacción, el sustrato específico es un monofenol, tal reacción puede representarse de la siguiente forma:



II.- La polifenol oxidasa o catecolasa efectúa una reacción que produce O-O-quinonas, la actividad de la catecolasa requiere de un difenol, en este caso, la reacción que se lleva a cabo es:



Después de la formación de la benzoquinona sigue un reacondo de hidrógeno para formar un compuesto de color rojo que contiene un anillo heterocíclico el cual posteriormente se polimeriza para dar melanina la cual se asocia a las proteínas unidas por puentes de oxígeno. Estas reacciones se llevan a cabo espontáneamente y no dependen de la presencia de fenolasas y oxígeno. (27)

Los sustratos naturales para la actividad de fenolasas son los compuestos que dan color a las frutas y flores entre los que se encuentran: antocianinas, antoxantinas, taninos, etc. La configuración química más apropiada para la actividad de fenolasa que resulta en una reacción más rápida, son las dehidroxiestructuras. En el caso de la papa, el sustrato para estas enzimas es la L-Tirosina. (7,27)

Existen diversos factores que influyen en la intensidad del oscurecimiento, entre los que se encuentran:

- \*\* Las especies
- \*\* Variedad y grado de madurez
- \*\* Tipo de suelo: se ha encontrado que en suelos con una concentración mediana de nitrógeno, hay una actividad mediana de fenolasa.
- \*\* Temperatura: en general, la temperatura óptima es de 40°C
- \*\* pH: valores cercanos a la neutralidad son óptimos: valores muy ácidos o muy alcalinos inhiben la reacción.

### III.1.2. CONTROL DEL OBSCURECIMIENTO.

Dada la poca aceptabilidad de los frutos dañados por las reacciones de oscurecimiento, se han aplicado diferentes métodos para controlarlas y así evitar influencias negativas. Sin embargo, en algunos casos como en el jugo de manzana y otros, se desea un cierto oscurecimiento para impartir un color adecuado al producto.

Los métodos comerciales más comunes para el control de reacciones de oscurecimiento enzimático, incluyen el tratamiento térmico, el uso de sulfitos y de ácidos y la eliminación de oxígeno. En el caso de adición de sustancias, son muy pocas debido a que deben estar aprobadas por la FDA y no causar problemas de pérdida de sabor, olor, toxicidad, además de ser económicamente costeadas. (7, 9, 27)



## 1) APLICACION DE CALOR.

La intensidad del tratamiento térmico para controlar la acción de las enzimas, depende del pH, la presencia de sales y el grado de aereación, es necesario considerar que en el calentamiento de los frutos y sus derivados, se debe tener en cuenta la consistencia y textura final requeridas ya que al aplicar un fuerte tratamiento se destruyen las fenolasas, pero el alimento puede adquirir poca textura o perder algunos de sus nutrientes.

## 2) INHIBIDORES QUIMICOS.

### 2.1. ACIDOS.

Los diferentes ácidos comerciales (málico, fosfórico, cítrico y ascórbico), al igual que los jugos de limón y de otros cítricos, se emplean para evitar la acción dañina de las fenolasas. Los ácidos como el ascórbico y cítrico pueden inhibir las enzimas debido a su capacidad reductora, por una interacción directa con la enzima o bien por un mecanismo mixto en el que influyen estos dos factores. El ácido cítrico además de reducir el pH, tiene la propiedad de secuestrar los iones cobre necesarios para la actividad de estas enzimas.

### 2.2. EXCLUSION DE OXIGENO.

Este método resulta difícil y en muchos casos poco ventajoso aunque se pueden usar varios tipos de empaque que eviten el contacto entre el aire y el alimento.

La eliminación completa de oxígeno, no es muy recomendable debido a que esto hace que el tejido vegetal adquiera características anaerobias, presentándose reacciones metabólicas que pueden dañar el fruto. (27)

### 2.3. SULFUROS, DIOXIDOS Y SULFITOS.

El dióxido de azufre y sulfitos, generalmente de sodio, son poderosos inhibidores de fenolasas, por lo que son ampliamente usados en la industria de alimentos.

El empleo de estos compuestos, tiene tantas ventajas como desventajas ya que pueden usarse en los casos en que la aplicación de calor cambie desfavorablemente la textura o bien se tenga pérdida de sabor en el producto. Tiene propiedades antisépticas y también ayudan a mantener la concentración de vitamina C.

Por otro lado, su uso en alimentos puede resultar en un objetable sabor y olor, pudiendo de acuerdo a la concentración, modificar el color natural de los alimentos.

Este tipo de compuestos pueden provocar corrosión en latas, son tóxicos a altos niveles; los sulfitos a concentraciones mayores de 0.01M pueden ser detectados orgánicamente (27), por lo que es necesario el cuidar las concentraciones adicionadas a los alimentos.

Uno de los principales problemas que ocasiona es su efecto destructivo sobre la tiamina, la cual en la papa es baja. La pérdida de sabor que puede resultar con la aplicación de  $\text{SO}_2$  en los alimentos no es un gran problema ya que es comparativamente fácil de remover el exceso con sustancias químicas ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). No todo el  $\text{SO}_2$  reacciona para evitar el oscurecimiento, ya que una proporción reacciona con aldehídos o cetonas y forman compuestos de adición que no funcionarían como inhibidores de fenolasas.

### III.2. OBSCURECIMIENTO NO ENZIMATICO.

Casi todos los alimentos procesados pueden presentar reacciones, con la consecuente aparición de color café: estas reacciones de oscurecimientos no enzimático, - pueden deberse a la deshidratación inducida por el calor, la degradación y las reacciones de condensación que van acompañadas de la formación de colores amarillos o cafés y dan un sabor característico. Cuando suceden este tipo de reacciones, invariablemente se altera el valor nutritivo del alimento.

Las reacciones de oscurecimiento no enzimático son de tres tipos:

- CAMELIZACION
- OXIDACION DEL ACIDO ASCORBICO
- REACCION DE MAILLARD

(7, 9, 27)

### III.2.1. CAMELIZACION.

Esta reacción se presenta cuando los azúcares son calentados por encima de su temperatura de fusión, temperaturas a las cuales los monosacáridos forman enoles - durante la etapa inicial de la reacción. Esta reacción se favorece por la presencia de ácidos carboxílicos, algunos metales y por pH (s) alcalinos, aunque también puede llevarse a cabo bajo condiciones ácidas.

Los principales inconvenientes de esta reacción, son la producción de compuestos que dan sabores a quemado y amargos, los cuales se pueden presentar si este proceso no es controlado ya que las sustancias que se producen durante la fase inicial, son de color, sabor y olor agradables.

### III.2.2. OXIDACION DEL ACIDO ASCORBICO.

Los jugos de cítricos, están sujetos a reacciones de oscurecimiento las cuales difieren en partes esenciales de otras reacciones como la de Maillard.

El ácido cítrico juega un papel importante en el oscurecimiento de jugos de frutas y concentrados. Muchas teorías se han postulado en torno al mecanismo de la descomposición del ácido ascórbico, y la más aceptada es aquella que dice que la oxidación va acompañada de la formación de  $\text{CO}_2$ .

El oscurecimiento debido a la oxidación del ac. ascórbico puede ser a través de dos mecanismos: A) La oxidación de éste debido a la presencia de oxígeno, y B) La oxidación a través de acción enzimática, proceso en el cual se involucra una enzima específica que es la AC. ASCORBICO-OXIDASA, la cual requiere cobre como cofactor. (7)

A) Durante la oxidación del ac. ascórbico, que depende directamente del pH y la temperatura del sistema, se ha identificado la aparición de más de 15 compuestos diferentes, siendo el furfural uno de estos, el cual puede polimerizarse y producir pigmentos oscuros.

El evitar este tipo de reacciones, es muy importante en alimentos ya que implica pérdidas de vitamina C, con la consecuente disminución del valor nutritivo, así como la producción de pigmentos indeseables.

B) El ácido ascórbico también puede ser oxidado por la acción de la enzima - ácido ascórbico-oxidasa, que cataliza la reacción de transformación a dehidroascórbico. Esta enzima se encuentra fundamentalmente en productos cítricos, por lo que se debe evitar el contacto de jugos concentrados con recipientes de cobre.

Como control de la oxidación por este proceso, es recomendable el empleo de tratamientos térmicos como la pasteurización para inhibir la enzima así como la exclusión de oxígeno lo que ayuda también a evitar pérdidas de vitamina C.

### III.2.3. REACCION DE MAILLARD.

Esta reacción se lleva a cabo entre el grupo aldehído o cetona proveniente de los azúcares reductores y grupos amino de aminoácidos y proteínas. Este mecanismo se lleva a cabo en forma más frecuente cuando los alimentos se calientan a temperaturas altas, o bien cuando se almacenan por periodos muy largos y va acompañada además por una reducción de la solubilidad de las proteínas, disminución del valor nutritivo y por una producción de sabores amargos. Los azúcares reductores que pueden favorecer esta reacción, son pentosas, hexosas, disacáridos, Ac. urónicos y cetonas, aunque la reactividad de cada carbohidrato es diferente y varía en cada caso.

Las cetonas reaccionan con aminas aromáticas pero no producen pigmentos, sin embargo, con un aminoácido efectúan las correspondientes reacciones de obscuramiento. (27)

Este tipo de reacción, se efectúa en tres etapas, las cuales se resumen en la siguiente forma:

- A. Paso inicial. (no hay formación de color)
  - A.I. Condensación azúcar-amino, para formar glucosil-amina-n-sustituida.
  - A.II. Rearreglo de Amadori: la glucosil-amina se transforma en ceto-simina-aldosa-amina.
- B. Paso intermedio (formación de colores amarillos muy ligeros y producción de olores desagradables).
  - B.I. Fragmentación de azúcares.

B.I.. Degradación de Strecker: formación de  $\text{CO}_2$  y de aldehídos con un átomo de carbono menos.

C. Paso final (formación de pigmentos oscuros conocidos como melanoïdinas).

C.I. Condensación aldólica de compuestos intermedios para formar pigmentos insaturados.

C.II. Polimerización de aldehídos con aminas (27)

Las principales características de este tipo de reacción de oscurecimiento, son las siguientes: (13)

- 1) Es una reacción general que tiene lugar entre azúcares reductores y proteínas.
- 2) Se producen durante esta reacción  $\text{CO}_2$  y agua.
- 3) La producción de pigmentos oscuros al final, es el resultado de la mezcla de materiales polimerizados de composición incierta.
- 4) La reacción es, en algunos casos deseable y en otros no, debido a que ocasiona pérdidas económicas.
- 5) Puede ser prevenida solamente removiendo uno de los reactantes.
- 6) Puede disminuirse por diferentes mecanismos:
  - 6.1. Disminución de la temperatura de almacenamiento.
  - 6.2. Optimización de la actividad de agua (la reacción se considera lenta a valores muy altos y muy bajos de  $a_w$ , y alcanza su velocidad máxima a valores intermedios).
  - 6.3. Por el uso de inhibidores químicos, de los cuales el  $\text{SO}_2$  es el más importante.
  - 6.4. Por disminución del pH del sistema.
- 7) En adición a la modificación del color, se cree que este tipo de reacciones contribuyen a dar olor y sabor agradable
- 8) El estado inicial de la reacción, requiere de la presencia de oxígeno, mientras que la etapa final de la polimerización es afectada por la presencia de éste.

- 9) Los pigmentos oscuros producidos, varían en su grado de solubilidad en agua; el término melanoidina es reservado para el material insoluble y no suele ser aplicado a pigmentos solubles producidos en la etapa anterior.

#### III.2.4. CONTROL DEL OBSCURECIMIENTO.

La temperatura, el pH y la actividad del alimento, desempeñan un papel muy importante en el control de este tipo de reacciones, de tal forma que se pueden inhibir a temperaturas bajas y pH's ácidos. El uso de ácidos en ciertos alimentos como - en el caso de productos deshidratados, ayuda a reducir problemas por la aparición de - estas reacciones de obscurecimiento.

La aw del alimento, es un factor decisivo para que se efectúen estas reacciones, por lo que su control es muy importante. El envasado con gases inertes elimina el - oxígeno que se requiere para llevar a cabo algunos de los pasos de estas reacciones.

La adición de sulfitos inhibe las reacciones de obscurecimiento debido a que interaccionan con el grupo carbonilo de los azúcares reductores y del ácido ascórbico, minimizando la posibilidad de reaccionar. Es importante hacer notar el hecho de que la - adición de sulfitos a los alimentos tiene varias funciones importantes, debido a que su uso es muy amplio, dichas funciones son:

- A) Evitar el obscurecimiento enzimático.
- B) Inhibir el crecimiento microbiano.
- C) Inhibir las reacciones de obscurecimiento del tipo Maillard.

La adición de enzimas como la glucosa oxidasa, inhibe igualmente el obscurecimien to ya que elimina la glucosa contenida en estos productos.

C A P I T U L O

I V

MATERIALES Y METODOS

#### IV. 1. MATERIA PRIMA.

Como ya se mencionó, en México existen diversas variedades de papa, las cuales se clasifican básicamente en dos grupos: las de cáscara roja y las de cáscara blanca o amarilla; para la realización del presente trabajo se empleó papa de cáscara blanca de la variedad "alfa", por ser la más accesible en el mercado, además de que por su forma y tamaño era más fácil su manipulación.

Existen indicaciones de que el ataque por hongos a la cáscara de papa, da como resultado una producción de metabolitos tóxicos por lo que se debe considerar una selección de ésta para que su empleo en la elaboración de productos como harina. (21)

A la papa seleccionada, se le realizó un análisis químico proximal, que comprendió las siguientes determinaciones:

Determinación de humedad	(7.060)
Determinación de cenizas	(22,027)
Determinación de proteínas	(2.057)
Determinación de grasa	(7.060)
Determinación de carbohidratos	(por diferencia)

#### IV.2. METODOLOGIA.

Para llevar a cabo un estudio completo sobre lo que es la elaboración de harina de papa, se consideró importante realizar un plan de trabajo que comprendiera las tres etapas siguientes:

##### IV.2.1. Determinación de la relación concentración.

Tiempo de inmersión de bisulfito de sodio.

##### IV.2.2. Elaboración de harina de papa.

##### IV.2.3. Análisis químico proximal de los productos obtenidos.

##### IV.2.1. Determinación de la relación concentración-tiempo de inmersión en bisulfito de sodio.

El  $\text{SO}_2$  ya sea en solución o como gas, tiene un uso muy amplio en la industria como inhibidor de oscurecimiento en alimentos, por lo cual se consideró



que para eliminar tal problema producido en la papa por acción de las enzimas del grupo de las polifenoloxidasas, fue necesario realizar un estudio en el que se pudiera determinar el tiempo y la concentración mínima de remojo de las rebanadas de papa con un grosor de 0.5 a 1.0 mm. empleando soluciones de bisulfito de sodio, para lo cual se estudiaron primeramente las concentraciones y los tiempos de inmersión sugeridas para este tipo de productos, determinando la concentración de  $SO_2$  residual en ppm en cada una de las muestras; por otro lado, se estudiaron 8 concentraciones de este compuesto, variando de 0.1 a 2%, así como diferentes tiempos de inmersión de las muestras en cada una de las concentraciones estudiadas. Todas las determinaciones fueron llevadas a cabo por duplicado. Dicho estudio se dividió en cuatro fases, las cuales fueron:

- 1.- La fase uno, fue una prueba tentativa, para lo cual se sumergieron las rebanadas de papa en soluciones de bisulfito de sodio, de acuerdo a lo establecido en la bibliografía, 12 horas de inmersión en una solución al 10% de este compuesto (18), y 24 horas de inmersión en una solución al 2% de bisulfito (30).
- 2.- La segunda fase consistió en la inmersión de rebanadas de papa durante 24 horas en soluciones de bisulfito de sodio con concentraciones de 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8%.
- 3.- La fase tres, consistió en la inmersión de rebanadas de papa durante 24 horas, sacando las muestras a intervalos de 1 hora, de siete soluciones de bisulfito de sodio a las siguientes concentraciones: 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5 y 2%.
- 4.- Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos en las anteriores etapas, se había observado que se sobrepasaban los límites de  $SO_2$  total permitidos para este tipo de productos, por lo cual se decidió estudiar las concentraciones de 0.1 y 0.2%. Durante la primera de remojo, se sacaron muestras a intervalos de 5 minutos, en la segunda hora, los intervalos fueron de 30 minutos, y finalmente, de la tercera a la quinta hora de inmersión, los intervalos de muestreo fueron de 1 hora.

Las muestras obtenidas de las diferentes pruebas de inmersión, secadas a temperatura ambiente, molidas y analizadas en su contenido de  $SO_2$  libre y total, mediante una titulación iodométrica (15, 24) para de esta manera detectar en que momento se llega al límite máximo permitido por la FDA para este tipo de productos que es de 200 ppm. (10)

La técnica empleada para la determinación de  $\text{SO}_2$  en las muestras de papa, fue una titulación, la cual depende de la capacidad reductora del compuesto, aunque hay que considerar que aparte del  $\text{SO}_2$ , existen otras sustancias con poder reductor presentes en el alimento procesado. En otras palabras, el alimento posee:

- (x) - Sustancias no específicas con capacidad reductoras.
- (y) -  $\text{SO}_2$  libre.
- (z) -  $\text{SO}_2$  ligado, el cual no tiene capacidad reductora.

Por lo que:

- a. Una titulación directa del producto medirá  $x + y$
- b. Un pretratamiento del producto con acetona bloqueará "y" y una titulación posterior medirá solamente "x".
- c. Un pretratamiento del producto con NaOH deberá liberar al  $\text{SO}_2$  ligado y una titulación posterior medirá  $x + y + z$ .

NOTA: Después del reposo con NaOH, la muestra debe ser acidificada antes de la titulación con yodo 0.02 N.

$$\begin{aligned} \text{-- Contenido de } \text{SO}_2 \text{ total} &= (y + z) = (c - b) \\ \text{-- Contenido de } \text{SO}_2 \text{ libre} &= (y) = (a - b) \end{aligned}$$

Recientemente se han reportado reacciones hipersensitivas en algunos individuos, - las cuales se han atribuido a la presencia de sulfitos en alimentos (29). Dichas reacciones son: shock anafiláctico el cual causa constricción de los conductos bronquiales, dolor de cabeza, dolor abdominal, náusea, vértigos, urticaria.

#### IV.2.2. ELABORACION DE HARINA DE PAPA.

Para la elaboración de harina de papa, se emplearon tres procesos diferentes de - secado (Fig. 1), en dos de ellos se partió de papa cruda (21) y en el tercero de papa cocida. (18)

En los tres procesos se realizó una selección manual de la papa, cuidando que - estuviera libre de daños, seguida de un lavado manual para eliminar tierra y otros materiales extraños. A continuación se describen brevemente los tres procesos seguidos:

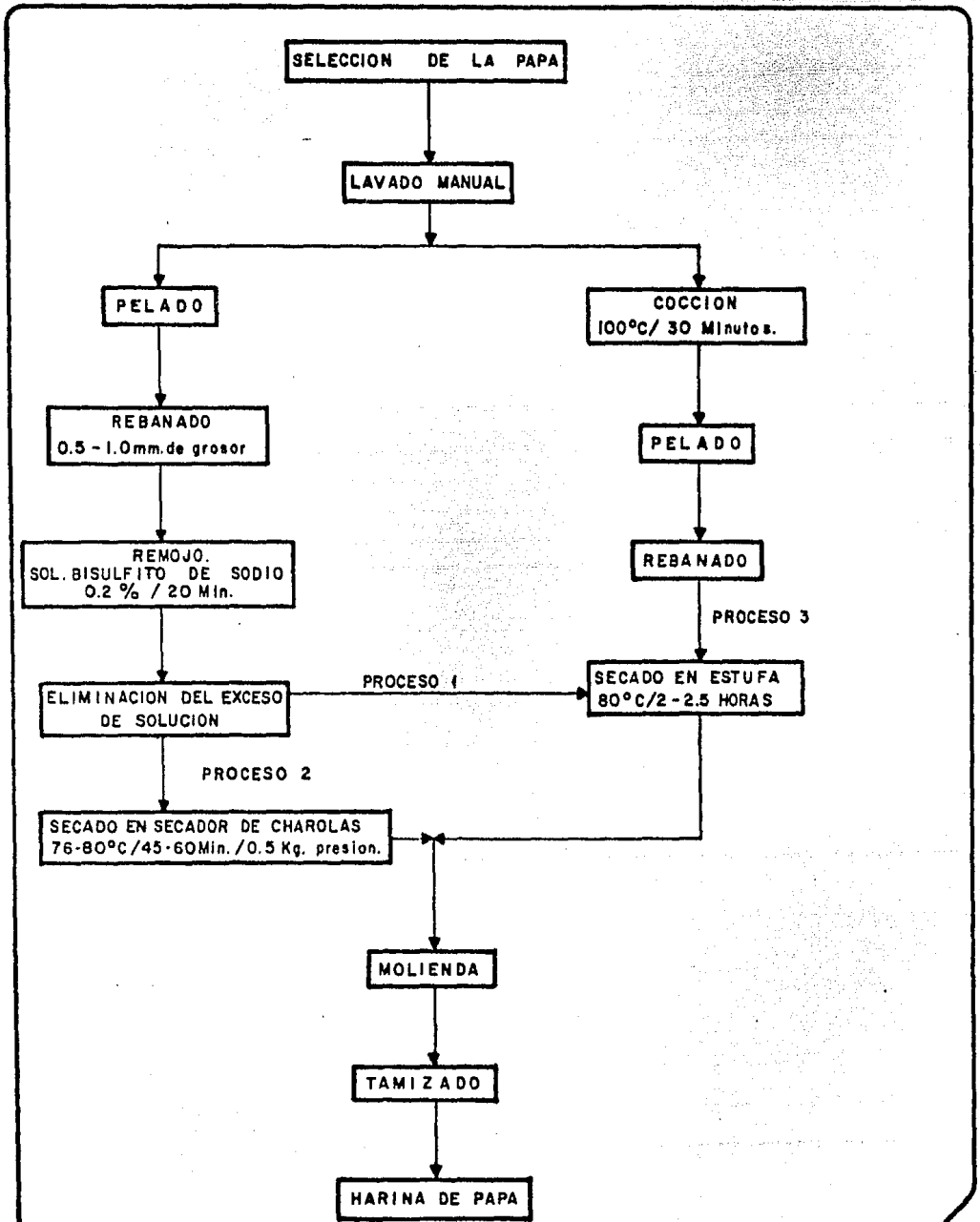


FIG. 1. PROCESOS DE ELABORACION DE HARINA DE PAPA.

- 1.- En el proceso 1, después del lavado manual, las papas fueron peladas manual<sub>mente</sub> a un espesor entre 0.5 y 1.0 mm., inmediatamente después de lo cual las rebanadas fueron sumergidas en una solución de bisulfito de sodio al 0.2% durante 20 minutos, de acuerdo a lo establecido en la primera parte de esta investigación.

Habiendo finalizado el período de remojo, se sacaron las rebanadas de papa para eliminar el exceso de solución mediante un reposo sobre una malla de plástico; como paso siguiente, se procedió a secarlas en una estufa con ventilación forzada a una temperatura de 80°C durante un período de dos a dos horas y media, dependiendo del grosor de la rebanada.

- 2.- En el proceso 2, los pasos seguidos fueron los mismos que para el proceso 1, hasta la etapa de eliminación del exceso de la solución de bisulfito, realizándose el secado para este proceso en un secador de charolas con 0.5 Kg. de presión de vapor a una temperatura de 76 - 80°C y con un tiempo de secado que varió entre 45 - 60 minutos.
- 3.- En el proceso 3, seguido al lavado de las papas, se procedió a la cocción de las mismas a 100°C, durante 30 minutos, continuando con la eliminación de la cáscara y rebanado manual, lo cual presentó problemas de manejo al no poder obtener rebanadas de espesor uniforme. Seguido al rebanado, las papas fueron secadas en una estufa con ventilación forzada a una temperatura de 80°C durante un período que varió entre dos y dos horas y media, dependiendo del espesor de la rebanada.

Para todos los procesos, las etapas finales fueron comunes; las rebanadas secas de papa fueron molidas y tamizadas hasta pasar la malla correspondiente para harinas.

En los procesos mencionados, se aplicaron temperaturas mayores a las sugeridas en la bibliografía, reduciendo de esta manera el tiempo de secado de los productos, además por considerar que una temperatura de 35°C durante 12 horas en una estufa, podría provocar daños en las rebanadas por lo que al haber tanta humedad, se podría favorecer el crecimiento de hongos. Otro factor importante en la aplicación de temperaturas mayores, es el hecho de que con la aplicación de temperatura se elimina el exceso de  $SO_2$  que pueda quedar en el producto. (11)

#### IV.2.3. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL.

Una vez obtenida el harina de los tres procesos descritos, se llevó a cabo un análisis químico proximal al harina obtenida en cada caso, de acuerdo a las técnicas establecidas por el A.O.A.C. (22). También se realizaron pruebas organolépticas de los productos obtenidos al ser reconstituídos con agua hirviendo hasta formar un puré.

C A P I T U L O

V

RESULTADOS Y DISCUSION

## V.I. Determinación de la relación concentración-tiempo empleando $\text{SO}_2$ en la inactivación de enzimas presentes en papa para evitar el oscurecimiento.

Al realizar el tratamiento con  $\text{SO}_2$  a las 24 y 12 horas de inmersión, se observó que las harinas obtenidas bajo estas condiciones presentaban aunado a una pérdida de almidón elevada durante el tiempo de remojo, características organolépticas poco deseables, ya que el olor y el sabor a  $\text{SO}_2$  del producto al ser reconstituido eran notorios, además de presentar una decoloración excesiva.

Por lo anterior, se decidió determinar a la harina obtenida de estos dos tratamientos, el contenido de  $\text{SO}_2$  libre y total, encontrándose que los niveles eran muy elevados (arriba de 2000 ppm), en ambos casos, los cuales rebasaban por mucho los umbrales de detección reportados para dicho conservador que son alrededor de 500 ppm (10). Por otra parte, era importante considerar el hecho de que la FDA marca para este tipo de productos de 200 a 250 ppm como límite máximo permitido.

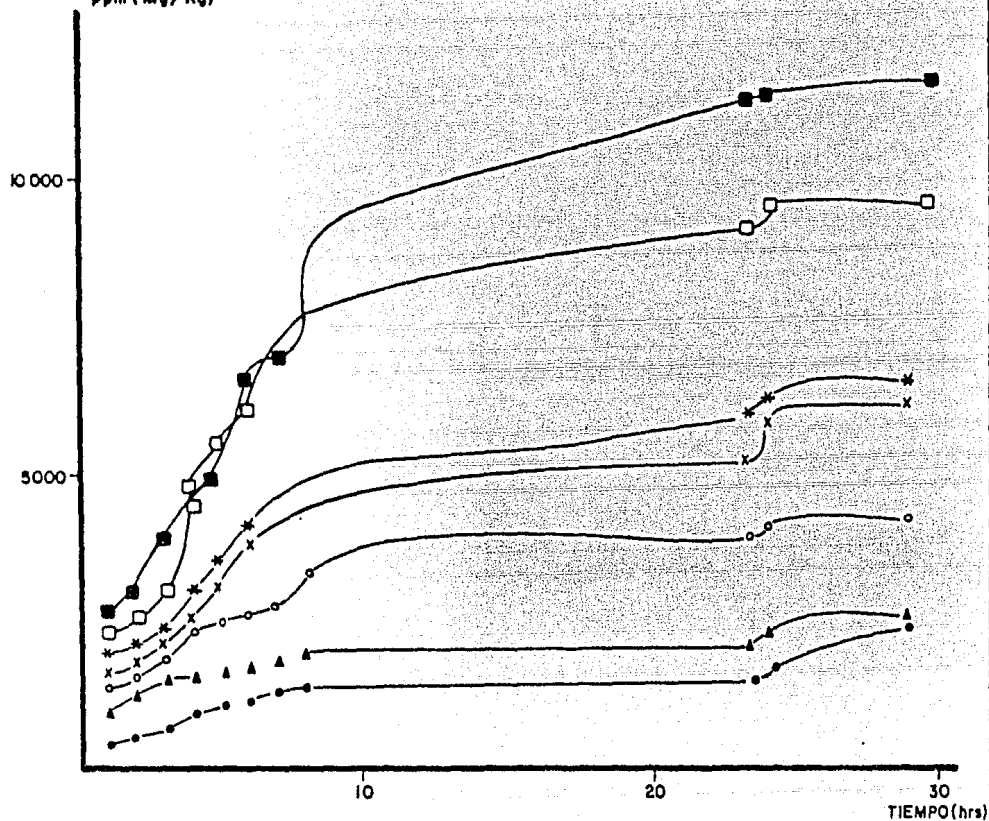
Tomando en cuenta los resultados obtenidos en esta etapa, surgió la necesidad de encontrar la relación concentración-tiempo mínimas de inmersión en bisulfito de sodio requeridas para la inactivación de enzimas, que no rebasaran los límites establecidos por la FDA.

2. Las concentraciones de  $\text{SO}_2$  total de los productos sumergidos durante 24 horas en baños de bisulfito con concentraciones de 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8%, fueron: 1622, 2727, 3440 y 5133 ppm respectivamente. Como puede observarse en estos resultados, los niveles no son convenientes para las muestras debido a que rebasaban los valores mínimos permitidos, además de sobrepasar los umbrales de detección.

Por otro lado, en esta etapa se pudo observar que el contenido de  $\text{SO}_2$  total en las muestras, se incrementaba dependiendo de la concentración inicial de la solución de bisulfito empleada, y que aún en la concentración más baja (0.2%), dichos niveles eran altos.

En base a estos resultados, se pensó que podrían emplearse eficientemente algunas de estas concentraciones si el tiempo de inmersión disminuía, por lo cual se procedió a la siguiente fase de experimentación.

CONCENTRACION DE SO<sub>2</sub>  
ppm (mg/Kg)



- CONC. DE NaHSO<sub>3</sub> = 0.2%
- ▲— " = 0.4%
- " = 0.6%
- ×— " = 0.8%
- \*— " = 1.0%
- " = 1.8%
- " = 2.0%

FIG. II.- CONCENTRACION DE SO<sub>2</sub> TOTAL EN MUESTRAS DE PAPA SECA.  
(INMERSION EN SOLUCIONES DE NaHSO<sub>3</sub> :1a 24 hrs.)



3. Durante esta fase, se llevó a cabo el seguimiento de rebanadas de papa en siete diferentes concentraciones de bisulfito (0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5 y 2.0%), muestreando a intervalos de una hora, hasta encontrar el tiempo de inmersión al cual el nivel de  $\text{SO}_2$  fuera aceptable.

En el siguiente cuadro, se muestran las ppm de  $\text{SO}_2$  total a la primera y última hora de inmersión:

Conc. de la solución de bisulfito (%)	ppm $\text{SO}_2$ (1 hr.)	ppm $\text{SO}_2$ (24 hrs.)
0.2	662	1285
0.4	920	2068
0.6	1342	3813
0.8	1250	5198
1.0	1935	6127
1.5	2307	9237
2.0	2701	11356

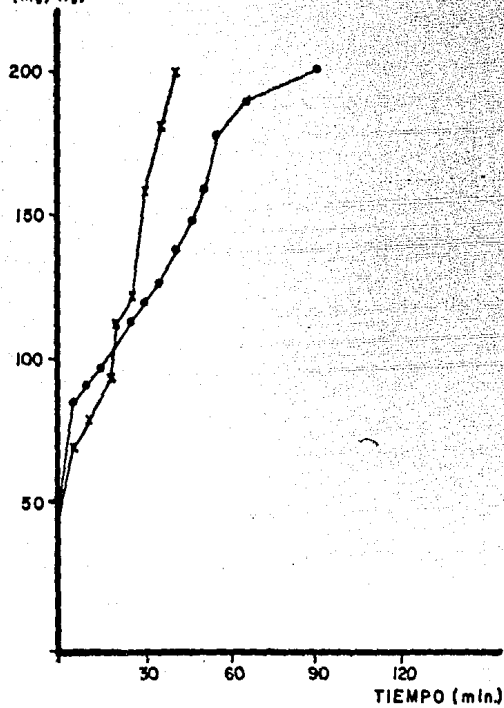
Como puede observarse en el cuadro anterior, el contenido de  $\text{SO}_2$  total en las muestras aumenta en relación directa a la concentración de bisulfito empleada, viéndose que después de 24 horas, los niveles de éste se encontraban en equilibrio con las concentraciones iniciales de  $\text{SO}_2$  en cada solución. Los resultados del resto de las terminaciones intermedias se muestran en la Fig. II.

Los niveles de  $\text{SO}_2$  total determinados en cada muestra, rebasan tanto los umbrales de detección como los límites permitidos desde la primera hora de inmersión, por lo cual, en la siguiente fase se decidió reducir el tiempo de remojo para los muestreos de rebanadas de papa.

4. Durante esta etapa, solamente se trabajaron las dos concentraciones más bajas probadas en la fase anterior.

En la Fig. III se muestran los resultados obtenidos de los diferentes muestreos, pudiendo observarse en ésta, que la concentración de  $\text{SO}_2$  total aumenta con el tiempo, tal y como sucedió en la fase anterior, además de que durante el

CONCENTRACION DE  
SO<sub>2</sub> ppm (mg/Kg)



— x — CONCENTRACION DE BISULFITO DE SODIO = 0.2%

— o — CONCENTRACION DE BISULFITO DE SODIO = 0.1%

FIG.III. SO<sub>2</sub> TOTAL EN MUESTRAS DE PAPA.

período que duró el experimento, no se llegó al equilibrio (aproximadamente 24 horas); asimismo, se determinó que para la concentración de 0.1% el nivel de 200 ppm se alcanzó a los 90 minutos, mientras que para la concentración de 0.2%, fue de 40 minutos. Por otro lado, el tiempo necesario para la inactivación del oscurecimiento enzimático fue de 45 minutos para la concentración de 0.1% y de 15 minutos para la de 0.2%. En ambos casos, los niveles de  $SO_2$  total fueron menores a los niveles permitidos por la FDA.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta última fase de experimentación, se sugiere el uso de una concentración de bisulfito de sodio al 0.2% y un tiempo de inmersión de 20 minutos como rango de seguridad, para lograr una inactivación eficiente; tiempo en el cual se pudo observar claramente que aparte de no tener límites muy altos del compuesto empleado, no se presentó oscurecimiento en las papas después de haber sido secadas que era el principal objetivo perseguido al realizar este estudio.

Por otra parte, es importante recalcar el hecho de que el uso de bisulfito inactivador enzimático tiene también la ventaja de actuar como agente antimicrobiano.

## V.2. ELABORACION DE HARINA DE PAPA.

Algunos de los procesos empleados en la elaboración de harina de papa son:

- 1) Secado en horno a 35°C durante 24 horas. (18)
- 2) Cocción bajo 1 kg. de presión de vapor durante 25 a 30 minutos, seguida de un secado en secador de tambores con una presión de vapor de 4 Kg. (31)

Tomando en cuenta los recursos con los que se contaba para la elaboración de este producto, se diseñaron los tres procesos empleados, los cuales se encuentran descritos en la Fig. 1.

En el proceso de papa cocida (3), se presentaron algunos problemas de manejo de materia prima, debido a que al momento del rebanado se tenía un desprendimiento inmediato de almidón, el cual no fue recuperable, además de que el espesor de la rebanada obtenida no fue homogéneo, lo cual resultó en un tiempo de secado variable.

Para los procesos 1 y 2, se partió de papa cruda, la cual había recibido los tratamientos de inactivación con bisulfito de sodio ya mencionados en la primera etapa de este estudio. En ambos procesos, las rebanadas de papa fueron homogéneas y no se presentaron problemas en la manipulación.

Durante la inmersión de las rebanadas de papa en el baño de bisulfito, se observó desprendimiento de almidón en las rebanadas, el cual una vez eliminado de la solución (por decantación o filtración), fue recuperable, representando un porcentaje del total del producto obtenido.

### V.3. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL.

En la Tabla I, se muestra la composición de las harinas obtenidas por los tres procesos estudiados, así como la composición de la materia prima de que se partió y la comparación con harina de trigo. Por otro lado, en la misma tabla se dan los valores de humedad de cada muestra; como puede observarse, para el producto original, el contenido de humedad fue muy alto mientras que para los procesos de secado 1 y 2, este valor fue de 5.8% y para el proceso de papa cocida fue de 10.6%, lo que comparativamente entre los procesos de obtención de la harina representa casi el doble; esta diferencia puede deberse a que durante el proceso de cocción hay una mayor absorción de agua que en los procesos en que se parte de papa cruda y esto es lo que para ese proceso dificulta su eliminación.

El bajo contenido de humedad de las harinas obtenidas a partir de papa cruda, representa una gran ventaja de éstos sobre la harina obtenida en el proceso 3, ya que estos productos presentan una vida de anaquel mayor, además de un ahorro de tiempo y energía durante la elaboración de los mismos.

COMPONENTE g/100g	PAPA CRUDA		HARINA DE PAPA (Procesos 1 y 2)		HARINA DE PAPA (Proceso 3)		HARINA DE TRIGO	
		*		*		*		*
Proteína	1.79	11.3	11.4	12.1	10.6	11.9	11.76	13.4
Grasa	0.1	0.6	0.37	0.4	0.41	0.46	1.6	1.9
Cenizas	0.15	3.16	3.7	3.9	2.9	3.2	9.56	0.66
Carbohidratos	13.76	87.08	78.6	84.4	75.6	84.1	73.8	84.04
Humedad	84.2	-	5.8	-	10.64	-	12.17	-

\* Resultados en base seca.

TABLA 1. COMPOSICION QUIMICA DE LA PAPA CRUDA, HARINA DE PAPA  
Y HARINA DE TRIGO.

En cuanto al análisis químico proximal de las harinas obtenidas, así como el de la materia prima de que se partió, se puede observar que no existen grandes variaciones entre ellas; la mayor variabilidad de los componentes fue la del contenido de cenizas, el cual es más alto para las harinas elaboradas por los procesos 1 y 2, lo que era de esperarse puesto que en ambos procesos se partió de papa cruda que recibió tratamiento con bisulfito de sodio con la consecuente absorción del mismo, lo que se ve reflejado en el aumento del porcentaje ya mencionado.

Por otra parte, se considera que otro factor que aumenta aparentemente este valor con respecto a la materia prima, es la pérdida de parte del almidón durante el rebanado, cocción o inmersión de las rebanadas de papa. En cuanto al contenido de proteína y de grasa en las harinas, los porcentajes se ven parcialmente aumentados como balance por estas pérdidas.

Con respecto al harina proveniente de papa cocida, los porcentajes de proteínas y cenizas se ven parcialmente aumentados por la pérdida notoria de almidón durante el rebanado (1.1% con respecto a la materia prima), el cual no fue posible recuperar debido a que por encontrarse gelatinizado presentó serios problemas de manejo. En el caso del almidón perdido durante el remojo de las rebanadas en los procesos 1 y 2, cabe hacer la observación que es un almidón recuperable, que representa el 0.9% de la materia prima.

En lo referente al rendimiento, en los tres procesos fue muy bajo, lo cual era de esperarse por el alto contenido de humedad de la materia prima, sin embargo, en los procesos 1 y 2 fue más alto que en el 3, ya que en los primeros fue de 23 y 20% respectivamente, mientras que para el proceso 3 fue de 18%.

Por otra parte, se realizaron pruebas de reconstitución con las tres harinas, adicionándoles agua hervida hasta formar un puré, con lo cual se comprobó que los productos obtenidos por los tres procesos presentaban características organolépticas adecuadas, además de que en el caso de las harinas procesadas a partir de papa cruda, no fue detectable ni el olor ni el sabor de  $\text{SO}_2$ , lo cual era de esperarse puesto que los niveles de  $\text{SO}_2$  total en ambos productos están por debajo de umbral de detección.

En cuanto a la estabilidad de los productos obtenidos, las harinas fueron almacenadas durante un período de seis meses a temperatura ambiente sin presentar cambio alguno en su apariencia, ni problemas de rancidez, lo cual era de esperarse debido al bajo contenido de grasa en los productos.

C A P I T U L O

V I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES.

- I. En la obtención de harina de papa, es más recomendable partir de papa cruda - por facilidad de manejo.
- II. El espesor de la rebanada de papa debe ser homogéneo para obtener un mejor - secado; el espesor sugerido es de 0.5 - 1.0 mm.
- III. La relación concentración-tiempo en la inactivación de enzimas del grupo de las polifenoloxidasas recomendada es una solución de bisulfito de sodio al 0.2% durante un tiempo de inmersión de 20 minutos.
- IV. De los tres procesos estudiados, el más eficiente y rápido, que da el producto - con mejores características, es el proceso en el cual se emplea un secador de cha rolas a una temperatura de 76 - 80°C durante 45 - 60 minutos.
- V. El rendimiento obtenido de cada producto es muy bajo, debido a que la materia prima de que se parte tiene un alto contenido de humedad.
- VI. La vida de anaquel del producto es aparentemente adecuada, tomando en cuenta un almacenamiento a temperatura ambiente durante seis meses. El producto no es higroscópico y mantiene características organolépticas adecuadas.

Los resultados obtenidos hasta el momento son alentadores puesto que el producto obtenido presenta características adecuadas, por lo cual se considera de interés con tinuar los estudios en cuanto a vida de anaquel (pruebas aceleradas que se están llevan do a cabo), optimización del proceso, estudios sobre la obtención de diferentes subpro ductos de harina de papa y estudios sobre la obtención de diferentes variedades de - papa para determinar la variedad más adecuada.

Aparentemente, los costos para la producción de harina son muy altos debido a que requiere un alto consumo de energía, además de que los rendimientos son muy - bajos, por lo cual se sugiere el estudiar la posibilidad de diseñar un secador solar - para la obtención de este producto, como actualmente se realiza en Perú (5), en el cual se cuidan adecuadamente las condiciones de secado para evitar daños y cambios en el producto deshidratado.



Por otro lado, es importante considerar que a partir de papa también se pueden obtener otros productos como son los almidones modificados, que son de uso bastante amplio no solo en la industria de alimentos sino en otras como la farmacéutica y la textil.

Estudios más profundos sobre la aplicación de harina de papa como sustituto parcial en productos de panadería, en la elaboración de tortilla y de pastas alimenticias, han sido reportados por diversos autores (17, 4), por lo cual se sugiere el realizar estudios de este tipo para ver que tan factible puede ser su aprovechamiento a estos niveles.

El realizar estos estudios ya mencionados, permitirá determinar si los procesos de obtención de harina de papa así como la de subproductos de la misma, son factibles de realizarse económicamente, reduciendo al implementar las tecnologías correspondientes, las importaciones que hasta este momento se realizan de los productos ya mencionados. Por otra parte; si los productos resultan rentables y de buena calidad, se abre la posibilidad de elaborarlos tanto para el Mercado Interno como el de Exportación.

B I B L I O G R A F I A

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANUARIO ESTADISTICO DE PRODUCCION AGRICOLA. (1980)  
Dirección General de Economía Agrícola  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F.
- 2.- CONSUMOS APARENTES DE PRODUCCION AGRICOLA. (1983)  
Econotécnica Agrícola 7 (9), Septiembre  
Dirección General de Economía Agrícola.
- 3.- CULTIVO DE LA PAPA (1978)  
Agrosíntesis. Agosto 20. Pag. 46  
México, D.F.
- 4.- LA PAPA NUESTRA DE CADA DIA. (1985)  
Revista del consumidor No. 96 (Febrero).
- 5.- SOLAR ENERGY DRIES POTATOES BOTH DAY AND NIGHT. (1981).  
Circular 9 (8); Agosto.  
Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
- 6.- TODO PARA LA PAPA. (1978)  
Gaceta Agrícola No. 617. (agosto). México, D.F.
- 7.- Badui, Dergal, S. (1981)  
QUIMICA DE LOS ALIMENTOS  
Primera Edición.  
Ed. Alhambra Mexicana. México, D.F.
- 8.- Cruess, W.V. (1958)  
COMERCIAL FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS.  
4a. Edición, Mc. Graw Hill.  
New York, Toronto, London.  
Pag. 628 - 633

- 9.- Desrosier, N.W. (1985)  
ELEMENTOS DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.  
3a. Impresión.  
C.E.C.S.A. México, D.F.
- 10.- Furia, E.T. (1983)  
HANDBOOK OF FOOD ADDITIVES.  
2nd. Edition. Vol. 1, Pag. 142-147  
C.R.C. Press. Inc.  
Boca Raton, Florida
- 11.- Furlong, C.R. (1961)  
PRESERVATION OF PEELED POTATO.II: Uptake of sulphited by peeled anchippad  
potato treated with sodium metabisulphite.  
J. Sci. Food. Agric. 12 (1): 49-54
- 12.- Hampson, C.P. (1976)  
NUTRITIONAL VALUE OF POTATOES.  
British Nutrition Foundation; Bulletin 17, Vol. 3 (5).  
Potato Marketing Board.
- 13.- Hawthorn, John (1980)  
FOUNDATIONS OF FOOD SCIENCE.  
W.H. Freeman and Company  
Oxford and San Francisco.
- 14.- Herrera Ceballos, Eva. (1975)  
TESIS: CONTRIBUCION AL ESTUDIO PARA EL SECADO DE PAPA.  
Facultad de Química. UNAM.
- 15.- Hort, L.F.; Johnstone, F.H. (1971)  
ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS.  
Editorial Acribia  
Zaragoza, España.

- 16.- Ibarra, Colin, M. (1972)  
 TESIS: ANTEPROYECTO PARA LA PRODUCCION DE PAPA DESHIDRATADA.  
 Facultad de Química. UNAM.
- 17.- Knorr, Dietrich (1979)  
 FORTIFICATION OF BREAD WITH POTATO PRODUCTS.  
 Starch/Stärke 31 (7): 242-246.
- 18.- Madamba, L.S.P.; San Pedro, B.L. (1976)  
 CHEMICAL COMPOSITION OF SWEET POTATO FLOUR.  
 Philippine Agriculture 59 (9/10): 350-355
- 19.- Mapson, L.W.; Tomalin, A.W. (1961)  
 PRESERVATION OF PEELED POTATO. III: The inactivation of phenolase by  
 heat.  
 J. Sci. Food Agric. 12 (91): 54-68
- 20.- Mapson, S.W.; Wager, H.G. (1961)  
 PRESERVATION OF PEELED POTATO. II: Use of sulphite and its effect on  
 the thiamine content.  
 A. Sci. Food Agriculture 12 (1). 43-49
- 21.- M. de Carvalho, M.P.; Moura, L.L. Pape, G. (1981)  
 PROCESSO DE OBTENÇÃO DE FARINHA DO BATATA DOCE.  
 Pesq. Agrop. Brasileira. 16(94): 551-556
- 22.- Association of Official Analytical Chemists, (1984)  
 OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. 14th. Edition. Association of Official  
 Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia.
- 23.- Patil, S.S.; Zucker, M. (1965)  
 POTATO PHENOLASES  
 Journal of Biological Chemistry 240 (10): 3938-3943

- 24.- Pearson, D. (1976)  
THE CHEMICAL ANALYSIS OF FOOD.  
7a. Edición, Churchill, Livingston, London.  
Pg. 29-34
- 25.- Potter, E.F.; Hendel, C.E. (1951)  
DETERMINATION OF SULFITE IN DEHIDRATED WHITE POTATOES BY  
DIRECT TITRATION.  
Food Technology 4(11): 473-475
- 26.- Reynoso, Z.; Bacigalupo A. (1972)  
INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS Y NUTRICIONALES SOBRE EL USO DE  
LA PAPA EN LA PRODUCCION DE PAN.  
Anales Científicos 10 (3/4): 194-198  
Santiago de Chile, Chile
- 27.- Santos, Moreno, A. (1982)  
OBSCURECIMIENTO EN ALIMENTOS.  
Universidad Autónoma de Chapingo  
Departamento de Industrias Agrícolas.
- 28.- Schwimmer, S. (1953)  
ENZYME SYSTEMS OF THE WHITE POTATO.  
J. Agric. Food Chemistry 1 (17): 1053-1069
- 29.- Sullivan, D.M.; Smith, R.L. (1985).  
DETERMINATION OF SULFITE IN FOODS BY ION CHROMATOGRAPHY.  
Food Technology 38 (7): 45-53
- 30.- Talburt, W.F.; Smith, O (1975)  
POTATO-PROCESSING.  
The AVI Publishing Co.  
Westport, Connecticut.

- 31.- Yanez, E.; Ballester, D.; Wuth, H.; Orrego, W.; Gattás, V.; and Estay, S. (1981)

POTATO FLOUR AS PARTIAL REPLACEMENT OF WHEAT FLOUR IN BREAD.

Baking studies and nutritional value of bread containing graded levels of potato flour.

Journal of Food Technology 16 (3): 291-298.