



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

## **DESARROLLO DE UNA SOPA SEMI-INSTANTÁNEA FORTIFICADA.**

**Grisel Susana Herrera Gutiérrez**

Asesorado por: MSc. Inga. Sandra Montenegro

Guatemala, febrero de 2008



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>VII</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. LA IMPORTANCIA DE LAS VITAMINAS EN LA DIETA DIARIA</b> .....	<b>1</b>
1.1. Vitaminas Liposolubles .....	<b>2</b>
1.1.1 Vitamina A .....	<b>2</b>
1.2. Vitaminas Hidrosolubles .....	<b>9</b>
<b>2. ZANAHORIA</b> .....	<b>11</b>
2.1. Origen.....	<b>11</b>
2.2. Morfología y Taxonomía.....	<b>11</b>
2.3. Tipos de Zanahorias .....	<b>12</b>
2.4. Calidad.....	<b>12</b>
2.5. Valor Nutricional.....	<b>13</b>
<b>3. SOPA</b> .....	<b>15</b>
<b>4. PROCESOS QUÍMICOS Y FÍSICOS EN LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS</b> .....	<b>17</b>
4.1. Deshidratación.....	<b>17</b>
4.2. Molienda .....	<b>18</b>
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>19</b>
5.1. Definición del diseño, recursos y herramientas adecuadas.....	<b>19</b>
5.2. Articulación del proyecto.....	<b>19</b>
5.3. Evaluación y diseminación de los resultados .....	<b>21</b>
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>23</b>
<b>7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>27</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>29</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>31</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>33</b>
<b>APÉNDICE</b>	
<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b> .....	<b>35</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Las tres formas activas de la vitamina A.....	1
2. Precursores, formas activas y funciones de la vitamina A. ....	1
3. Proceso A, para la obtención de una sopa de zanahoria semi-instantánea.	23
4. Proceso B, para la obtención de una sopa de zanahoria semi-instantánea.	23

### TABLAS

I. Consumo alimentario de referencia. ....	1
II. Comparación entre las vitaminas hidro y liposolubles. ....	1
III. Componentes principales de 100 g de porción comestible de zanahoria. ...	13
IV. Composición detallada de 100 g de porción comestible de zanahoria .....	14
V. Cuantificación de Vitamina A y Fibra en 100 g de porción comestible de zanahoria deshidratada, según el proceso de obtención al que fue sometido.....	23
VI. Formulación de ingredientes, que al reconstituirlos generan una sopa cremosa con buen sabor, apariencia y consistencia. ....	24
VII. Costos de Materia Prima Mensual.....	29



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
---------	-------------

<b>µg</b>	1 microgramo equivale a $1 \cdot 10^{-6}$ gramos.
-----------	---

<b>µm</b>	1 micrometro equivale a $1 \cdot 10^{-6}$ metros.
-----------	---

<b>CH<sub>3</sub></b>	unidades estructural metilo.
-----------------------	------------------------------

<b>OH</b>	unidades estructural oxidrilo.
-----------	--------------------------------

<b>COOH</b>	grupo carboxilo, el cual está formado por dos unidades estructurales: carbonilo C=O e hidróxilo OH.
-------------	--

<b>ER</b>	equivalentes de retinol /día.
-----------	-------------------------------

<b>UI</b>	1 Unidad Internacional de vitamina A equivale a 0,3 µg de vitamina A en alcohol.
-----------	---

<b>RDA</b>	ingestas dietéticas recomendadas.
------------	-----------------------------------



## GLOSARIO

- Apoenzimas** La apoenzima es la parte proteica de una enzima, desprovista de los cofactores o coenzimas que puedan ser necesarios para que la enzima sea funcionalmente activa. La apoenzima es catalíticamente inactiva; cuando se le une la coenzima o cofactor adecuados, constituye la holoenzima, o enzima activa.
- Coenzimas** Las coenzimas son cofactores orgánicos no proteicos, termoestables, que unidos a una apoenzima constituyen la holoenzima o forma catalíticamente activa de la enzima. Tienen en general baja masa molecular (al menos comparada con la apoenzima) y son claves en el mecanismo de catálisis, por ejemplo, aceptando o donando electrones o grupos funcionales, que transportan de un enzima a otro.
- Holoenzima** Enzima que está formada por una proteína (*apoenzima*) y un cofactor o una coenzima. En conclusión es una enzima completa y catalíticamente activa.
- Queratina** Sustancia proteica, muy rica en azufre, que constituye el componente principal de las capas más externas de la epidermis de los vertebrados y de otros órganos derivados del ectodermo, como pelos, uñas, plumas, cuernos o pezuñas.



## JUSTIFICACIÓN

Investigaciones clínicas sistemáticas en algunos países de América Latina, han demostrado que la deficiencia de vitamina A es un problema serio en la población; en Guatemala, a pesar de la fortificación del azúcar, el problema persiste, por lo tanto, es de suma importancia el desarrollo de un producto que se adapte a la vida moderna y que proporcione un alto contenido de carotenoides, como sería una sopa de zanahoria semi-instantánea, que facilite la protección del proceso inmunológico de la población infantil; además, de proporcionar beneficios a la población adulta, ya que al consumir el producto mejoraría sus funciones gastrointestinales y prevendría enfermedades cardiovasculares, gracias al alto contenido de fibra dietética de esta hortaliza.

Para el logro de tal objetivo, se plantea el diseño de un proceso industrial viable, a través del cual y al aplicar conocimientos técnicos y prácticos de operaciones unitarias como lo son la transferencia de masa y calor, permitirá establecer los parámetros de trabajo óptimos y los métodos económicos para la transformación de la materia prima (zanahoria cruda) en un producto apto para la venta, lo cual es el enfoque medular del proyecto.

Adicionalmente, es necesario considerar la aplicación de buenas prácticas de manufactura, para que de este proceso industrial se obtenga un producto idóneo para el consumo humano.



## RESUMEN

A través de este trabajo se diseñó un proceso industrial viable para la obtención de una harina precocida de zanahoria, aplicando conocimientos técnicos y prácticos de operaciones unitarias, que permitió establecer los parámetros de trabajo óptimos y los métodos económicos para la transformación de la materia prima, en un producto de fácil preparación, que contiene las propiedades nutricionales necesarias para un mejor desarrollo del consumidor.

El proceso planteado inicia con la selección manual de la materia prima, un lavado a presión y un rebanado de 5 mm. Los trozos primero se sumergen en una solución de metabisulfito de sodio a una concentración de 300 ppm, y luego se sumergen en una solución a 30°Brix, a una temperatura de 97°C, ambos procesos en un lapso de tiempo de 3 minutos. El proceso continúa con el precocido en una marmita enchaquetada a una temperatura de 92°C durante 20 min, al finalizar éste, se dejan escurrir por un lapso de 5 min, y se trasladan a un molino helicoidal equipado con un disco de 8mm, para realizar la molienda húmeda. La pasta obtenida anteriormente se deshidrata en un túnel de secado semi-continuo a contracorriente, durante 5 horas a una temperatura de 70°C, obteniendo zanahoria con una humedad final del 6%, la cual se pulveriza en un molino de martillos y se tamiza a 297  $\mu\text{m}$ , para obtener una harina precocida de zanahoria.

La harina precocida es utilizada como base en la formulación, para la elaboración de una sopa cremosa semi-instantánea con buen sabor, apariencia y consistencia, la cual proveerá de fibra dietética (4.35% RDA) y carotenoides (286% RDA) al consumir un plato reconstituido de esta formulación.

El proceso se llevó a cabo en la empresa "Labor Santa María" ubicada en la 3ra. Calle 2-09 zona 1, Aldea El Pueblito, Santa Catarina Pínula.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Desarrollar un proceso para la obtención de una sopa de zanahoria semi-instantánea que proporcione fibra dietética y carotenoides al consumidor.

### **Específicos**

1. Obtener una harina precocida como base para la elaboración de una sopa cremosa semi-instantánea apta para el consumo humano.
2. Determinar la formulación correcta de ingredientes, que al reconstituirlos generen una sopa cremosa con buen sabor, apariencia y consistencia.



## INTRODUCCIÓN

La zanahoria es una hortaliza cuyo cultivo a nivel nacional ocupa un lugar importante dentro de las actividades agrícolas, ya sea para mercado de exportación o para consumo nacional. A través de este trabajo de investigación se pretende obtener un proceso industrial que genere una sopa de zanahoria con características de color, olor y sabor que satisfaga los requerimientos del mercado; en vista que es un producto inexistente en la actualidad.

El diseño preliminar incluye los procesos de deshidratación y molienda, los cuales se realizarán a nivel laboratorio hasta llevarlos a nivel planta piloto; bajo un estricto control de los siguientes parámetros de operación:

- Tiempo de escaldado
- Temperatura, tiempo y velocidad de secado
- El contenido de humedad final
- Tamaño de partícula

En el proceso se obtendrá un producto con las características citadas, en relación al color, olor y sabor deseadas.

Adicionalmente, durante el proceso de elaboración se observarán y cumplirán todas las normas de higiene e inocuidad que nos exige la protección de la salud de los consumidores.



## 1. LA IMPORTANCIA DE LAS VITAMINAS EN LA DIETA DIARIA

El término “vitamina” propuesto por Funk en 1911 significa “amina vital”, amina por ser un compuesto orgánico presente en baja concentración en los alimentos y vital por ser necesaria su presencia en la dieta diaria. Estos nutrientes, presentes en los alimentos, el organismo los necesita en pequeñas cantidades, para poder aprovechar otros nutrientes. Las vitaminas son nutrientes que no aportan energía, pero participan como cofactores enzimáticos en muchas reacciones bioquímicas importantes del organismo; su inclusión en la dieta diaria resulta inevitable, ya que sus carencias producen trastornos graves que se conocen con el nombre de avitaminosis. Estos micronutrientes importantes en el metabolismo energético del organismo, actúan como coenzimas, catalizando algunas reacciones bioquímicas en las células de los tejidos. Están presentes en los alimentos naturales, no se pueden sintetizar por el organismo humano en suficiente cantidad, y se requiere de pequeñas cantidades, para el mantenimiento de las funciones metabólicas de la mayoría de las células. Las vitaminas se sintetizan por algunos organismos, particularmente las plantas o los microorganismos. Desde el punto de vista médico terapéutico, es necesario considerar a las vitaminas como un tratamiento farmacológico profiláctico, para la prevención de enfermedades por deficiencia específica de vitaminas (avitaminosis). No está muy claro, su utilidad como agente terapéutico en dosis farmacológicas.

Tradicionalmente, las vitaminas se han clasificado, según un criterio de solubilidad, en liposolubles e hidrosolubles. La solubilidad de la vitamina condiciona su absorción, transporte, almacenamiento y excreción del organismo.

## **1.1. Vitaminas Liposolubles**

Las vitaminas liposolubles están presentes en la parte lipídica o grasa del alimento. Para ser absorbidas requieren la presencia de lípidos, así como de sales biliares, para formar una emulsión que facilite su absorción. Una vez absorbidas, son transportadas a través de la linfa al hígado, y desde allí requerirán la presencia de una proteína transportadora para poder circular por el torrente circulatorio (medio acuoso). Se almacenan en la fracción lipídica del organismo, y si se consumen en exceso pueden alcanzarse dosis tóxicas. En el grupo de las liposolubles se engloban la vitamina A, D, E y K.

### **1.1.1. Vitamina A**

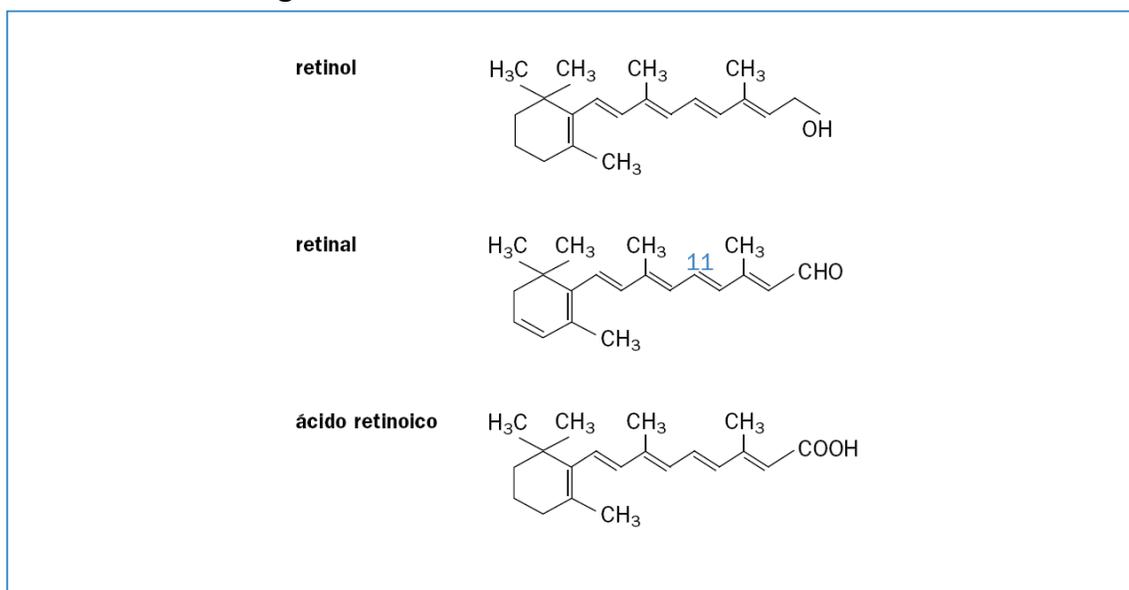
#### **1.1.1.1. Antecedentes:**

En el antiguo Egipto se conocía bien la ceguera nocturna, así como otros trastornos oculares, que eran tratados con hígado, mediante aplicación tópica de extracto obtenido exprimiendo el hígado o bien mediante la prescripción de hígado, rico en vitamina A, en la dieta. Pero esta sabiduría de Oriente se perdió, e incluso en el siglo XIX la ceguera nocturna constituyó una plaga para todos los ejércitos del mundo.

En 1913, los investigadores McCollum y Davis reconocieron la vitamina A como la primera vitamina liposoluble, y en 1930, Karrer identifica la estructura química del  $\beta$ -caroteno y de la vitamina A. La vitamina A engloba una serie de compuestos con actividad biológica denominados retinoides. El cuerpo humano presenta tres formas activas de retinoides: retinol, retinal y ácido retinoico (ver fig. 1), de las cuales el retinol la forma más activa. Algunos pigmentos vegetales, como los carotenoides, generan retinoides al metabolizarse. A estos carotenoides que producen retinol se les denomina provitaminas A. El más activo de éstos es el  $\beta$ -caroteno,

un dímero del retinol. El licopeno y la luteína son otros carotenoides muy importantes como antioxidantes que se encuentran comúnmente en alimentos, pero que no se pueden transformar en vitamina A.

**Figura 1. Las tres formas activas de la vitamina A**

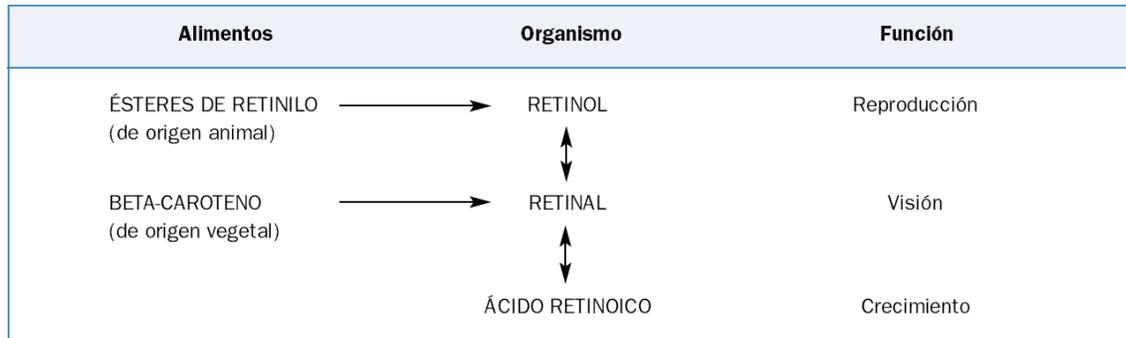


#### 1.1.1.2. Efectos en el Organismo:

La absorción de vitámeros y provitaminas A requiere una digestión inicial. Los alimentos de origen animal presentan la vitamina A en forma de ésteres de retinilo que se hidroliza en el intestino delgado a retinol, el cual se absorbe con mayor eficacia que los ésteres. Los carotenoides presentes en los alimentos de origen vegetal, liberan retinol en el intestino e hígado. La biodisponibilidad de los carotenoides depende de la eficacia de absorción y de generación de retinol. La absorción del  $\beta$ -caroteno y su posterior conversión a retinol es menos eficiente que la de los retinoides directamente. Se ha estimado una eficacia de absorción del 80 al 95% en los ésteres de retinilo ingeridos, pero de tan sólo el 40-60% para el  $\beta$ -caroteno ingerido.

La oxidación del retinol a retinal es reversible, pero no lo son las posteriores oxidaciones, como la del retinal a ácido retinoico, que es irreversible (ver fig. 2).

**Figura 2. Precursores, formas activas y funciones de la vitamina A.**



Entre el 50-80% de la vitamina A en el organismo se almacena en el hígado, donde se encuentra unida a la proteína fijadora de retinol celular. La vitamina A puede movilizarse desde el hígado para distribuirse a los tejidos periféricos. En individuos sanos el retinol del plasma se mantiene dentro de un intervalo estrecho de 40-50 µg/dl en adultos y de casi la mitad en lactantes.

La vitamina A desempeña funciones esenciales en la visión, el crecimiento de los huesos, la reproducción, y la división y diferenciación celular del tejido epitelial; también participa en la regulación del proceso inmune.

Cada una de estas funciones se satisface tanto ingiriendo carotenoides de provitamina A, como ésteres de retinilo, retinol o retinal, ya que cada uno de ellos puede metabolizarse para generar las formas funcionales: retinol, retinal y ácido retinoico.

- **La vitamina A, en la visión:** el retinal es un componente de los pigmentos visuales, de los bastones y los conos de la retina, y

como tal es esencial para la fotorrecepción. En la retina sólo se encuentra una milésima parte de la vitamina A del organismo.

- **La vitamina A, en la síntesis de proteínas y la diferenciación celular:** las superficies del organismo están recubiertas (interior y exteriormente) de células epiteliales. La vitamina A ayuda a mantener la integridad de éstas, promoviendo su diferenciación; asimismo, en la síntesis y secreción de moco, las protege de infecciones por microorganismos o de las secreciones gástricas.
- **La vitamina A, en la reproducción y crecimiento:** el retinol participa en el desarrollo del esperma en el hombre, y en la mujer contribuye al desarrollo fetal durante el embarazo.
- **El  $\beta$ -caroteno como antioxidante:** los carotenoides, además de ser una fuente de vitamina A, pueden actuar por sí mismos como antioxidantes. Esta función, aunque ha sido probada in vitro, actualmente es motivo de estudio en humanos. El  $\beta$ -caroteno que no es transformado en vitamina A protege el organismo de radicales libres, actúa como antirradicalario y como anticancerígeno.
- **Deficiencia:** el estado carencial de vitamina A depende de sus depósitos en el hígado. Cuando una persona adulta y sana deja de tomar alimentos ricos en vitamina A, los síntomas de deficiencia no aparecerán hasta que los depósitos se agoten, lo cual puede tardar entre uno y dos años; en niños en fase de crecimiento este período es más limitado.

La deficiencia de vitamina A es uno de los mayores problemas del mundo subdesarrollado. Más de 100 millones de niños en el mundo presentan algún síntoma de deficiencia, lo cual aumenta su vulnerabilidad frente a las infecciones, la ceguera nocturna o

total (xeroftalmia) y la queratinización, y puede provocar incluso la muerte. Sin vitamina A, las células del estómago y el intestino disminuyen en número y actividad, de modo que secretan una cantidad menor de moco y dan lugar a una acumulación de queratina en los tejidos.

- **La Toxicidad:** es un problema real que se presenta cuando se sobrepasa una ingesta de 15000 ER (equivalentes de retinol /día) Las manifestaciones clínicas de la toxicidad son: enrojecimiento de la piel, pérdida de pelo, hemorragias, anomalías de los huesos, fracturas, fallo hepático y muerte. Los síntomas aparecen cuando la proteína transportadora de vitamina A se encuentra saturada y la vitamina A en forma libre daña las células. La toxicidad de esta vitamina se asocia a una sobreestimulación de la división celular.

Estos síntomas son raros cuando la cantidad de vitamina A es proporcionada por una dieta, pero pueden desarrollarse cuando la persona ingiere una gran cantidad, por ejemplo con suplementos. Los niños son más sensibles a la toxicidad, pues necesitan menos cantidad. La ingesta excesiva de  $\beta$ -caroteno no provoca toxicidad por hipervitaminosis, pero sí puede acumularse en los depósitos de grasa de la piel, desarrollando un color amarillo característico, el cual, sin embargo, no es peligroso. La vitamina A es teratogénica causante de desarrollo fetal anormal y de defectos de nacimiento a dosis superiores a las 10000 UI (1UI equivale a 0,3  $\mu$ g de vitamina A). Las ingestas anteriores a las siete semanas de gestación son las más peligrosas, por esta razón no se dan suplementos de esta vitamina en el primer trimestre de embarazo. Unas dosis masivas de vitamina A no tienen un efecto correctivo sobre el

acné y pueden causar toxicidad. Aplicada tópicamente puede producir irritación de la piel (enrojecimiento) y tendencia a la escamación.

**1.1.1.3. Fuentes Alimenticias:**

Los alimentos ricos en vitamina A son aquellos de origen animal: hígado, aceites de hígado de pescado, leche y derivados, mantequilla y huevos. Los alimentos de origen vegetal no contienen vitamina A, pero numerosos vegetales y algunas frutas contienen carotenoides, precursores de dicha vitamina, por ejemplo, las espinacas y zanahorias, entre otros.

**1.1.1.4. Recomendaciones:**

Las nuevas ingestas dietéticas recomendadas (RDA) para la vitamina A se establecieron en el año 2001 (ver. tab.I). Los valores son algo inferiores a los establecidos en 1989. Las dosis recomendadas se pueden alcanzar consumiendo vitamina A o en forma de precursor.

**Tabla I. Consumo alimentario de referencia.**

(1RE (equivalentes de retinol) = 1µg retinol = 6 µg b-caroteno = 12 µg de otros precursores de vitamina.)

Edad (años)	Recomendación diaria alimentaria (RDA)									Ingesta adecuada (AI)			
	1997-1998						2000		2001	1997-1998			2001
	Tiamina (mg)	Riboflavina, B <sub>2</sub> (mg)	Niacina, B <sub>3</sub> (mg)	Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	Folato (µg)	Cobalamina, B <sub>12</sub> (µg)	Vitamina C (mg)	Vitamina E (mg) <sup>a</sup>	Vitamina A (µg de retinol)	Vitamina D (µg) <sup>b</sup>	Ácido Pantoténico, B <sub>5</sub> (mg)	Biotina (µg)	Vitamina K (µg)
<b>Lactantes (AI) c</b>													
<b>0,0-0,5</b>	0,2	0,3	2	0,1	65	0,4	40	4	400	5	1,7	5	2
<b>0,5-1,0</b>	0,3	0,4	4	0,3	80	0,5	50	5	500	5	1,8	6	2,5
<b>Niños</b>													
<b>1-3</b>	0,5	0,5	6	0,5	150	0,9	15	6	300	5	2	8	30
<b>4-8</b>	0,6	0,6	8	0,6	200	1,2	25	7	400	5	3	12	55
<b>Hombres</b>													
<b>9-13</b>	0,9	0,9	12	1,0	300	1,8	45	11	600	5	4	20	60
<b>14-18</b>	1,2	1,3	16	1,3	400	2,4	75	15	900	5	5	25	75
<b>19-30</b>	1,2	1,3	16	1,3	400	2,4	90	15	900	5	5	30	120
<b>31-50</b>	1,2	1,3	16	1,3	400	2,4	90	15	900	5	5	30	120
<b>51-70</b>	1,2	1,3	16	1,7	400	2,4	90	15	900	10	5	30	120
<b>&gt;70</b>	1,2	1,3	16	1,7	400	2,4	90	15	900	15	5	30	120
<b>Mujeres</b>													
<b>9-13</b>	0,9	0,9	12	1,0	300	1,8	45	11	600	5	4	20	60
<b>14-18</b>	1,0	1,0	14	1,2	400	2,4	65	15	700	5	5	25	75
<b>19-30</b>	1,1	1,1	14	1,3	400	2,4	75	15	700	5	5	30	90
<b>31-50</b>	1,1	1,1	14	1,3	400	2,4	75	15	700	5	5	30	90
<b>51-70</b>	1,1	1,1	14	1,5	400	2,4	75	15	700	10	5	30	90
<b>&gt;70</b>	1,1	1,1	14	1,5	400	2,4	75	15	700	15	5	30	90
<b>Gestación</b>													
<b>14-18</b>	1,4	1,4	18	1,9	600	2,6	80	15	750	5	6	30	75
<b>19-50</b>	1,4	1,4	18	1,9	600	2,6	85	15	770	5	6	30	90
<b>Lactancia</b>													
<b>14-18</b>	1,4	1,6	17	2,0	500	2,8	115	19	1200	5	7	35	75
<b>19-50</b>	1,4	1,6	17	2,0	500	2,8	120	19	1300	5	7	35	90
<p>a Como alfa-tocoferol.</p> <p>b En ausencia de exposición solar. Expresado como calciferol.</p> <p>c Los valores en lactantes en todas las vitaminas corresponden a AI.</p>													

## 1.2. Vitaminas Hidrosolubles

Las vitaminas hidrosolubles difieren de las liposolubles en su comportamiento en el organismo humano. Entre las diferencias de las vitaminas hidrosolubles respecto a las liposolubles, pueden destacarse las que se incluyen en la tabla II.

**Tabla II. Comparación entre las vitaminas hidro y liposolubles.**

	Hidrosolubles	Liposolubles
<b>Absorción</b>	Transporte activo. Difusión facilitada.	Difusión pasiva (en forma de micelas).
<b>Transporte</b>	Libres.	Requieren proteína transportadora.
<b>Almacenamiento</b>	—	Se almacenan en el tejido adiposo.
<b>Toxicidad</b>	Es posible alcanzar niveles tóxicos con los suplementos.	Es bastante probable alcanzar niveles tóxicos con los suplementos.
<b>Requerimiento</b>	Se requieren en dosis frecuentes.	Se requieren en dosis periódicas.

No tienden a almacenarse en el organismo, a excepción de la vitamina B12 y, en parte, la vitamina B6. Son absorbidas por el intestino delgado, principalmente mediante un proceso de transporte activo, y se dirigen a través de la vena porta al hígado.

Dentro del grupo de vitaminas hidrosolubles se encuentran la vitamina C, o ácido ascórbico, y las vitaminas del grupo B. Todas ellas, a excepción de la vitamina C, en algunos casos actúan como coenzimas, tienen un papel regulador en el organismo, en el metabolismo de los hidratos de carbono, los lípidos y las proteínas. Su agrupación bajo el término de complejo B se basa en su fuente común de distribución y en sus íntimas interrelaciones funcionales. Actúan como coenzimas o como grupos prostéticos junto a los apoenzimas. Debido a las estrechas interrelaciones entre las vitaminas, una ingesta inadecuada de alguna de ellas puede alterar la utilización de las otras.



## 2. ZANAHORIA

### 2.1. Origen

La zanahoria es una especie originaria del centro asiático y del mediterráneo. Ha sido cultivada y consumida desde la antigüedad por griegos y romanos. Durante los primeros años de su cultivo, las raíces de la zanahoria, eran de color violáceo. El cambio de éstas a su actual color naranja se debe a las selecciones ocurridas a mediados de 1700 en Holanda, cuando se aportó una gran cantidad de caroteno, el pigmento causante del color, que han sido base del material vegetal actual.

En Guatemala se cultiva la zanahoria en todo el país, pero especialmente en los departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez y Jalapa.

### 2.2. Morfología y Taxonomía.

**Familia:** Umbelliferae.

**Nombre científico:** *Daucus carota*

**Planta:** bianual. Durante el primer año se forma una roseta de pocas hojas y la raíz. Después de un período de descanso, se presenta un tallo corto en el que se forman las flores durante la segunda estación de crecimiento.

**Sistema radicular:** raíz napiforme, de forma y color variables. Tiene función almacenadora, y también presenta numerosas raíces secundarias que sirven como órganos de absorción. Al realizar un corte transversal se distinguen dos zonas bien definidas: una exterior, constituida principalmente por el floema secundario y otra exterior formada por el xilema y la médula. Las zanahorias más aceptadas son las que presentan gran proporción de corteza exterior, ya que el xilema es generalmente leñoso y sin sabor.

**Flores:** de color blanco, con largas brácteas en su base, agrupadas en inflorescencias en umbela compuesta.

**Fruto:** diaquenio soldado por su cara plana.

### 2.3. Tipos de Zanahorias

En Guatemala principalmente se cultiva el tipo Bangor y Chantenay, zanahoria medio larga y gruesa, la cual llena los requerimientos de la mayoría de los agricultores y consumidores. Comercialmente estas características presentan:

**Sk - 4:** zanahorias de SAKATA. Con largo de 20-25. cm, amplia adaptación, es de forma cónica con punta Roma de color naranja intenso.

**Laval:** única en su tipo de 20-25 cm. Cónica, firme de tallos sólidos de amplia adaptación. Sus excelentes características rusticas, le facilitan el transporte de larga distancia y anaquel.

**Chantenay Red Cored:** de polinización abierta, buen color exterior e interior. Longitud promedia de 18 cm. y diámetro de 4.5 cm. Hombros anchos color rojo a naranja.

### 2.4. Calidad.

Existen muchas propiedades visuales y organolépticas que diferencian las diversas variedades de zanahoria para mercado fresco y mínimo proceso.

En general las zanahorias deberían ser:

- Firmes (no flácidas).
- Rectas con un adelgazamiento uniforme.
- Color naranja brillante.
- Ausencia de residuos de raicillas laterales.
- Ausencia de "corazón verde" por exposición a la luz solar durante la fase de crecimiento.
- Bajo amargor por compuestos terpénicos.
- Alto contenido de humedad y azúcares reductores, es deseable para consumo en fresco.

## 2.5. Valor Nutricional.

Las cualidades nutritivas de las zanahorias son importantes, especialmente por su elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas.

**Tabla III. Componentes principales de 100 g de porción comestible de zanahoria.**

Sustancia	Contenido en gramos
Agua	88.2
Proteínas	1.0
Grasa	0.2
Carbohidratos	4.6
Ácidos Orgánicos	0.3
Fibra	3.4
Sales Minerales	0.9

**Tabla IV. Composición detallada de 100 g de porción comestible de zanahoria.**

Sustancia	Contenido	Sustancia	Contenido
SALES MINERALES		AMINOÁCIDOS cont...	
Sodio	60 mg	Histidina	15 mg
Potasio	290 mg	Isoleucina	45 mg
Magnesio	18 mg	Leucina	40 mg
Calcio	40 mg	Lisina	45 mg
Manganeso	210 µg	Metionina	8 mg
Hierro	2 mg	Fenilalanina	30 mg
Cobre	130 µg	Treonina	35 mg
Cinc	640 µg	Triptófano	10 mg
Fosforo	35 mg	Tirosina	16 mg
Cloro	60 mg	Valina	40 mg
Flúor	25 µg	HIDATOS DE CARBONO	
Yodo	15 µg	Glucosa	1.4 mg
Selenio	Trazas	Fructosa	1.29 mg
VITAMINAS		Sacarosa	1.9 mg
Carotenos	12 mg	LIPIDOS	
Vitamina E	600 µg	Acido palmítico	35 mg
Vitamina K	16 µg	Acido esteárico	3 mg
Vitamina B1	70 µg	Acido oleico	3 mg
Nicotinamida	55 µg	Acido linoleico	105 mg
Acido Pantoténico	580 µg	Acido linolénico	12 mg
Vitamina B6	95 µg	OTROS COMPONENTES	
Biotina	5 µg	Acido málico	295 mg
Acido Fosfórico	8 µg	Acido cítrico	50 mg
Vitamina C	7 µg	Acido oxálico	6 mg
AMINOÁCIDOS		Acido salicílico	230 µg
Arginina	40 mg	Purinas	25 mg

### 3. SOPA

La sopa es un plato alimenticio de base líquida, generalmente agua. Culinariamente es más elaborada que un caldo, y está destinada a ingerirse con cuchara. Entre las distintas clases de sopas se pueden distinguir por la temperatura a la que se sirven: distinguiéndose entre sopas frías y calientes.

Además para elaborar este alimento de una manera bastante rápida y eficaz se puede emplear una variedad comercial de sopas deshidratadas, normalmente obtenidas por la deshidratación de todos sus ingredientes, los cuales añaden propiedades nutricionales y saporíferas características a la misma, entre los que se encuentran:

**Acido Cítrico:** Ayuda a la acción de los antioxidantes; inactiva enzimas previniendo pardeamientos indeseables; inhibe el deterioro del sabor y el color.

**Almidón de maíz:** Cuando una suspensión de almidón en agua es calentada entre los 55 y 80° C, los gránulos tienen la propiedad de absorber agua e hincharse, al aumentar varias veces su tamaño original forman una dispersión en medio acuoso, ésta máxima viscosidad, es llamada pasta o engrudo, dándole la consistencia a las sopas.

**Harina de trigo:** está asociada a la cohesividad, viscoelasticidad y extensibilidad de la masa y contribuyen al desarrollo del volumen y textura.

**Inosinato Disódico y Glutamato monosódico:** son unas de las sales sódicas más utilizadas para mejorar el sabor de muchos alimentos procesados.

**Grasa Vegetal:** mejora la palatabilidad y ayuda a la absorción de la vitamina A.

**Leche descremada:** es utilizada para crear una consistencia más cremosa así como una fuente excelente de calcio, proteína y vitamina A.

**Cebolla, Perejil, Azúcar y Sal:** se añaden para mantener o mejorar la calidad nutritiva del producto.



## **4. PROCESOS QUÍMICOS Y FÍSICOS EN LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS**

### **4.1. Deshidratación**

Su aplicación se extiende a una amplia gama de productos: pescados, carnes, frutas, verduras, té, café, azúcar, almidones, sopas, comidas precocinadas, especias, hierbas, etc. El éxito de este procedimiento reside en que, además de proporcionar estabilidad microbiológica, debido a la reducción de la actividad del agua, y fisicoquímica, aporta otras ventajas derivadas de la reducción del peso, en relación con el transporte, manipulación y almacenamiento. Para lograr esto, la transferencia de calor debe ser tal que se alcance el calor latente de evaporación y que se logre que el agua o el vapor de agua atraviese el alimento y lo abandone.

Para que pueda llevarse a cabo de forma directa la deshidratación por aire, es necesario que la presión de vapor de agua en el aire que rodea al producto a deshidratar, sea significativamente inferior que su presión parcial saturada a la temperatura de trabajo.

El proceso puede realizarse de dos formas: por partidas o de forma continua, el equipo consta de: túneles, desecadores de bandeja u horno, desecadores de tambor o giratorios y desecadores neumáticos de cinta acanalada, giratorios, de cascada, torre, espiral, lecho fluidificado, de tolva y de cinta o banda. Estos equipos están diseñados de forma que suministren un elevado flujo de aire en las fases iniciales del proceso, que luego se va reduciendo conforme se desplaza el producto sometido a deshidratación. Así, por ejemplo, para porciones de hortalizas es común que se aplique un flujo de aire con una velocidad de 180 - 300 metros por minuto, con temperaturas en el aire del bulbo seco del termómetro de 90 -100° C y temperaturas en bulbo húmedo inferiores a 50° C.

Posteriormente, conforme va descendiendo el contenido de humedad, se reduce la velocidad del flujo del aire y la temperatura de desecación desciende a 55° C e incluso menos, hasta que el contenido de humedad resulta inferior al 6 %.

En los desecadores de lecho fluidificado y aerotransportadores o neumáticos, la velocidad del aire debe ser suficiente para elevar las partículas del producto a deshidratar, determinando que se comporten como si de un líquido se tratase. Este método se emplea para productos reducidos a polvo, para productos de pequeño tamaño y para hortalizas desecadas.

#### **4.2. Molienda**

El término molienda se ha convertido en genérico en el uso común. Se refiere tanto a la pulverización como a la desintegración. Estas operaciones se diferencian por la naturaleza del material alimentado, por su tamaño y por la reducción que puede alcanzarse. Estas características, entre otras, fijan el diseño de la maquinaria que debe emplearse.

La pulverización de frutas y hortalizas es afectada considerablemente por la humedad residual y por el proceso de desecación empleado. Ciertos procedimientos de desecación dan un material muy quebradizo que después es fácil de moler. Los molinos de uso más general son los de martillos oscilantes con cribas de ranuras o perforaciones o con jaulas de barras.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1. Definición del diseño, recursos y herramientas adecuadas.**

En esta fase se tomarán decisiones en cuanto al diseño modular del proyecto, el cual se llevará a cabo en la empresa “Labor Santa María” ubicada en la 3ra. calle 2-09 zona 1, Aldea El Pueblito, Santa Catarina Pínula. Los recursos y herramientas propuestos para dicho proceso son: lavadora, cortadora de verduras, escaldador, marmita enchaquetada, molino helicoidal, túnel de secado, molino de martillos, 3 tamices, homogenizador de polvos y mano de obra.

### **5.2. Articulación del Proyecto**

#### **Actividad 1 Selección:**

La selección se realizará de forma manual de acuerdo con la ficha técnica, en donde se especificará:

- La variedad
- Tamaño
- Color
- Olor
- Grado de madurez
- Libre de daños físicos, orgánicos y mecánicos.
- Libre de pesticidas

#### **Actividad 2. Corte:**

En esta fase del proceso, se cortan las raíces y la cabeza de la zanahoria utilizando cuchillos comunes; luego se depositan las zanahorias cortadas en una banda transportadora.

#### **Actividad 3. Lavado:**

Luego de aprobada la calidad de la zanahoria a utilizar, se realizará el lavado por medio de agua a presión, al mismo tiempo que son cepilladas.

**Actividad 4. Rebanado:**

Las zanahorias ya limpias se cortarán en rebanadas gruesas de 5 mm de espesor, utilizando una rebanadora, con el objetivo de incrementar su área superficial, optimizando así el proceso de sulfatación y escaldado.

**Actividad 5. Sulfatación:**

Para mantener el color característico de la zanahoria y evitar la aparición de colores indeseables durante el secado, los trozos se sumergirán en una solución de metabisulfito de sodio a 3,000 ppm.

**Actividad 6. Escaldado:**

Los trozos de zanahoria se sumergirán en una solución de azúcar a 30°Brix, a una temperatura de 97°C, afecto de mantener la estabilidad osmótica del nivel de azúcar presente en la zanahoria, por el lapso de algunos minutos; a continuación se sumergirán en agua fría, para evitar el exceso de ablandamiento.

**Actividad 6A . Precocido:**

Con la finalidad de estudiar el comportamiento del contenido de vitamina A y fibra en la harina de zanahoria, esta se cose en una marmita enchaquetada durante 20 minutos a una temperatura de 92°C.

**Actividad 7. Escurrido:**

Al extraerse del escaldado o del precocido, la zanahoria se trasladará a un recipiente con orificios, a fin de eliminar el agua libre, esta fase se llevara a cabo durante 5 minutos, con el objeto de minimizar el tiempo de retención en el túnel de secado.

**Actividad 8. Molienda Húmeda:**

Se realiza en un molino helicoidal con un disco de 8 mm, para disminuir el tiempo de retención y aprovechar el espacio en el túnel de secado.

**Actividad 9. Secado:**

El proceso de deshidratación permitirá la estabilidad de la harina de zanahoria (6% de humedad). Este se llevará a cabo en un túnel de secado semi-continuo

a contracorriente de 6 carros, cada uno con 12 bandejas de 1m x 1.5 m, colocados en pares dentro del túnel. El secado se realizará a una temperatura de 70°C.

**Actividad 10. Enfriado:**

El producto se recibe en una malla enfriadora.

**Actividad 11. Pulverizador:**

Los trozos de zanahoria enfriados previamente serán sometidos a una pulverización a velocidad constante en un molino de martillos.

**Actividad 12. Tamizado:**

Las harinas obtenidas serán pasadas a través de diversos tamices con tamaño de poro 420, 297 y 250  $\mu\text{m}$ , para observar una mejor hidratación de la fibra y por consiguiente una mejor palatabilidad.

**Actividad 13. Formulación:**

La harina obtenida será formulada y reconstituida como sopa cremosa, siendo sometida a análisis sensorial, para determinar el sabor, la apariencia y la consistencia.

**Actividad 14. Homogenizado:**

La harina obtenida se mezclará homogéneamente con las respectivas proporciones de los ingredientes determinados en la actividad anterior, utilizando en esta fase una mezcladora con cóclea vertical de mezcla, dotada de aspa de rotación para una mayor homogeneización del producto.

**Actividad 15. Empaque:**

La mezcla anterior será empacada como sopa semi-instantánea de zanahoria en sobres de 80 g.

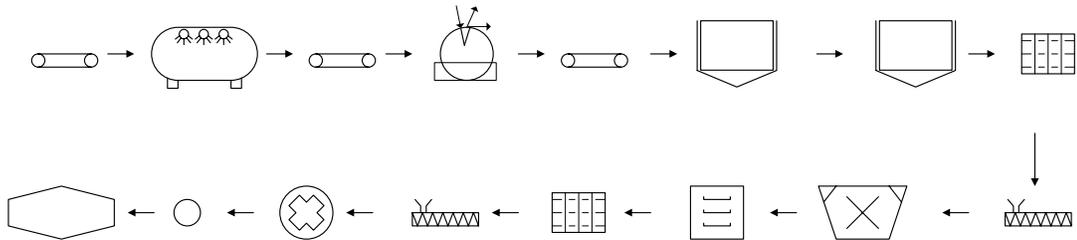
**5.3. Evaluación y diseminación de los resultados**

Este módulo consistirá en la evaluación cuantitativa y cualitativa de los resultados que se hayan obteniendo, así como la diseminación de los resultados del proyecto.

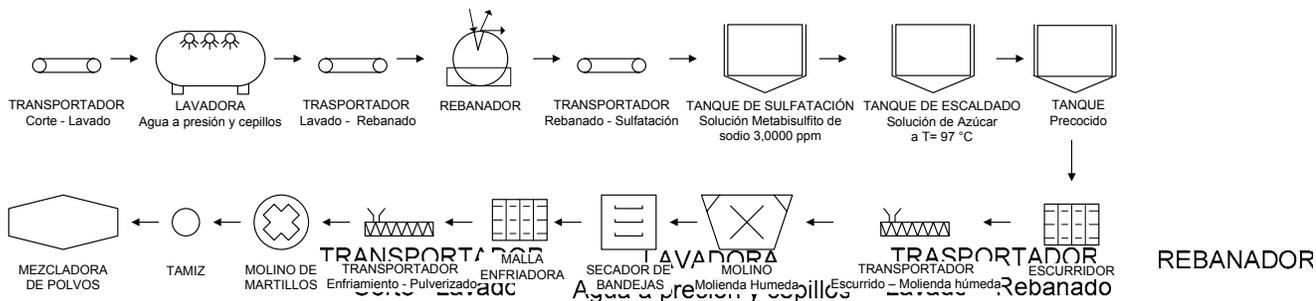


## 6. RESULTADOS

**Figura 3. Proceso A para la obtención de una sopa de zanahoria semi-instantánea. Ref. 2**



**Figura 4. Proceso B para la obtención de una sopa de zanahoria semi-instantánea. Ref. 2**



**Tabla V. Cuantificación de Vitamina A y Fibra en 100 g de porción comestible de zanahoria deshidratada, según el proceso de obtención al que fue sometido.**

MEZCLADORA DE POLVOS	TAMIZ	MOLINO DE MARTILLOS	TRANSPORTADOR Enfriamiento - Pulverizado
PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA ZANAHORIA		VITAMINA A	FIBRA
Proceso A		15,382.10 µg/100 g	5.82%
Proceso B		16,102.05 µg/100 g	0.83 %

**Tabla VI. Formulación de ingredientes, que al reconstituirlos generan una sopa cremosa con buen sabor, apariencia y consistencia.**

INGREDIENTE	%
Harina de Zanahoria	74.52
Acido Cítrico	0.05
Almidón de Maíz	1.49
Harina de Trigo	2.68
Inosinato Disódico y Glutamato monosódico	3.73
Grasa Vegetal	9.94
Cebolla	1.87
Ajo	0.25
Perejil	0.10
Pimienta	0.10
Sal	4.97
Dióxido de Silicio como antiaglomerante	0.30

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El diagrama del proceso A, para la obtención de una sopa de zanahoria semi-instantánea representada en la figura 3, genera una harina de zanahoria con un 15,382.10  $\mu\text{g}$  de vitamina A y 5.82 g de fibra por cada 100 gramos de harina de zanahoria obtenida.

El diagrama del proceso B, para la obtención de una sopa de zanahoria semi-instantánea representada en la figura 4, genera una harina de zanahoria con un 16,102.05  $\mu\text{g}$  de vitamina A y 0.83 g de fibra por cada 100 gramos de harina de zanahoria obtenida.

Como se puede observar, la diferencia de vitamina A presente en 100 g de harina de zanahoria obtenida de ambos procesos es 719.95  $\mu\text{g}$ ; la cual es causada por el proceso térmico. En el proceso A, el producto se expuso a altas temperaturas por un período de tiempo corto, con el propósito de retardar la acción de bacterias y enzimas que deterioran la calidad del mismo, así como, la eliminación de aire y gases. En el proceso B, el producto se expuso a altas temperaturas por un período de tiempo prolongado, el cual logro: inactivar las enzimas, ablandarlo, eliminar los gases intracelulares, reducir en gran medida los microorganismos presentes, reducir cambios indeseables en el sabor, así como favorecer la retención de la vitamina A, al fijar y acentuar el color natural.

El rendimiento obtenido de fibra total para la harina de zanahoria fue de 20.2% para el proceso A y de 2.9% para el proceso B. El rendimiento para ambos procesos se vio afectado durante la primera fase del proceso, ya que en la cáscara de la zanahoria, está presente una importante cantidad de fibra insoluble, compuesta por celulosa, hemicelulosas y ligninas. Así también, la diferencia observada en composición proximal de la fibra obtenida, se atribuye

al precocido en el proceso B, provocando la solubilización de las pectinas, gomas, mucilagos y ciertas hemicelulosas, las cuales se reconocen como fibra soluble.

En ambos procesos, las harinas obtenidas se evaluaron organolépticamente con tres tamaños de partícula ajustadas a través de tamices con tamaño de poro 420, 297 y 250  $\mu\text{m}$ , observando la mejor hidratación de la fibra para un poro 297  $\mu\text{m}$ , incurriendo en la mejor palatabilidad del producto.

Al elaborar y evaluar sensorialmente varias formulaciones, se determinó que la representada en la Tabla VI, al reconstituirla genera una sopa cremosa con buen sabor, apariencia y consistencia. Un plato de esta sopa se genera al reconstituir 20 g de esta formulación con 250 mL de agua, proporcionado al consumidor 2,292.53  $\mu\text{g}$  de retinol y 0.87 g de fibra; los cuales representan el 286.56 % y el 4.35% respectivamente, de la recomendación diaria alimentaria; a un costo de Q.0.94 por plato. (Ver Apéndice)

## CONCLUSIONES

1. El diagrama del proceso A para la obtención de una sopa de zanahoria semi-instantánea representada en la figura 3, genera una harina de zanahoria con mejores propiedades funcionales, que la harina de zanahoria generada en el proceso B, representado en la figura 4.
2. Un plato de sopa cremosa se genera al reconstituir 20 g de la formulación, detallada en la Tabla VI, con 250 mL de agua, proporcionando al consumidor 2,292.53  $\mu\text{g}$  de retinol y 0.87 g de fibra; los cuales representan el 286.56% y el 4.35% de la recomendación diaria alimentaría.
3. La formulación reconstituida, detallada en la Tabla VI, generan una sopa cremosa con buen sabor, apariencia y consistencia; asimismo, proveen al consumidor de ingredientes funcionales necesarios para su desarrollo.
4. La cantidad de vitamina A en la harina de zanahoria generada a través de procesos térmicos, es dependiente del tiempo de retención de esta hortaliza.
5. El proceso de precocido en el proceso B, provoca la solubilización de la fibra soluble, disminuyendo las propiedades nutricionales del producto final.



## **RECOMENDACIONES**

1. Generar harina de zanahoria utilizando como materia prima zanahorias de descarte durante los procesos de exportación, a efectos de reducir los costos de producción.
2. Debido a los altos consumos de energía que requieren los procesos industriales, se plantea la implementación del proceso de obtención de harina de zanahoria, en una planta industrial localizada a inmediaciones de fuentes de energía natural como la energía geotérmica o eólica, lo cual se reflejaría tanto en los costos bajos como en una de producción limpia.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Charley Helen. Tecnología de alimentos** Editorial Limusa. Noriega Editores Segunda Reimpresión. México 1989.
2. **Chávez Julio. Balance de materiales y energía** Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1998.
3. **Kern Donald Q. Procesos de transferencia de calor** Compañía Editorial Continental S.A. Primera Edición. Trigésimo Cuarta Reimpresión México 2003.



## BIBLIOGRAFÍA

1. **Charley, Helen. Tecnología de Alimentos.** Editorial Limusa. Noriega Editores. Segunda Reimpresión. México 1989.
2. **Kern, Donald Q. Procesos de Transferencia de Calor.** Compañía Editorial Continental S.A. Primera Edición. Trigésimo Cuarta Reimpresión. México 2003.
3. **Lamuela-Raventós, Rosa. Postgrado a Distancia en Nutrición y Alimentación, Módulo 2: Agua, Energía y Nutrientes, Tema 7: Vitaminas,** Departamento De Nutrición y Bromatología, Facultad de Farmacia Universidad de Barcelona. Edición: UB Virtual, Pág. 8-12, 19. 2002.
4. **Manual Agrícola.** Superb Agrícola S.A. Guatemala Pág. 162-164.
5. **McCabe, Warren. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.** McGraw Hill. Interamericana Editores S.A. de CV. Sexta Edición. México 2003.
6. **Perry, John. Manual del Ingeniero Químico.** UTEHA. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. Tercera Edición. México 1976.
7. **Treybal, Robert. Operaciones de Transferencia de Masa.** McGraw Hill. Segunda Edición. México 2002.
8. **Valdez López, Artemio. Producción de Hortalizas.** UTEHA. Noriega Editores. México 1998. Pág. 109-116.
9. **Scherz, Heimo. Tablas de Composición de Alimentos.** Editorial ACRIBA S.A. España 1999. Pág. 265.



**APÉNDICE**  
**ANÁLISIS DE COSTOS**

**Tabla VII. Costos de Materia Prima Mensual**

INGREDIENTE	%	Q./ Kg. Ingrediente	Q./Kg. Producto	Costo MP Q./mes
Harina de Zanahoria	74.52	29.24	21.79	14,617.97
Acido Cítrico	0.05	13.57	0.01	4.55
Almidón de Maíz	1.49	27.40	0.41	273.92
Harina de Trigo	2.68	32.43	0.87	583.15
Inosinato Disódico y Glutamato monosódico	3.73	10.60	0.40	265.37
Grasa Vegetal	9.94	24.30	2.42	1,620.86
Cebolla	1.87	43.58	0.82	546.85
Ajo	0.25	45.91	0.11	77.01
Perejil	0.1	55.55	0.06	37.27
Pimienta	0.1	48.58	0.05	32.59
Sal	4.97	2.24	0.11	74.85
Dióxido de Silicio como antiaglomerante	0.3	27.09	0.08	54.53
<b>TOTAL</b>	100		Q27.11	Q18,188.92

Unidades Fabricadas (Platos / Mes) = 33,547

**ESTADO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN MENSUAL  
EN QUETZALES**

Materia Prima Consumida	18,188.92
Mano de Obra Directa	1,374.60
<hr/>	
Costo Primo	19,563.52
Mano de Obra Indirecta	1,374.60
Cuotas Patronales (42.326 %)	1,163.63
Energía Eléctrica	726.00
Combustible	5,280.00
Transporte	1,650.00
Aditivos para el proceso	1,320.00
Otros	575.71
<hr/>	
Costos de Fabricación	12,089.94

Costos de Producción = Costo Primo + Costo de Fabricación = Q.31,653.46

Costo Unitario = Costo de Producción / Unidades Fabricadas = Q.0.94