ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"DESARROLLO DE UNA FORMULA PARA SOPA INSTANTÁNEA CON VALOR NUTRICIONAL A PARTIR DE HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (ARRACACIA XANTHORRHIZA BANCROFT)"

INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERAS DE ALIMENTOS

Presentada por:
Juana Carolina Gutiérrez Barragán
Verónica Paola Reinoso Villacrés

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2011

AGRADECIMIENTO

A la Ing. Grace Vásquez y a la MSc. Fabiola Cornejo Zúñiga, por su apoyo, guía y paciencia a lo largo de este proyecto. Al Ing. Xavier Chávez por su valiosa colaboración.

A la ESPOL, FIMCP y todos nuestros profesores, por entregarnos durante estos años los conocimientos y herramientas necesarias para el desarrollo de nuestra carrera profesional.

Carolina Gutiérrez Barragán

Verónica Reinoso Villacrés

DEDICATORIA

A MI MADRE PORQUE NUNCA DEJÓ DE PERDER LA FE EN MI Y POR SER MI GUIA Y FORTALEZA, SIN TI ESTO NO SERÍA POSIBLE.

A MI PADRE POR SU ORIENTACIÓN Y APOYO.

A LA PERSONA QUE LLENÓ DE AMOR Y ALEGRIA MI CORAZÓN DESDE EL DIA QUE LO CONOCI.

A MI AMIGA Y COMPAÑERA VERONICA POR SU ESFUERZO CONSTANTE.

A TODOS LOS QUE CONTRIBUYERON A MI CRECIMIENTO COMO PERSONA Y COMO PROFESIONAL.

Juana Carolina Gutiérrez Barragán

DEDICATORIA

A MI HIJA, VALENTINA POR DARME FUERZAS DIARIAS CON TAN SOLO SONREIR Y COMPRENDER QUE MAMI TENÍA QUE IR A LA ESCUELITA, SACRIFICANDO ASÍ TIEMPO JUNTAS.

A MIS PADRES, POR SU APOYO CONSTANTE Y EJEMPLO DE SUPERACIÓN. LOS AMO.

A CHIQUI, MI EJEMPLO A SEGUIR. GRACIAS POR TU AYUDA Y CONFIANZA. TE QUIERO HERMANA.

A NENA POR SER MÁS QUE UNA TÍA Y NIÑERA, UNA SEGUNDA MADRE PARA MI HIJA. GRACIAS POR TODO HERMANA, TE QUIERO.

A CARITO, QUIEN DURANTE LA REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO SE CONVIRTIÓ EN MÍ AMIGA.

A EDISON, TE QUIERO AMIGO, GRACIAS POR COMPARTIR "TU SECRETO".

A KEEPWALKING, GRACIAS POR TU AYUDA CULINARIA Y TU AMISTAD.

Verónica Paola Reinoso Villacrés

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade
Decano de la FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Grace Vásquez
DIRECTOR DE TESIS

MSc. Fabiola Cornejo Z.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Informe de Proyecto de Tesis de Grado nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Carolina Gutiérrez B.

Verónica Reinoso V.

RESUMEN

Al realizar este proyecto, el objetivo principal fue el de elaborar una sopa instantánea a base de harina de zanahoria blanca (Arracacia Xanthorrhiza Bancroft), tubérculo producido en la serranía ecuatoriana, siendo escogida por su contribución de vitaminas A, E, D y K, además de su alta digestibilidad y agradable sabor.

En primer lugar, se realizó la caracterización Físico-Química de la materia prima, incluyéndose aquí el estudio del estado de madurez que debe tener la zanahoria blanca para el proceso de secado; dentro de los parámetros físicos se determinó el peso, diámetro, alto, porcentajes de desperdicio y de pulpa de la zanahoria blanca; los parámetros químicos que se analizó fueron el pH, aw, humedad relativa y acidez. Se determinó que la zanahoria blanca presenta un problema de pardeamiento enzimático, que es el color café que se forma al cortar y/o maltratar los tubérculos, ya que las reacciones iníciales que intervienen en este fenómeno están catalizadas por enzimas polifenol oxidasas (ppo), las cuales catalizan la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, con la consecuente transformación a pigmentos oscuros no deseables para la calidad industrial. Para lo cual se decidió realizar un pretratamiento en la pulpa de zanahoria blanca y lograr controlar este pardeamiento. Paralelamente se realizó la respectiva isoterma de sorción para zanahoria blanca pretratada, con el fin de establecer los parámetros adecuados que se deben tener durante el secado.

Al finalizar esta caracterización se llevó a cabo el estudio y proceso de secado, se determinó que la temperatura se secado debe ser de 55,17 ± 5,206°C para un proceso de secado que dura aproximadamente 7 horas 30 minutos con lo que se logra pasar de una humedad relativa de

68,62% a una de 15,32%, esto con el fin de obtener una harina inocua y de buena calidad; a la cual se le realizó análisis Químicos y de granulometría. Dentro de los parámetros Químicos que se analizó están el pH, aw, humedad relativa, cenizas y acidez. En la granulometría se estableció la medida del diámetro de la partícula de harina, lo cual es sumamente importante al momento de realizar las pruebas de rehidratación. Al mismo tiempo, se enviaron muestras al Laboratorio Acreditado PROTAL para el respectivo análisis de proteínas, grasas y fibra necesario para el cálculo del aporte nutricional de la sopa.

Luego de haber obtenido una harina con los parámetros deseados, se procedió a realizar las respectivas formulaciones para obtener una mezcla de sopa instantánea, teniendo como base tres macro elementos; harina de zanahoria blanca, leche descremada en polvo y sal. Se seleccionó dos fórmulas para ser sometidas a pruebas sensoriales, las cuales se realizaron con un panel de 30 jueces en donde se escogió la fórmula más adecuada evaluando características sensoriales como el sabor y color, los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente por medio del programa MINITAB. Teniendo la fórmula con mayor aceptación se procedió a calcular el aporte energético y nutricional, además se la sometió a pruebas de rehidratación, teniendo que la mejor proporción para la rehidratación de la harina es de 0.111 harina: 1 agua.

En último lugar se realizó el estudio de estabilidad, se determinó los principales parámetros que deben ser controlados para mantener intactas el mayor tiempo posible las características sensoriales y físico-químicas de la sopa instantánea. Se analizó la propiedad física de los líquidos como es la viscosidad y los cambios sensoriales que presenta la mezcla en polvo al ser sometida a una alta humedad, además se

estableció la humedad crítica del producto, punto en el cual se empiezan a dar los primeros cambios en la sopa instantánea. Con los datos obtenidos de estas pruebas se construyó la isoterma de producto terminado, la cual fue necesaria al momento de realizar los cálculos de permeabilidad al vapor de agua en empaque.

Al finalizar este proyecto se obtuvo una fórmula para zanahoria blanca con características sensoriales adecuadas para su comercialización; de esta manera se pretende que este cultivo andino subexplotado pueda ser industrializado, ayudando así a la economía de pequeños agricultores.

INDICE GENERAL

RESUMEN……..……..……..……..II

ÍNDICE GENERAL…...……...……..……V

ABREVIATURAS……..……..……..……...VII

SIMBOLOGÍA……..……..…VIII

ÍNDICE DE FIGURAS……..……....….IX

ÍNDICE DE TABLAS…….……X

INDICE DE GRÁFICAS…….……..XII

INTRODUCCIÓN…….……..1

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.....3

1.1 Materia Prima…….……..…..…4

1.1.1 Origen y Botánica…….……..….5

1.1.2 Cultivos y disponibilidad……..…6

1.1.3 Composición química y Valor Nutricional…….8

1.2 Proceso de Secado…...……..…..……..11

1.3 Sopas Instantáneas……...……..……16

1.3.1 Tipos y características……..……...……..…17

1.3.2 Ingredientes y especificaciones……..……....……18

1.3.3 Proceso de Elaboración…….…..……....……19

1.3.4 Principales Alteraciones……..……..…..20

1.4 Rehidratación de polvos……...……..……21

CAPÍTULO 2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA……..…..23

2.1 Características de Materia Prima……..23

2.2 Metodología de trabajo……..…24

2.2.1 Ensayos Físico – Químicos……..……..……28

2.2.2 Secado……..28

2.3 Isotermas de desorción……...……..……..32

2.4 Proceso de secado…….……..……..33

2.4.1 Curvas de secado…….34
2.5 Caracterización de la harina……..…..36
CAPÍTULO 3 OBTENCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)……..…….41
3.1 Ingredientes……..……41
3.2 Formulaciones……..……..…….42
3.2.1 Evaluación sensorial……..……..….43
3.2.2 Aporte nutricional y energético……..……..46
3.2.3 Rehidratación…….47
3.3 Estabilidad…….…….48
3.3.1 Determinación de Humedad crítica en función de la viscosidad……..……..48
3.3.2 Elaboración de Isoterma del producto terminado……..….52
3.3.3 Cálculos de permeabilidad al vapor de agua en empaque……..…….53
CAPITULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..…..57
APÉNDICES
BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
cm	Centímetros
cm2	Centímetros cuadrados
g	Gramo
g/ml	Gramo por mililitro
h	Hora
Kg	Kilogramos
m	Metro
m2	Metro cuadrado
ml	Mililitro
mm	Milímetro
min	Minuto
s	Segundo
µm	micrómetros
%	Por ciento

SIMBOLOGIA

A	Área
aw	Actividad de agua
b.h.	Base húmeda
Dp	Diámetro promedio
Dpsup	Diámetro superior
ERH	Humedad relativa en equilibrio
H2O	Agua
HR	Humedad relativa
m	Masa inicial
me	Humedad de equilibrio del alimento con elambiente
mc	Humedad crítica para el empaque
mo	Humedad inicial
pH	Potencial de Hidrógeno
R	Velocidad de Secado
s.s.	Sólido seco
T	Temperatura
t	Tiempo
Δt	Diferencial de tiempo
Δx	Diferencial de Humedad libre
x	Humedad Libre
xc	Humedad crítica
xt	Humedad en base seca
x*	Humedad en equilibrio
W	Peso de la muestra
Ws	Peso de sólidos secos

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.2	Razones para el secado de alimentos…….…….	11
Figura 1.3.3	Proceso para la elaboración de sopa instantánea a base de harina de zanahoria blanca……..	19
Figura 2.2	Cambios fisiológicos de la zanahoria blanca a través del tiempo……..	27
Figura 2.2.2	Proceso para la elaboración de harina de zanahoria blanca por el método de secado por convección……..…	31
Figura 2.3	Isoterma de desorción para zanahoria blanca……..	32
Figura 2.5	Equipo de tamizado.....…….	38
Figura 3.5.1	Viscosidad vs. Humedad para sopa de zanahoria blanca	52
Figura 3.5.2	Isoterma del producto terminado	53

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Nominaciones de zanahoria blanca en otros países……	4
Tabla 2	Condiciones de desarrollo de cultivo de la zanahoria blanca……	5
Tabla 3	Composición químico proximal de la zanahoria blanca……..……	9
Tabla 4	Composición de aminoácidos esenciales de las proteínas de zanahoria blanca comparadas con las proteínas de la FAO/OMC-1973…….....	10
Tabla 5	Valores aproximados de las principales vitaminas presentes en la zanahoria blanca……..…...	10
Tabla 6	Promedio obtenido de peso, diámetro y alto de la zanahoria blanca……..	24
Tabla 7	Rendimientos de la zanahoria blanca…….	25
Tabla 8	Características físicas de la zanahoria blanca…….	25
Tabla 9	Diferentes estados fisiológicos de la zanahoria blanca...	26
Tabla 10	Características químicas de la zanahoria blanca…….	28
Tabla 11	Condiciones de operación durante el secado……..	33
Tabla 12	Parámetros de secado……..……	34
Tabla 13	Caracterización física de la harina de zanahoria blanca....	37
Tabla 14	Caracterización química de la harina de zanahoria blanca……..	37
Tabla 15	Granulometría de la harina de zanahoria blanca…..……	38
Tabla 16	Composición nutricional de harina de zanahoria blanca/100g	39
Tabla 17	Fórmulas iniciales propuestas para sopa de zanahoria blanca……..	42
Tabla 18	Resultados prueba sensorial……..	44
Tabla 19	Aporte nutricional y energético de la fórmula final para sopa instantánea de zanahoria blanca……..	46
Tabla 20	Relación Harina de Zanahoria Blanca – Agua	47
Tabla 21	Resultados obtenidos para determinar el intervalo de Humedad Critica…….	49

Tabla 22 Datos obtenidos de las pruebas de consistencia…….. 51
Tabla 23 Contenidos de Humedad en Base Seca…….. 55

INDICE DE GRÁFICAS

		Pág.
Gráfica 1.1.2	Zanahoria blanca, evolución de la producción™, superficie cosechada (Has) y rendimientos (TM/Ha), 1998-2003……..……	6
Gráfica 1.1.3	Zanahoria blanca, principales zonas de producción, 2000…….	8
Gráfica 2.4.1	Humedad en base seca (Xt) vs. Tiempo (t)…..……	35
Gráfica 2.4.2	Humedad libre (X) vs. Tiempo (T)……..	35
Gráfica 2.4.3	Curva de velocidad de secado……..	36
Gráfica 3.3	Composición porcentual de Fórmulas……..	44
Gráfica 3.4	DOPLOT fórmula vs. Puntaje……..	45

INTRODUCCIÓN

La zanahoria blanca es un producto que se encuentra disponible todo el año, sus costos de producción son bajos y representa una alta fuente de carbohidratos, además de aportar calorías, fibra y minerales principalmente calcio, fósforo, hierro además de vitaminas como la niacina; es una raíz andina, siendo parte de la economía de los pobladores de las distintas zonas de la Cordillera Andina en los países del Sur de América, la cual no ha sido aprovechada.

Debido a las características de la harina y el almidón de la zanahoria blanca puede ser utilizada como ingrediente principal dentro de las sopas instantáneas, las cuales son actualmente un alimento que permite saciar el hambre, puede ser una buena manera de llevar a la población una propuesta alimenticia de alto valor nutritivo, además agregando a estas la utilización de harinas de tubérculos y raíces resultan como una interesante propuesta debido a los aportes de fibra dietética, almidón resistente y minerales.

Esta propuesta pretende diversificar el uso de la zanahoria blanca, planteando la formulación y elaboración de una sopa instantánea a partir de

harina de zanahoria blanca, con un alto valor nutricional y energético de fácil preparación; la cual fue sometida a una caracterización física, química, funcional y de estabilidad al almacenamiento a temperatura ambiente.

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES

La zanahoria blanca, comercializada en Ecuador bajo este nombre, es más conocida en otros países de América del Sur por su nombre de “arracacha”, la cual no es aprovechada como cultivo para su industrialización, a pesar de ser rica en nutrientes y minerales. Se pretende en este capítulo estudiar a fondo sus características y el proceso que se debe seguir para industrializar este cultivo, estudiando para ello el secado y las generalidades en cuanto a sopas instantáneas.

1.1 Materia Prima

La zanahoria blanca es una raíz considerada como uno de los productos ancestrales dentro de la comunidad andina, incluyendo a Ecuador, siendo conocida en otros países con diferentes nombres, los cuales se sintetizan en la Tabla 1.

TABLA 1

NOMINACIONES DE ZANAHORÍA BLANCA EN OTROS PAISES

PAIS	NOMINACIÓN
Colombia	➢ Arracacha
Bolivia	➢ Arracacha, Iacachu
Venezuela	➢ Arracacha ➢ Racacha ➢ Apio criollo ➢ Arrecate ➢ Aricachi
Perú	➢ Racacha, Virraca, Ricacha
Ecuador	➢ Zanahoria Blanca
Puerto Rico	➢ Apio
Inglaterra	➢ Arracacha Racacha ➢ White Carrot ➢ PeruvianCarrot ➢ PeruvianParsnip.
Brasil	➢ CenouraAmarela ➢ Batata Baroa ➢ Batata Fiusa ➢ Batata Tupenianbá ➢ Batata Arracacha ➢ Batata Jujiba ➢ Batata Suiça
Francia	➢ Panéme ➢ Pone De Terre Céleri

Fuente: Amaya Robles, Julca Hashimoto. "ARRACACHA" *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. Biodiversidad y Conservación de los Recursos Fitogenéticos Andinos. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Conservación del Medio Ambiente, 2006. Página 4.

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010

Verónica Reinoso Villacrés

1.1.1 Origen y Botánica

Sin duda alguna la arracacha es la planta más antigua cultivada en América del Sur,entre Colombia, Ecuador y Perú siendo descrita en 1825 por Bancroft (18).La planta puede crecer hasta un metro o más, la altura promedio que alcanza es de 1.30 m., el tallo es un tronco cilíndrico y corto que alcanza 10 cm de alto y 10 cm de diámetro, y lleva en la parte superior numerosos brotes. Cada uno de éstos presenta hojas de pecíolos largos, divididas en 3-7 folíolos, muy recortados. Follaje de color verde o bronceado, según la variedad. Del tallo salen dos clases de raíces: finas y largas, o tuberosas y fusiformes. Estas últimas son la parte utilizable. Miden 5-25 cm de largo, tienen hasta 8 cm de diámetro.

Básicamente en la Tabla 2 se resumen las condiciones para el desarrollo de cultivo de Arracacha.

TABLA 2

CONDICIONES DE DESARROLLO DE CULTIVO DE ZANAHORIA BLANCA

pH	6,3 – 6,8
Temperatura (ºC)	13 – 22
Precipitación Anual (m.m.)	700 – 1500
Altitud (m.s.m.n.)	1200 – 2900
Tipo De Cultivo	Perenne
Suelo	Prefiere suelos sueltos y profundos, con un buen contenido de materia orgánica (3 – 3,5%)
Inicio Cosecha	9 – 11 meses

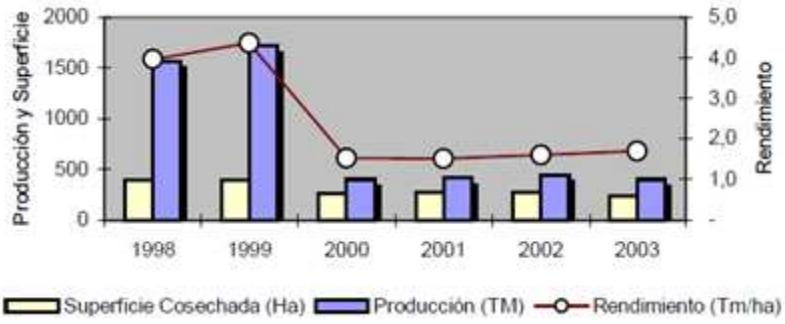
Fuente: Beltrán. Estudio de Prefactibilidad para la Implementación de una Granja Integral Autosuficiente en la Parroquia Gualea del Cantón Quito.(9)
Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés.

1.1.2 Cultivos y Disponibilidad

No existen datos actualizados sobre volumen de producción y áreas cultivadas de zanahoria blanca, no obstantede acuerdo con estudios realizados en el año 2003 por instituciones como SICA, MAG Y OFIAGRO se registró que la producción de zanahoria blanca en el Ecuador tiene dos etapas perfectamente diferenciadas, la primera que abarca los años 1998 y 1999 está caracterizada por niveles de producción muy altos pasando de 1556 a 1716 TM respectivamente en los dos años, con una superficie cosechada que permaneció constante en 393 Ha, por lo que el rendimiento fue un 10% mayor en el año 1999 (Gráfica 1.1.2) (OFIAGRO 2005) (15).

GRÁFICA 1.1.2

ZANAHORIA BLANCA; EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ™, SUPERFICIE COSECHADA (Has.) Y RENDIMIENTOS (TM/Ha), 1998-2003



Fuente: SICA, MAG, OFIAGRO
Elaborado por: OFIAGRO

A partir del año 2000, la producción presenta una considerable disminución, la cual se ubicó en 404 TM un 76% menos que el año anterior, a pesar de que la superficie cosechada no tuvo una disminución tan sustancial (decreció un 33%). (OFIAGRO 2005) (15).

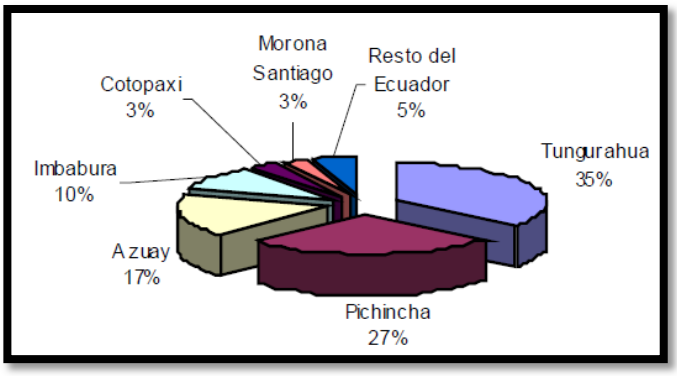
La tendencia se ha mantenido; en el 2001 la producción se incrementó en un 3% y la superficie cosechada en 4% llegando a 415 TM y 273 Ha respectivamente, cifra que no varió en el 2002 para la superficie cosechada, y para la producción alcanzó un 5% de crecimiento. (OFIAGRO 2005) (15).

En el año 2003 tanto la producción como la superficie cosechada se redujeron en un 8% y 13% equivalentes a 403 TM y 237 Ha, pero en contraste el rendimiento se incrementó en un punto porcentual alcanzando 1,7 TM/Ha. (OFIAGRO 2005) (15).

La zanahoria blanca es un tubérculo que se produce exclusivamente para el consumo interno del país, ubicándose entre sus principales zonas de producción a nivel nacional las provincias de: Tungurahua (35%), Pichincha (San José De Minas) (27%) y Azuay (17%), el restante 21% se distribuye entre Imbabura (Cotacachi), Cotopaxi, Morona Santiago y el Resto del Ecuador.(OFIAGRO 2005) (15).

GRÁFICA 1.1.3

ZANAHORIA BLANCA, PRINCIPALES ZONAS DE PRODUCCIÓN, 2000



Fuente: SICA, MAG, OFIAGRO (15)
Elaborado por: OFIAGRO

1.1.3 Composición Química Y Valor Nutricional

Dentro de la composición química un bloque interesante lo constituyen loscarbohidratos totales, conformados en su mayoría por los azúcares yalmidones que el organismo utiliza de un modo completo, así comofisiológicamente menos aprovechables, pentosanas, ácidos orgánicos, entreotros. (CIP, 2000) (8).

Sus raíces tienen textura y sabor agradablesque combinan bien con otros alimentos. Sonfáciles de digerir, producen un almidón fino y de alta calidad, tienen alto contenido decalcio, hierro, fósforo, betacaroteno yvitaminas hidrosolubles, además de las vitaminas A, E, D y K. (CIP, 2000) (8).

Su principal inconveniente es sucorta vida de almacenamiento y su vulnerabilidada sufrir daños durante el transporte. Aunque la zanahoria blanca es más conocida porsus raíces, ninguna parte de esta planta quedasin aprovecharse. Los tallos y las hojas se usancomo alimento para animales y las hojas, quetienen un alto contenido de oxidantes,también se usan en muchas aplicacionesmedicinales tradicionales, por sus propiedades curativas contra el reumatismo. (CIP, 2000) (8).

La Tabla 3 detalla la composición química y valor nutricional de la Zanahoria Blanca.

TABLA 3

COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA ZANAHORIA BLANCA

- Para 100 gramos de producto comestible –

	g/100g de materia fresca	
COMPONENTES	Promedio	Variación
Humedad	74,00	64,12 – 61,37
Sólidos totales	26,00	16,83 – 34,14
Carbohidratos	24,91	19,25 – 29,87
Proteínas	0,96	0,60 - 1,85
Lípidos	0,26	0,19 – 0,35
Cenizas	1,30	1,05 -1,38
Fibras	0,85	0,60 – 1,24
Almidón	23,51	16,91 – 25,49
Azúcares totales	1,66	0,65 – 1,98
Calorías	104	96 – 126

Fuente: (AMAYA J., JULCA J., 2006) (1)

TABLA 4

COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES DE LAS PROTEÍNAS DE LAZANAHORIA BLANCA COMPARADAS CON LAS PROTEÍNAS DE LA FAO/OMS-1973

AMINOACIDOS	mg de aminoácidos/g de nitrógeno	
	Arracacha	Proteína padrón de la FAO/OMS 1973
Isoleucina	83	250
Leucina	237	440
Lysina	203	340
Metionina + Lysina	179	220
Fenilalanina	386	380
Tirosina	186	250
Treonina	144	60
Triptofano	191	310
Valina	33.2	100
Valor (E/T%)	22.6	36

Fuente: (AMAYA J., JULCA J., 2006) (1)

TABLA 5

VALORES APROXIMADOS DE LAS PRINCIPALES VITAMINAS PRESENTES EN LA ZANAHORIA BLANCA

Vitaminas	100 gr. De material fresco
Vitamina A	1.759
Tiamina	0.08
Riboflavina	0.04
Niacina*	4.5
Piridoxina	0.03

Fuente: (AMAYA J., JULCA J., 2006) (1)

De las vitaminas presentes en las raíces de arracacha (TABLA 5), la más importante es la Niacina, cuyos valores varíande 1.0 a 4.5 mg en 100g de raíces frescas y la Vitamina A, que puede alcanzar niveles de

hasta 6.800 U.I. (2.040 µmg decarotenoides en 10 g.). (AMAYA J., JULCA J., 2006) (1)

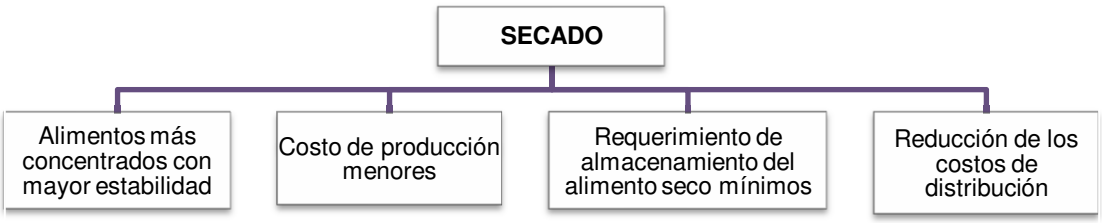
1.2 Proceso de Secado

Una de las formas de conservación más antiguas de alimentos perecederos ha sido el secado de alimentos, proceso que el hombre ha emulado de la naturaleza. Según Desrosier (1995), el secado natural de los alimentos por el sol da materiales bastante concentrados de calidad durable, a pesar de esto, el secado solar presenta limitaciones en cuanto al control de las condiciones climáticas, ya que éste está a merced de los elementos, de la misma manera no se podría tener un producto inocuo y la calidad del mismo sería menor que al ser secado artificialmente. (4).

De acuerdo con Barbosa, Lima y Barletta(1997), el principio del secado es el de disminuir la disponibilidad del agua del agua para las reacciones enzimáticas y de crecimiento microbiano mediante la eliminación del agua libre de los productos alimenticios.

Otras razones por las cuales se secan los alimentos se presentan en la Figura 1.2.

FIGURA 1.2
RAZONES PARA EL SECADO DE ALIMENTOS



Fuente: (Desrosier 1995)
Elaborado por: Carolina Gutiérrez, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

A pesar de que la reducción del contenido de agua ayuda a prolongar la vida útil del alimento, también pone en riesgo la calidad nutricional y organoléptica del mismo y estos parámetros deben ser controlados y estimados para que el producto que se va a obtener sea optimo.

Al hablar de eliminación de agua se hace necesario repasar ciertos conceptos como:

- **Actividad de Agua:** En los alimentos el agua que se encuentra contenido en ellos puede estar más o menos "disponible" para ser participe dentro de reacciones físicas, químicas y microbiológicas. La mejor forma de expresar esta "disponibilidad", es decir el "grado de libertad" del agua de un producto, es la relación entre la presión parcial de agua en el alimento (p) y la presión de vapor del agua pura (p_o) a la misma temperatura. (Casp,Abril, 2003) (3).

—

Durante el proceso de deshidratación, se elimina primero las moléculas de agua menos ligadas, la fracción que se extrae en último lugar corresponde a las moléculas de agua de estructura,

fuertemente ligadas por uniones electrostáticas a macromoléculas orgánicas del extracto seco. (Casp, Abril, 2003) (3).

- **Isoterma de Equilibrio:** A temperatura constante y bajo condiciones de equilibrio, existe una única relación entre el contenido de humedad y la actividad de agua de un alimento, dependiendo de que el equilibrio se alcance por adsorción o por desorción. Esta relación se conoce como *isoterma de equilibrio*. La actividad de agua, a_w, disminuye al mismo tiempo que lo hace el contenido de agua, la curva es generalmente sigmoidal. (Casp, Abril, 2003) (3).

- **Curva de Secado:** Una forma común de analizar los datos de secado es mediante una gráfica de la velocidad de secado frente al tiempo. Para obtener la curva de secado, se debe representar gráficamente la humedad libre frente al tiempo, la humedad libre estará expresada en kg de agua/kg de sólidos secos, donde el valor inicial se obtiene a partir de la determinación de humedad en una estufa a vacío y los otros valores de los datos del peso de la muestra. (Barbosa, Lima, Barletta, 1997) (2).

Según Casp y Abril (2003) el proceso de secado está normalmente dividido en tres fases: una fase inicial de precalentamiento, seguido de otra de velocidad de secado constante y una o más fases de velocidad de secado decreciente. Añadiendo a esto Barbosa, Lima y Barletta (1997), hacen mención a que existen ciertos materiales con una etapa de velocidad decreciente donde la velocidad de la curva de secado pasa por el origen, para estos materiales se muestra una velocidad de secado constante desde un contenido de humedad inicial hasta la humedad crítica; mientras que otros materiales muestran más de una etapa de velocidad decreciente.

Para calcular la Velocidad de secado, se determina primero el peso de sólidos secos por medio de la siguiente relación:(Alvarado, 2009). (1)

$$Ws = m\ (\%s.s.) \qquad \text{(Ecuación 1.1)}$$

Donde:

Ws = Peso de sólidos secos

m = masa inicial de la muestra

%ss= porcentaje de sólidos secos en la muestra

Luego se realizan los cálculos para obtener la humedad enbase seca, mediante la siguiente fórmula, considerando que Wses constante: (Alvarado, 2009). (1)

——— (Ecuación 1.2)

Donde:

Xt = Humedad en base seca de la muestra

W= Peso de la muestra

Ws= Peso de sólidos secos

Adicionalmente, para determinar la velocidad de secado, sedebe calcular el parámetro de humedad libre, el cual seobtiene mediante la siguiente fórmula: (Alvarado, 2009). (1)

$$X=Xt-X^* \qquad \text{(Ecuación 1.3)}$$

Donde:

X = Humedad Libre

Xt = Humedad en base seca de la muestra

X*= Humedad de equilibrio de la muestra

La determinación de la x* (humedad de equilibrio) quealcanzará el producto, está en función de la HR del ambientede trabajo y se obtiene de la isoterma. (Alvarado, 2009). (1)

Posteriormente se calcula la Humedad media, promediandolos valores de humedad libre previamente obtenidos.Finalmente la velocidad de secado se obtiene relacionando la cantidad de agua que se elimina durante un tiempo determinado en el área de secado definida. (Alvarado, 2009). (1)

Es decir, se calcula un diferencial de x media y del tiempo paracalcular la velocidad de secado mediante la siguiente fórmula: (Alvarado, 2009). (1)

— — (Ecuación 1.4)

Donde:

Ws = Peso de sólidos secos

A= Área superficial de la muestra

Δ x = Diferencial de humedad libre media

Δ t = Diferencial de intervalos de tiempo

1.3 Sopas Instantáneas

De acuerdo con la ICONTEC (1998), para Industrias Alimentarias referente a Sopas y Cremas, se define:

Sopas y cremas: son productos elaborados a base de mezclas de cereales y sus derivados, leguminosas, verduras, pastas, carnes en general incluyendo las de aves, pescados y mariscos, leche y sus derivados, y/o ingredientes característicos de su nombre (vegetales, especias, condimentos), con la adición o no de condimentos y/o sustancias saborizantes, grasas comestibles, cloruro de sodio, especias y sus extractos naturales o destilados u otros productos alimenticios que mejoran su sabor, y aditivos permitidos, ó por la reconstitución y cocción de una mezcla equivalente de ingredientes, de acuerdo con las instrucciones de uso. (ICONTEC, 1998) (12).

1.3.1 Tipos y características

Sopas o cremas deshidratadas, instantáneas

Son productos que no requieren cocción y para su ingestión sólo requieren la adición de agua de acuerdo con las instrucciones para su uso y cumplen con lo definido en la definición de sopas y cremas de la presente norma.(ICONTEC, 1998) (12).

Sopas o cremas deshidratadas

Hacen referencia a productos secos que después de su reconstitución y cocción, de acuerdo con las instrucciones para su uso, producen preparaciones alimenticias que cumplen con la definición de sopas y cremas de la presente norma. Las sopas y cremas deshidratadas listos para el consumo deben tener un contenido de humedad máximo de 8% m/m. En las sopas y cremas elaboradas con base en granos de cereales y leguminosas secos, se permite un contenido de humedad máximo de 11% m/m. (ICONTEC, 1998) (12).

1.3.2 Ingredientes y especificaciones

Basándonos en la experiencia de García, Pacheco, Tovar y Pérez (2007) el polvo de vegetales se utilizará como saborizante natural, siendo los más importantes la cebolla (*Allium cepa),* ajo porro (*Alliumporrum)*, perejil (*Petroselinumcrispum).* (9).

En el capítulo dos se expondrá con mayor detalle las características de los ingredientes y las posibles fórmulas para el desarrollo de la sopa.

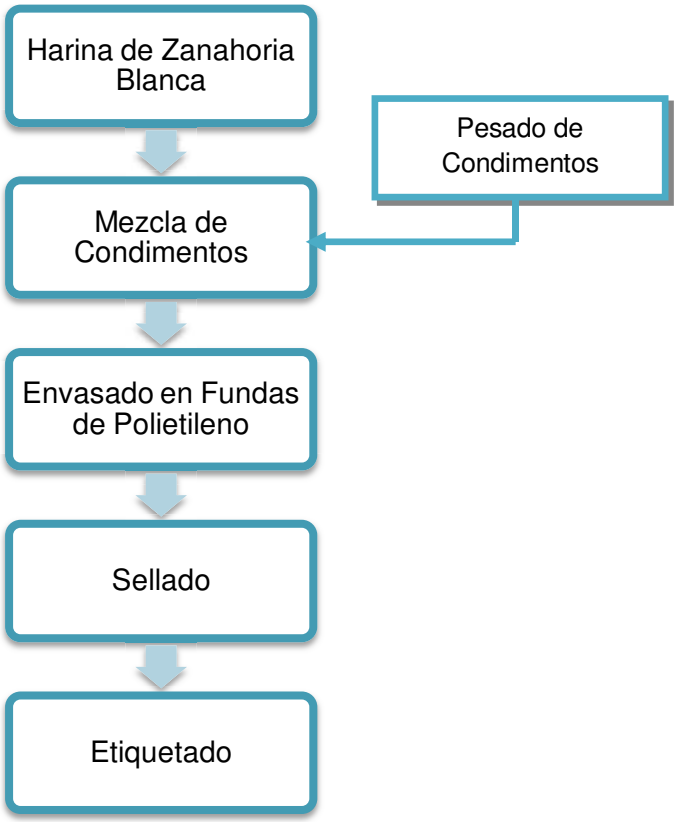
Dentro de las especificaciones en cuanto a los ingredientes, de acuerdo con la ICONTEC (1998), para Industrias Alimentarias

referente a Sopas y Cremas las cantidades de polvos de vegetales utilizados para las fórmulas de sopas están sujetas a las Buenas Prácticas de Fabricación y los límites máximos establecidos para diferentes aditivos se puede observar con más detalle en el Apéndice A.

1.3.3 Proceso de Elaboración

En cuanto a la elaboración de la sopa la harina obtenida se mezclará homogéneamente con las respectivas proporciones de los ingredientes determinados, luego será empacada en fundas de polietileno (Herrera G. 2008). En la Figura 1.3.3 se esquematiza el procedimiento para la elaboración de sopa instantánea a base de harina de zanahoria blanca.

FIGURA 1.3.3
PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE SOPA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE ZANAHORIA BLANCA



Fuente: (Bolagay D. 2004) (7).
Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

1.3.4 Principales Alteraciones

Los valores bajos de aw contribuyen a minimizar las posibles reacciones de deterioro de origen químico o microbiano que deterioran la calidad física y sensorial del producto. Si se controla el empaque, este puede extender la vida útil y comercial del producto a temperatura ambiente, produciendo un equilibrio termodinámico en la sorción de humedad (García A., Pacheco E., Tovar J., Pérez E. 2007) (9)

Con relación a algunas propiedades de los gránulos de almidón en zanahoria blanca y la importancia de estos en el desarrollo

de productos tipo sopa instantáneas, se menciona que por presentar un mayor contenido de amilopectina que de amilosa, alcanzan la temperatura de gelatinización en menos tiempo, con una tendencia menor a retrodegradar, lo cual representa una influencia favorable en la estabilidad de los geles en los productos finales (García A., Pacheco E., Tovar J., Pérez E. 2007) (9)

En cuanto a la influencia del secado sobre los microorganismos, se conoce que los mohos pueden crecer en los sustratos alimenticios con una humedad tan baja como el 12% mientras que otros con menos del 5%. Arriba del 2% de humedad puede ser anticipado el crecimiento del moho si las condiciones del medio circundante son favorables. En cambio para las enzimas, cuando son expuestas al calor seco, tal como se usa en el secado, estas son notablemente insensibles al efecto de la energía. Es importante, por lo tanto, controlar la actividad enzimática ya sea sujetando el material alimenticio a condiciones de calor húmedo o inactivando químicamente las enzimas (Desrosier 1995) (4).

1.4 Rehidratación De Polvos

En la rehidratación de alimentos es de suma importancia analizar los fenómenos de transferencia de materia, los cambios en las propiedades nutricionales y sensoriales, así como los factores que influyen en este proceso.(Marín E., Lemus R., Flores B., Vega A. 2006) (13).

La rehidratación se puede considerar como una medida del daño en el alimento ocurrido durante la deshidratación, considerándose como un complejo proceso que ayuda a restaurar las propiedades del alimento fresco, anteriormente deshidratado con o sin pre tratamientos al secado. En algunos casos la velocidad de rehidratación sirve como medida de la calidad del producto deshidratado, siendo los alimentos deshidratados en condiciones óptimas, los que se deterioran menos y se rehidratan de forma normal.(Marín E., Lemus R., Flores B., Vega A. 2006) (13).

En resumen, en el fenómeno de la rehidratación existen tres procesos simultáneos: a) la absorción de agua dentro del material deshidratado, b) la lixiviación de solutos y c) el hinchamiento del material, donde el cambio de volumen del producto deshidratado es proporcional a la cantidad del agua absorbida, aumentando o recuperando su tamaño y volumen inicial. Las variables operacionales del secado (temperatura, velocidad de aire, humedad relativa y tiempo) afectan

significativamente la calidad final del producto rehidratado, por lo que es común utilizar índices numéricos para observar este efecto, entre estos indicadores destacan la capacidad de rehidratación y la capacidad de retención de agua, que tienen que ver con la estructura, el tejido y la capacidad de mantener el agua absorbida por el alimento (17).

Estos índices pueden disminuir o aumentar, ya sea por una desnaturalización y/o agregación de proteínas bajo el afecto calor, concentración de sales, desorción de agua, destrucción de pectinas y membranas celulares (17).

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA

Para poder obtener una harina de zanahoria blanca con las mejores características organolépticas es necesario conocer y caracterizar la materia prima, obteniendo de estos análisis parámetros que nos permitan realizar un mejor proceso de secado. Para esto, este capítulo recopila toda la información obtenida durante todo el proceso para la obtención de la harina, incluyendo metodología y resultados.

2.1 Características de Materia Prima

Para la caracterización de la materia prima se utilizaron raíces de zanahoria blanca, procedentes de la principal zona de producción ubicada en Quito, comercializada en el mercado “Juan Pueblo” de la ciudad de Guayaquil. Además cada uno de los análisis se hizo por duplicado.

2.2 Metodología de trabajo

Primeramente se determinó las características físicas, en cuanto a color, dimensiones y rendimiento con respecto a la porción comestible de la zanahoria blanca.

Color

La prueba de determinación de color consistió en pelar la zanahoria blanca y observarla internamente, comparando su color con la tabla Pantone que sirve como referencia.

Dimensiones

Aleatoriamente 20 unidades de zanahoria blanca fueron pesadas en una balanza analítica marca KERN, midiéndose además sus diámetros y altura, obteniendo el peso, diámetro y alto promedio que se muestran en la Tabla 6, todos los datos obtenidos se los presenta en el Apéndice A.

TABLA 6
PROMEDIO OBTENIDO DE PESO, DIÁMETRO Y ALTO DE LA ZANAHORIA BLANCA

PARAMETRO	PESO (g)	DIAMETRO (cm)	ALTO (cm)
PROMEDIO	**170,78±84,35**	**16,11±3,19**	**14,12±3,15**

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés.

Rendimiento

Se lo obtuvo al relacionar los pesos de la cáscara de cada zanahoria blanca y su pulpa. Los resultados se muestran en la TABLA 7.

TABLA 7

RENDIMIENTOS DE LA ZANAHORIA BLANCA

Peso (g)	Peso Cáscara (g)	Peso Pulpa (g)	% Desperdicios	% Pulpa
138,4	13,5	124,9	9,754	90,246

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés.

En la Tabla 8 se recopilan los resultados obtenidos de las pruebas físicas realizadas a la materia prima.

TABLA 8

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ZANAHORIA BLANCA

Pruebas		Zanahoria Blanca
Color		Pantone 1205 U
Dimensiones	Peso (g)	170,78±84,35
	Diámetro (cm)	16,11±3,19
	Alto (cm)	14,12±3,15
Desperdicio (%)		9,754%

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés.

Además de éstas, se trata de determinar el estado fisiológico óptimo en el cual debe encontrarse la zanahoria blanca para el proceso de secado. Se estableció una relación entre los días después de la cosecha y el color interno y externo de la zanahoria blanca,

comprobándose luego de una comparación entre los cortes internos de las zanahorias con diferentes estados de madurez que a partir de la cosecha se debe esperar como máximo 4 días para secar el producto, si este se encuentra al ambiente con una Tº de 28ºC y una HR de 85% a 95%, caso contrario el pre tratamiento aplicado a la zanahoria no surgirá efecto ya que internamente esta ya comienza a pardear debido al envejecimiento de los tejidos. Se puede observar esto en la Tabla 9 donde se muestran los diferentes estados de la zanahoria con sus días y los colores que presentan.

TABLA 9

DIFERENTES ESTADOS FISIOLÓGICOS DE LA ZANAHORIA BLANCA

# DÍA	CARACTERÍSTICAS DE LA ZANAHORIA BLANCA	FOTOGRAFÍA
1	Color brillante interno y externo adecuado	
3	Color brillante interno y externo adecuado	
4	Empieza oscurecimiento interno en algunas zanahorias	

5	Presenta color y olor desagradable		
7	Podredumbre en casi toda las zanahorias		

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés.

Se determinó los siguientes estados en el primero, cuarto y séptimo día, pudiéndose notar en la Figura 2.2 1 el cambio de coloración de la zanahoria.

FIGURA2.2

CAMBIOS FISIOLOGICOS DE LA ZANAHORIA A TRAVES DEL TIEMPO

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés.

2.2.1 Ensayos Físico – Químicos

En la tabla 10 se muestran resumidos los ensayos físicos químicos realizados en la materia prima.

TABLA 10

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA ZANAHORIA BLANCA

# DE MUESTRA	1	2	PROMEDIO	MÉTODO	EQUIPO
pH	6,67	6,571	6,622±0,070	AOAC 945.10	Potenciómetro de electrodo
Humedad	75,85	78,59	77,22±1,937	AOAC	Termobalanza
aw	0,996	0,998	0,997±0,001	AOAC	AqualabWaterActivity Meter
Acidez	0,21%	0,24%	0,225%±0,021	AOAC 942.15B	Equipo de titulación

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés.

2.2.2 Secado

Para la obtención de la harina de zanahoria blanca se aplicarán las siguientes operaciones:

Recepción: Se inspeccionará la materia prima para verificar que el estado fisiológico sea el adecuado para obtener una harina con buena calidad organoléptica.

Lavado: operación necesaria para eliminar impurezas de la materia prima.

Pelado: manualmente se eliminará la cáscara por medio de cuchillos.

Rebanado: Las zanahorias ya limpias se cortarán en rebanadas de 5 mm de espesor, con el objetivo de incrementar su área superficial, optimizando así el pre-tratamiento.

Pre-cocción: para evitar un pardeamiento enzimático durante el secado y el desarrollo de sustancias amargas en el sabor de la zanahoria blanca se procede a realizar una pre-cocción durante dos minutos.

Escurrido: realizado en un recipiente con orificios, a fin de eliminar el agua en exceso, esta fase se llevará a cabo durante 5 minutos.

Triturado: esta operación se la realiza con el fin de aumentar la superficie expuesta al aire caliente y el proceso de secado sea más rápido.

Secado: El proceso de deshidratación permitirá la estabilidad de la harina de zanahoria blanca (4,79% de humedad). Este se llevará a cabo en un secador de bandeja cuyas especificaciones se encuentran detalladas en el Apéndice B, los parámetros de secado se encuentran detallados en el apartado 2.4 del capítulo dos.

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

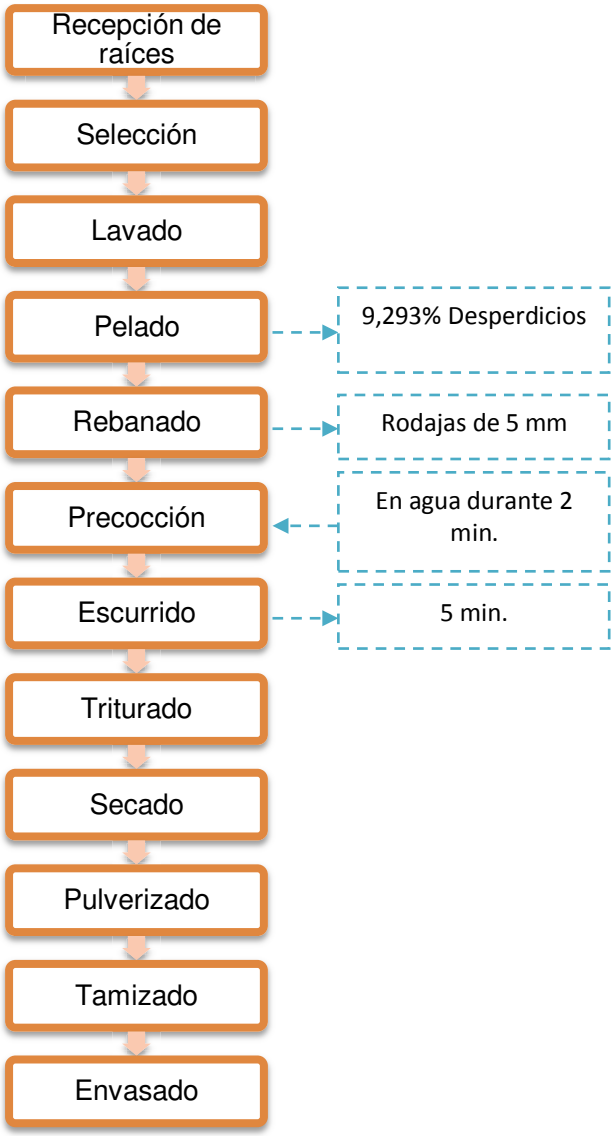
Tamizado: Las harinas obtenidas serán pasadas a través de diversos tamices con tamaño de poro 420, 297 y 250 µm, para observar una mejor hidratación de la fibra y por consiguiente una mejor palatabilidad.

Envasado: La harina obtenida se envasa en fundas de polietileno recubiertas de aluminio en congelación (-10º) para su conservación hasta el momento de su uso. (García A., Pacheco E. 2007) (9).

El proceso para la elaboración de harina de zanahoria blanca por el método de secado por convección se resume en la Figura 2.2.2

FIGURA 2.2.2

PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE ZANAHORIA BLANCA POR EL MÉTODO DE SECADO POR CONVECCIÓN



Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

2.3 Isotermas de desorción

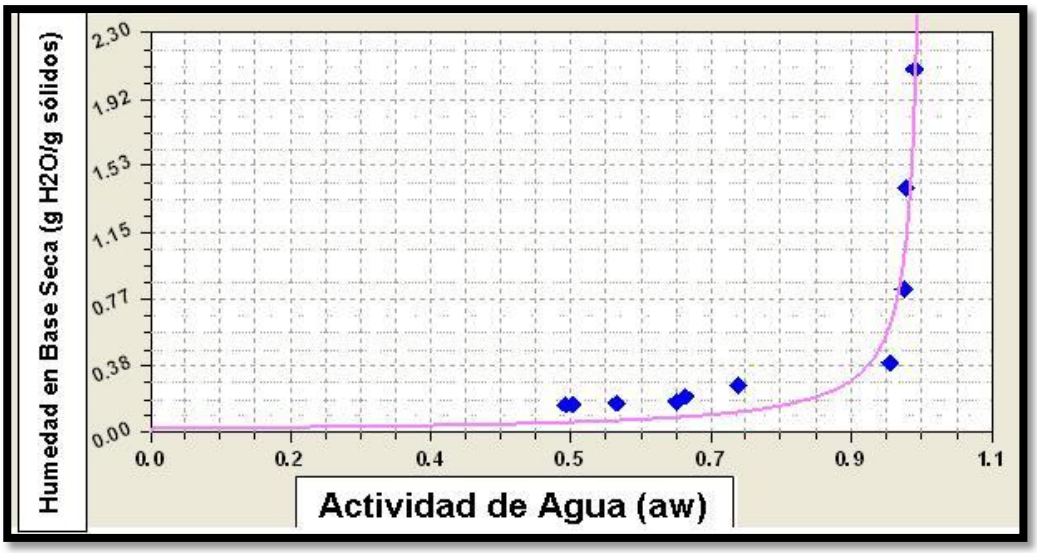
Para realizar las isotermas de desorción se siguió el procedimiento detallado en el Apéndice C.

Se determinó la Isoterma para el producto pre tratado ya que con este se trabajará para el secado. Los datos obtenidos luego de la experimentación se consignan en el Apéndice D.

Con estos datos se halló la isoterma de desorción mediante el programa CurveExpertVersion 1.34, y utilizando el modelo de GAB, se determinó que el valor de la monocapa es de 0,9728 g de H2O/g sólidos. La isoterma de desorción de la zanahoria blanca se muestra en la Figura 2.3.

FIGURA 2.3

ISOTERMA DE DESORCIÓN PARA ZANAHORIA BLANCA



ELABORADO POR: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

2.4 Proceso de secado

Para el proceso de secado se utilizará un secador de bandeja, cuyas especificaciones se encuentran en el Apéndice B, en el cual se controlarán los parámetros de secado: velocidad de aire, temperatura de proceso, humedad relativa y peso del producto; datos que se registraran cada cierto tiempo con el fin de elaborar la curva de secado. Se realizaron mediciones de peso cada 5 minutos hasta peso constante.

La tabla 11 se presenta las condiciones de operación durante el secado como la temperatura de trabajo, humedad relativa del aire y velocidad de aire.

TABLA 11
CONDICIONES DE OPERACIÓN DURANTE EL SECADO

Tº TRABAJO	55,17ºC±5,206ºC
HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE	15,73%±2,64
VELOCIDAD DEL AIRE	0,589m/s±0,028

ELABORADO POR: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

Las dimensiones de la bandeja se determinaron paraconocer el área de secado. De acuerdo a la tabla 12,estas fueron:

TABLA 12

PARÁMETROS DE SECADO

LARGO (cm)	36,2
ANCHO (cm)	28,5
ESPESOR DE LA MUESTRA (cm)	1
# DE BANDEJAS	4
ÁREA DE SECADO (m^2)	0,41268

ELABORADO POR: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

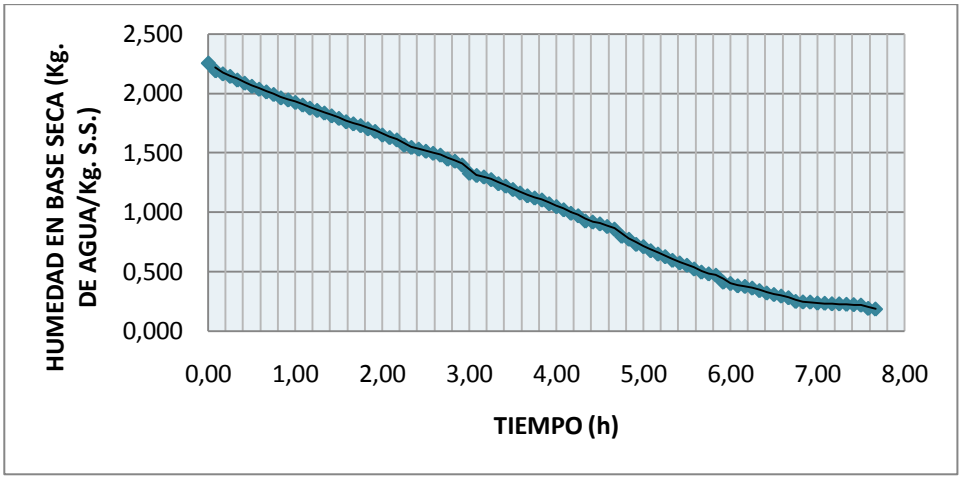
2.4.1 Curvas de secado

Durante el proceso de secado se tomaron datos de temperatura, humedad relativa, velocidad de secado, tiempo y peso del producto necesarios para poder establecer la curva de secado, todos estos datos se encuentran consignados en el Apéndice E.

Para la construcción de la curva de secado se sigue la metodología planteada en el capítulo 1 apartado 1.2, se presentan a continuación las respectivas curvas obtenidas del proceso de secado de zanahoria blanca.

En la gráfica 2.4.1 se presentan los valores de humedad del sólido en base seca (kg H2O/kgSS) a lo largo deltiempo (h) en el proceso de secado en bandeja de lazanahoria blanca a 55,17 ± 5,206°C.

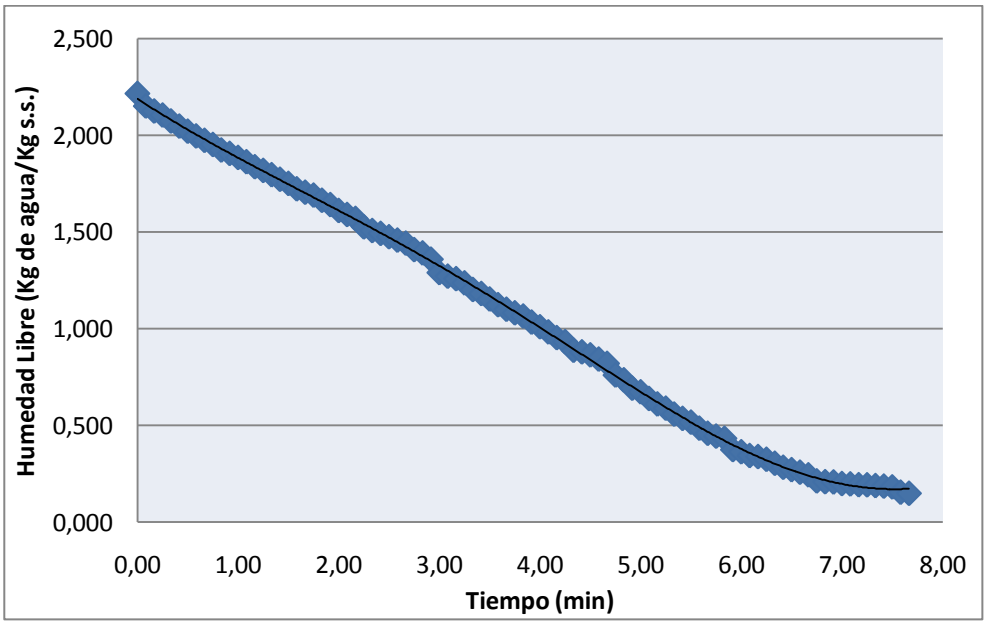
GRAFICA 2.4.1
HUMEDAD EN BASE SECA (Xt) vs. TIEMPO (t)



Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

En la gráfica 2.4.2 se muestra la curva de Humedad libre en función del tiempo (min).

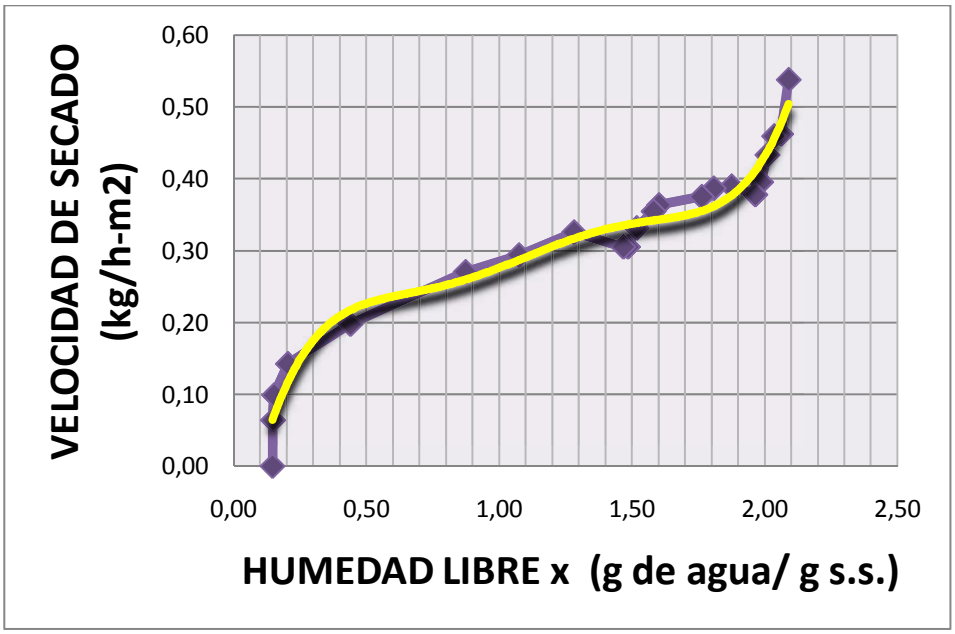
GRAFICA 2.4.2
HUMEDAD LIBRE (X) vs. TIEMPO (t)



Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

En la gráfica 2.4.3 se observa el comportamiento que experimenta la velocidad de secado en función de la humedad libre del sólido, durante el proceso de secado de zanahoria blanca. En la gráfica obtenida se pueden diferenciar los periodos característicos de un secado.

GRAFICA 2.4.3
CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO



Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

2.5 Caracterización de la harina.

La determinación de los parámetros de pH, humedad y cenizas de la harina de zanahoria blanca fue realizada por los mismos métodos de la materia prima, se resumen a continuación en las siguientes tablas 13 y 14

TABLA 13

CARACTERIZACIÓN FÍSICADE LA HARINA DE ZANAHORIA BLANCA

Características Organolépticas	Harina Zanahoria Blanca
Color	Pantone 7401 U
Olor	Característico
Sabor	Ligeramente dulce
Aspecto	Ligeramente fino con algunos grumos
Consistencia	Partículas sólidas

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

TABLA 14

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE ZANAHORIA BLANCA

Análisis	pH	Humedad	aw	Ceniza	Acidez
Promedio	5,59±0,06	4,79±1,95	0,442±0,06	3,39±0,36	2,1%±0,200
Método	AOAC	AOAC	AOAC	AOAC	AOAC

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

Granulometría

El tamizado se realizó por medio de un juego de tamices marca Tyler de varios micrajes, el cual se muestra en la Figura 2.5.

FIGURA 2.5

EQUIPO DE TAMIZADO

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés.

La granulometría debe estar de acuerdo al parámetro que exige la norma INEN 517 (Ver Apéndice F). (Alvarado, 2009). (1)

En la Tabla 15 se muestra los resultados de las pruebas realizadas a la harina de zanahoria blanca.

TABLA 15

GRANULOMETRÍA DE LA HARINA DE ZANAHORIA BLANCA

Clase	Malla	Masa Retenida (g)	% de Retenidos (∆Xi)	Dp_{sup} (mm)	(mm)	Xi	Yi
1	70	35,8	35,87%	0,21	0,18	1	0
2	100	4,4	4,40%	0,15	0,127	0,65	0,35
3	140	37,4	37,47%	0,105	0,09	0,606	0,394
4	200	12,5	12,52%	0,074	0,037	0,3	0,7
Fondo		9,7	9,72%	0	0	0	0
TOTAL		99,8	99,98%				

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

Para determinar el diámetro de partícula se emplea la ecuación de Reboux que se muestra en la ecuación 1.5 a continuación:

(Ecuación 1.5)

Luego de aplicada se obtuvo un diámetro de partícula de 0.101 mm.

Análisis del contenido nutricional

Con la finalidad de analizar el contenido nutricional de la harina de zanahoria blanca, se envió la misma al Laboratorio Acreditado de PROTAL (ESPOL) para realizar análisis de grasa total, proteína y fibra cruda.

El análisis completo se encuentra en el Apéndice G, el resumen se encuentra detallado en la Tabla 16.

TABLA 16

COMPOSICION NUTRICIONAL HARINA DE ZANAHORIA BLANCA/100 g

COMPOSICION NUTRICIONAL HARINA DE ZANAHORIA BLANCA/100 g	
COMPONENTE	**PORCENTAJE**
CARBOHIDRATOS	84,76
PROTEINA	6,62

GRASA	0,15
FIBRA	1,34
AGUA	7,13
TOTAL	**100**
Minerales y Vitaminas	**mg**
Calcio	1,9
Fosforo	55
Hierro	0,9
Niacina	3,67

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

Los valores de minerales y vitaminas fueron obtenidos de la tabla de composición de los alimentos ecuatorianos.(21)

CAPÍTULO 3

3. OBTENCIÓN DE SOPA INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)

Finalizada la caracterización de la materia prima y harina; además de concluido el análisis de los parámetros de secado se puede dar inicio a la formulación de la sopa instantánea a base de harina de zanahoria blanca, valiéndonos para este fin de diversas herramientas como la evaluación sensorial para determinar la fórmula ideal teniendo en cuanta también la estabilidad de la misma y el aporte nutricional y energético requerido.

3.1 Ingredientes

Es muy importante utilizar cada hierba aromática en su punto óptimo de frescura o la medida adecuada en cada plato a preparar. La sal, es el condimento más polémico en lo que a nutrición se refiere. Se debe

conocer que el nivel recomendado es de 2,5 gramos diarios, lo que es difícil de conseguir es no sobrepasar esa cantidad en un día.(Heredia, 2004). (14)

Sal.- es el condimento por excelencia, presente en todo tipo de platos y parte de numerosos tipos de especias. Contribuye a la preservación de los alimentos, tanto en aspecto como en sabor. Puedes encontrarla fina y gorda, ésta última muy utilizada para platos al horno. (Heredia, 2004). (14)

Ajo.- el ajo es rico en proteínas, minerales, azúcares y oligoelementos, habitualmente se lo considera de bajo valor nutritivo debido a la escasa dosis que de él se incorpora en la dieta diaria.(Heredia, 2004). (14)

Cebolla.- La cebolla seca puede agregarse directamente a líquidos, pero debe ser rehidratada antes de ser agregada a platillos. Al rehidratarlas también se incrementa su potencia. La cebolla hace la base perfecta para carnes, aves, sopas, ensaladas y estofados. La cebolla seca saca su sabor más rápidamente que la cebolla fresca cuando se agregan a una receta. (Heredia, 2004). (14)

Perejil.-cuando está fresco se le reconocen propiedades medicinales. Su aroma y sabor son únicos y es muy recurrente en la gastronomía española. Su presencia es frecuente en platos al horno, albóndigas, carnes, salsas, pescados. (Heredia, 2004). (14)

3.2 Formulaciones

Como se mencionó en el apartado 1.3.2 de Ingredientes y Especificaciones se utilizará los polvos de vegetales teniendo como base 83,300g de harina de zanahoria blanca por cada 100g de fórmula final. Luego de varios intentos se obtuvieron dos fórmulas que se muestran en la tabla 17.

TABLA 17

FORMULAS INICIALES PROPUESTAS PARA SOPA DE ZANAHORIA BLANCA

FORMULA 1				**FORMULA 2**			
Ingredientes		**Porcentaje**		**Ingredientes**		**Porcentaje**	
Harina de Zanahoria		**83,300%**		**Harina de Zanahoria**		**83,300%**	
Leche descremada		**5,000%**		**Leche descremada**		**5,000%**	
Sal		**10,000%**		**Sal**		**10,000%**	
Especias	Cebolla	**1,70%**	1,200%	**Especias**	Cebolla	**1,80%**	1,200%
	Perejil		0,200%		perejil		0,200%
	Ajo		0,300%		Orégano		0,100%
					Ajo		0,300%
TOTAL		**100%**		**TOTAL**		**100%**	

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

3.2.1 Evaluación sensorial

Se realizó la evaluación sensorial con un panel de 30 jueces a los cuales se les aplicó una prueba de medición del grado de satisfacción, para llevar a cabo esto se utilizó una escala hedónica de cinco puntos la cual puede verse en el Apéndice H.

Las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban. (Anzaldua. 1994). (2).

Para esta prueba se tomó como parámetro a evaluar el sabor ya que el objetivo era aceptar o rechazar las fórmulas propuestas de acuerdo a los criterios obtenidos por parte de los jueces. Se codificó las muestras para así evitar la influencia en los juicios por parte de los jueces, siendo la muestra 9724 la fórmula 1 y la muestra 3913 la fórmula 2.

Luego de aplicada la prueba sensorial, se determinó que la muestra 3913 es la de mayor aceptación por parte de los jueces, el resumen se lo presenta en la Tabla 18.

TABLA 18

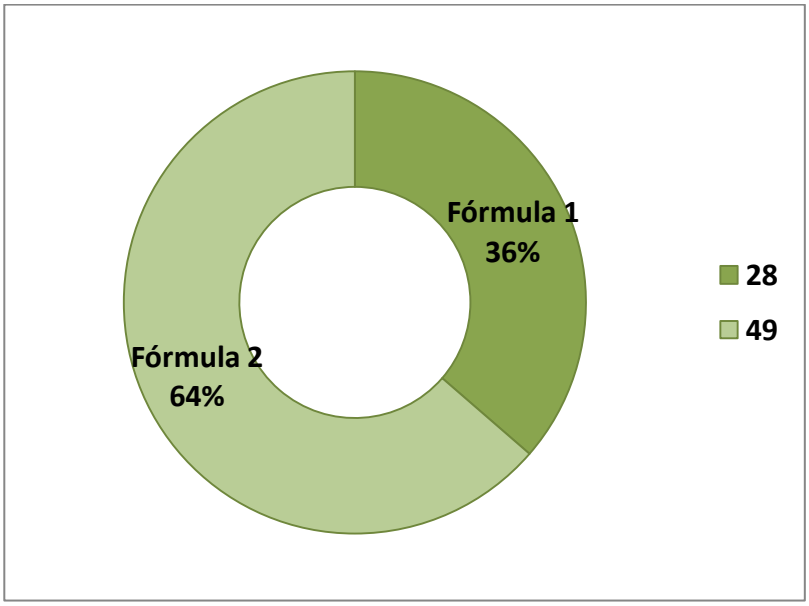
RESULTADOS PRUEBA SENSORIAL

Juicio / Código	9724	3913	ESCALA	PUNTAJE 9724	PUNTAJE 3913
me gusta bastante	3	7	3	9	21
me gusta ligeramente	11	14	2	22	28
ni me gusta ni me disgusta	10	6	1	10	6
me disgusta ligeramente	5	3	-2	-10	-6
me disgusta bastante	1	0	-3	-3	0
# DE JUICIOS	**30**	**30**	1	**28**	**49**

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

GRAFICA 3.3

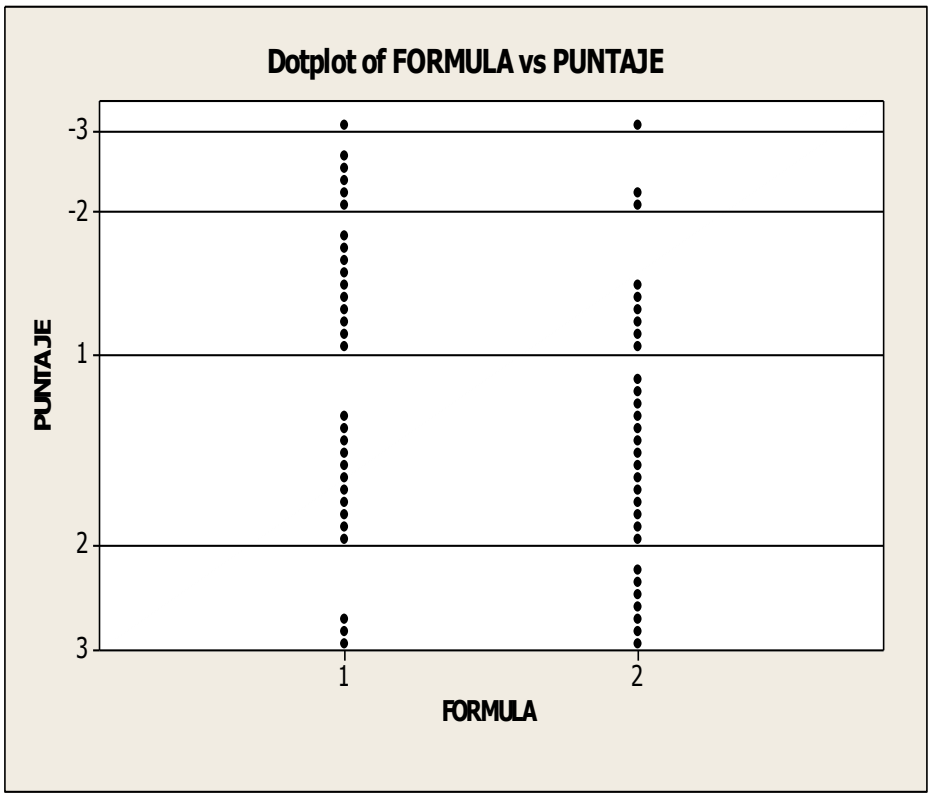
COMPARACIÓN PORCENTUAL DE FORMULAS



Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

GRÁFICA 3.4

DOPLOT FORMULA vs PUNTAJE



Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

El análisis estadístico se lo llevó a cabo mediante el programa MINITAB 14, usando la función ANOVA, obteniéndose un valor de p mayor a f, lo que indica que si existe una diferencia entre las muestras y que los jueces pueden percibirla, marcando una clara tendencia de preferencia por parte de ellos a la fórmula 2.

Se realizó una gráfica de Dotplotpara mostrar esta tendencia, se la presenta en la gráfica 3.4.

3.2.2 Aporte nutricional y energético

Luego de haber determinado la fórmula ganadora se procedió al cálculo del aporte nutricional y energético que posee la mezcla final para la sopa instantánea. Teniendo como base el análisis nutricional de la harina de zanahoria blanca se agregaron los aportes de los demás ingredientes, en la tabla 19 se muestra el resumen del aporte nutricional y energético de la fórmula final. En el Apéndice I se muestran los valores detallados.

TABLA 19

APORTE NUTRICIONAL Y ENERGÉTICO DE LA FÓRMULA FINAL PARA SOPA INSTÁNTANEA DE ZANAHORIA BLANCA

COMPOSICION NUTRICIONAL DE LA SOPA DE ZANAHORIA BLANCA/100 g	
COMPONENTE	**GRAMOS**
CARBOHIDRATOS	82,622
PROTEINA	8,001
GRASA	0,142
FIBRA	1,264
AGUA	7,972
Minerales y Vitaminas	**mg**
Calcio	1,860
Fósforo	104,377
Hierro	0,974
Niacina	3,523
CALCULO ENERGÉTICO DE LA SOPA DE ZANAHORIA BLANCA/ 100 g	
COMPONENTE	**GRAMOS**
CARBOHIDRATOS	330,487
PROTEINA	32,002
GRASA	1,274
TOTAL Kcal	**363,763**

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010

Verónica Reinoso Villacrés

3.2.3Rehidratación

Una vez obtenida la harina de zanahoria blanca, es de suma importancia determinar su correcta rehidratación, ya que posteriormente esa relación de agua-harina servirá para comenzar con las respectivas formulaciones de sopa.

Básicamente se observó los parámetros de temperatura, velocidad de agitación, lo cual se resume en la Tabla 20, a continuación:

TABLA 20

RELACION HARINA DE ZANAHORIA BLANCA - AGUA

HARINA (g)	AGUA (ml)	TEMPERATURA (ºC)	OBSERVACIONES
8,33	90	45	Presencia de varias fases en la solución
8,33	85	45	Persiste la separación de fases
8,33	80	45	Disminuye la separación de las fases
8,33	75	45	Uniformidad en la solución
8,33	70	45	La solución se presenta saturada

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010

Verónica Reinoso Villacrés

Se puede determinar que la mejor relación para la rehidratación de la harina es que cada 8,33 g de harina deben ser disueltos en 75 ml de agua, que corresponde a 0.111 harina: 1 agua.

3.3 Estabilidad

Para obtener un producto de buena calidad es necesario conocer los factores que puedan afectarlo durante su vida útil en percha, para esto se hace necesario determinar los principales parámetros que deben ser controlados para mantener intactas el mayor tiempo posible las características sensoriales y físico-químicas del mismo. A continuación se presenta el estudio de los factores que afectan en mayor medida a la mezcla en polvo para preparar sopa instantánea de zanahoria blanca.

3.3.1 Determinación de Humedad crítica en función de la viscosidad

Se entiende como contenido crítico de humedad (X_c) el contenido de humedad promedio cuando concluye el periodo de velocidad constante, y para determinarla nos basaremos en la propiedad física de los líquidos como es la viscosidad, además

de observar los cambios que presenta la mezcla en polvo destinada para la elaboración de la sopa instantánea.

El procedimiento para la determinación de la humedad crítica en función de la viscosidad para sopa instantánea de zanahoria blanca que se llevó a cabo se encuentra resumido en el apéndice J. Los resultados obtenidos de las pruebas se presentan de manera clara en la Tabla 21.

TABLA 21
RESULTADOS OBTENIDOS PARA DETERMINAR EL INTERVALO DE HUMEDAD CRITICA

NUMERO DE MUESTRA	% DE HUMEDAD	OBSERVACIONES	FOTOGRAFIAS
1	5,89%	Sin presencia de grumos	
2	8,44%	Sin presencia de grumos	
3	10,10%	Sin presencia de grumos	

4	13,75%	Presenta apelmazamiento	
5	14,93%	Presencia clara de grumos y apelmazamiento	
6	16,98%	Formación de costras y grumos	

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010

Verónica Reinoso Villacrés

Como se puede observar en la tabla 21, a una humedad de 13,75%, correspondiente a una humedad en base seca de 0,1594 gH2O/g de sólido, es donde ya se puede apreciar los primeros cambios en la apariencia de la mezcla en polvo para sopa instantánea, por lo cual, se considera a este intervalo el punto en donde se encuentra la Humedad crítica (X_C) de la mezcla.

Para concluir con el análisis se debe determinar la consistencia o viscosidad de las suspensiones, esta metodología se encuentra detallada en el Apéndice K. Los resultados de esta

prueba se muestran en la tabla 22. Para el cálculo de la viscosidad fue necesario determinar la densidad de la sopa, se realizó midiendo el volumen que ocupa una determinada masa al ser compactada en un beaker, obteniéndose un valor de 0,459 g/ml.

TABLA 22

DATOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS DE CONSISTENCIA

% DE HUMEDAD	MUESTRA	DISTANCIA (cm)	TIEMPO (s)	VISCOSIDAD 10^{-2}g/cm*s
5,89%	**1**	13,75 ± 0,354	40	0,05009 ± 0,001
8,44%	**2**	14,00 ± 0,000	40	0,04918 ± 0,000
10,10%	**3**	14,25 ± 0,354	40	0,04833 ± 0,001
13,75%	**4**	15, 25 ± 0,354	40	0,04516 ± 0,001
14,93%	**5**	17,25 ± 0,354	40	0,03992 ± 0,001
16,98%	**6**	18,00 ± 0,000	40	0,03825 ± 0,000

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010

Verónica Reinoso Villacrés

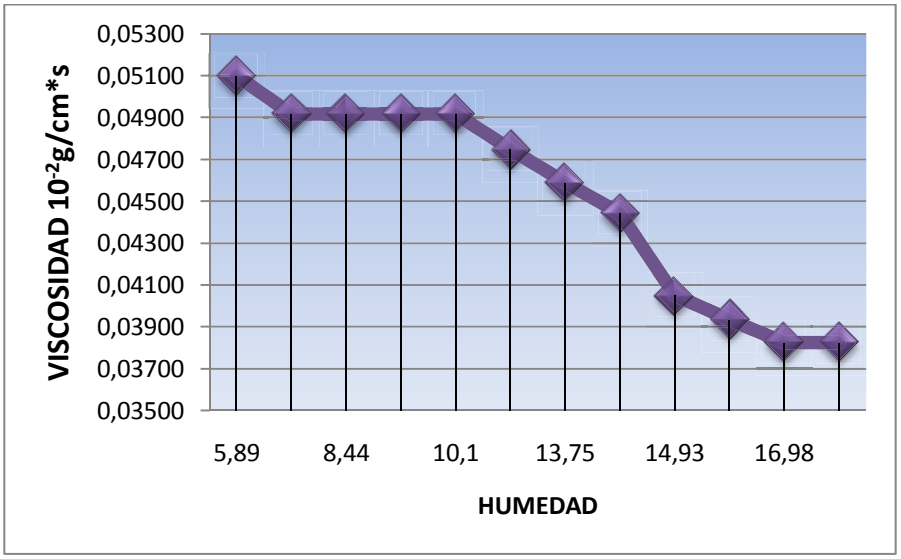
En cuanto a la viscosidad de la sopa se demuestra que esta disminuye a medida que aumenta el tiempo de exposición de la mezcla en polvo a la humedad, yendo desde una viscosidad de 0,05100 x 10^{-2}g/cm*s a una de 0,03825 x 10^{-2}g/cm*s.

Quedando demostrado una vez más que el intervalo donde se presenta una humedad critica corresponde al de una viscosidad

0,04516 ± 0,001 10^{-2}g/cm*s.Donde la muestra presenta una humedad final de 13,75% y una aw de 0,638.

En la figura 3.5.1 se muestra la tendencia de la viscosidad de la sopa a medida que aumenta la humedad.

FIGURA 3.5.1
VISCOSIDAD vs HUMEDAD PARA LA SOPA DE ZANAHORIA BLANCA



Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

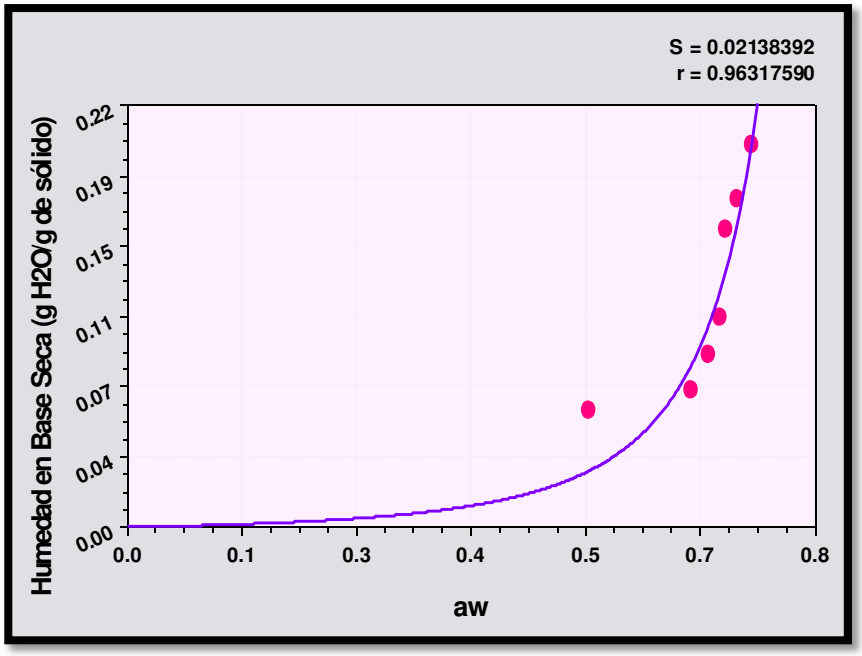
3.3.2 Elaboración de Isoterma del producto terminado

Para construir la isoterma del producto terminado el procedimiento fue el mismo que se empleo para determinar la humedad crítica y la viscosidad de la sopa, estos datos se encuentran en el Apéndice L. Se utilizaron para elaborar la

isoterma de la mezcla en polvo para sopa instantánea de zanahoria blanca, mediante el programa CurveExpertVersion 1.34, y utilizando el modelo de GAB, se determinó que el valor de la monocapa es de 0,9631la cual se muestra en la figura 3.5.2

FIGURA 3.5.2

ISOTERMA DEL PRODUCTO TERMINADO



Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010
Verónica Reinoso Villacrés

3.3.3 Cálculos de permeabilidad al vapor de agua en empaque

El empaque debe ser seleccionado en función de las condiciones ambientales en que el producto será almacenado.

Se calculó que el área del empaque necesaria para 100g de producto, es de 0,018125 m^2. Para determinar la permeabilidad a la transmisión de vapor de agua en empaque, se aplica la siguiente ecuación:

— ————(1.6)

Donde:

Ln = Contenido de humedad no completado (tendencia de permeabilidad del empaque)

– = Permeabilidad máx.del alimento en gH2O/día m^2mmHg

A = Área del empaque (m2)

W_s = Peso de sólidos secos (g)

Po = Presión de vapor de agua a la temperatura T (mmHg)

b = Pendiente de la isoterma (tangente entre la humedad crítica e inicial).

El Ln fue determinado por la siguiente ecuación (1.6)

——— (1.7)

Donde:

me = contenido de humedad en la isoterma que está en equilibrio con la temperatura y humedad externa.

mi = contenido de humedad inicial en base seca.

m = contenido de humedad a un determinado tiempo, humedad critica.

El valor de b (pendiente de la isoterma) se obtiene mediante la ecuación 1.7:

———— (1.8)

Para este cálculo debemos conocer los contenidos de humedad en base seca de la mezcla en polvo, estos se muestran en la tabla 23 a continuación:

TABLA 23

CONTENIDOS DE HUMEDAD EN BASE SECA (g agua /g de s.s.)

Humedad inicial (m_o)	0,0625
Humedad crítica (m_c)	0,15942
Humedad de equilibrio (m_e)	0,725

Elaborado por: Carolina Gutiérrez Barragán, 2010

Verónica Reinoso Villacrés

El valor de $\ln \tau$ se calculó con los datos de las humedades yaobtenidos mediante la isoterma de adsorción, aplicando la ecuación 1.6.

Reemplazando en la fórmula se obtiene que el valor de **Ln** es de 0,1583. Luego, se calculó el valor b cuyo resultado fue de 0,6034 usando la ecuación 1.7.

Finalmente, aplicando la ecuación 1.5 se tiene que para conservar por 7 meses la mezcla para sopa es necesario un empaque con una permeabilidad de 6,369 x 10^{-4} gH2O/día.m^2.mmHg.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la experiencia obtenida y como resultado de esta investigación, se concluye que para la obtención de harina de zanahoria blanca, se debe seleccionar zanahoria blanca que cumpla con los parámetros de calidad de materia prima. El estado fisiológico óptimo se da entre el tercer y cuarto día luego de haber sido cosechada. Esta zanahoria blanca presenta una humedad de 77,22% en base húmeda. El valor de la monocapa fue de 0,9728 g H_2O/ g s.s., su humedad de equilibrio es de 0,035 g H_2O/ g s.s en base a la isoterma de desorción.

El proceso de secado tiene varios factores que resultan muy importantes y que pueden variar durante el mismo, se ve influenciado por un conjunto de parámetros que son interdependientes, como lo son la humedad

relativa del ambiente, la humedad inicial de la materia prima, la aw de la materia prima, pero son esenciales la temperatura y la velocidad del aire, ya que estos marcan la forma, calidad y tiempo en que se llevara a cabo el secado.

Se recomienda que las temperaturas a las que se lleva a cabo el proceso de secado no sea superior a 75 Centígrados, ya que es factible que se produzca el fenómeno denominado acortezamiento, se produce ya que a medida que se va eliminando agua, los solutos se desplazan a la superficie del alimento. A temperaturas elevadas se produce en la superficie una capa dura e impenetrable, lo que reduce la velocidad de deshidratación dando lugar a un alimento que se encuentra húmedo en el interior pero aparentemente seco en la superficie.

Luego del proceso de secado se recomienda hacer un tamizado de la harina obtenida para así conseguir un tamaño de partícula adecuado para la rehidratación de la harina, para así evitar la presencia de grumos, en este caso se pudo obtener una harina con un diámetro de partícula de 0,101 mm, de un color crema con un contenido de humedad de 4,79%, una aw de 0,442, un pH de 5,59, un contenido de cenizas de 3,39% y una acidez de 2,1%. Según la isoterma de absorción de la harina de zanahoria blanca, el valor de la humedad de equilibrio para este producto

fue de 0,725 g H_2O/ g s.s y el valor de la monocapa fue de 0,9631g H_2O/ g s.s.

La aceptación por parte del panel de jueces, expresada mediante las evaluaciones sensoriales demostraron que la mezcla en polvo para sopa instantánea de zanahoria blanca, se muestra como una propuesta comercial interesante, además el estudio realizado para la obtención de la harina puede servir de base para desarrollar diferentes productos a base de harina de zanahoria blanca.

La zanahoria blanca, considerada un cultivo autóctono del Ecuador, presenta un gran potencial para ser utilizado en la elaboración de sopas instantáneas, con un porcentaje de pulpa del90,246% y un rendimiento al momento de secar del 36,43%, se obtiene la harina de zanahoria blanca, que es rica en carbohidratos y niacina, con sólo 83,3 gramos se obtienen 100 gramos de mezcla suficientes para la preparación de un litro de sopa, que representan 363,763 Calorías. Representa una oportunidad para rescatar el cultivo de zanahoria blanca y desarrollar trabajo para los agricultores y productores de la Región Sierra de donde es originarioesta raíz.