CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Materia Prima

La zanahoria amarilla (*Daucus carota* L.) es la raíz mas cultivada del planeta que parece ser de origen Asiático, llegó a Europa y Egipto hace milenios, actualmente se cultiva en todas las área de clima templado, sembrada en cada estación con ciclo productivo de aproximadamente 100-120 días**.**

1.1.1 Cultivos y disponibilidad

La zanahoria amarilla se produce en las zonas del Ecuador, en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo. Esta última provincia principalmente es la que más origina este tubérculo, al año produce 10.300

toneladas, siendo la producción total en el Ecuador de 28.130 toneladas anuales. El clima óptimo para la zanahoria es el sub-cálido a temperatura una de 16 a 18 grados centígrados.

La mayor parte de la producción de zanahoria es para consumo interno. Solo se exporta un 3,9%, que corresponde a la variedad conocida como Baby carrot (zanahoria bebé), tanto fresca como congelada. [3]

Tipos de Zanahorias:

Actualmente, en el mercado existe gran cantidad de variedades de zanahorias que se puede clasificar de muy diversas maneras: color, origen y forma. Aunque la forma más eficaz y concreta es realizar una clasificación por su longitud. Así se tiene:

Cortas:

Aquí se incluyen variedades con una longitud inferior a 10 cm, son casi esféricas y su cultivo se localiza mayormente en Chimborazo, apreciándose por su precocidad.

Semi Largas (sin corazón):

Son zanahorias de 10 a 20 cm. Aquí se incluyen la mayoría de las variedades que se cultivan, incluyendo el gran grupo de Zanahorias nantesas (Tip-top, Nantes Improved, Nandor).

Largas:

Son aquellas que superan los 20 cm de longitud. Se trata más bien de variedades destinadas a la industrialización, tales como Decolmar Scalarla, Danro, etc.

Algunas de las variedades más conocidas de este vegetal son: Chantenay Royal, Super Chantenay, Emperador, Chantenay. [4]

1.1.2 Composición química y Valor Nutricional

La presencia de azúcares, sales minerales y partes fibrosas es muy importante en este vegetal, su parte sólida es frecuentemente superior al 20 %. [4]

La tabla 1 muestra la composición nutricional de la zanahoria amarilla.

Tabla 1: Composición nutricional de la zanahoria amarilla.

PARÁMETRO		**MEDIDA**	**UNIDAD**
Humedad		88,4	g
Proteína		0,7	g
Extracto etéreo (Grasas)		0,2	g
Carbohidratos totales		10	g
Fibra		0,9	g
Ceniza		0,7	g
Minerales		0,0608	g
	Calcio	30	mg
	Fósforo	30	mg
	Hierro	0,8	mg
Vitaminas		0,01789	g
	Caroteno	11,28	mg
	Tiamina	0,05	mg
	Riboflavina	0,03	mg
	Niacina	0,53	mg
	Ac. Ascórbico	6	mg
Minerales y Vitaminas		0,07869	
Calorías		42	

Referencia: Tabla de Alimentos Ecuatorianos de 1965. [10]

1.2 Proceso de Secado

El secado es un medio de conservación que al eliminar la totalidad del agua libre de un alimento, impide toda actividad microbiana y reduce la actividad enzimática.

El agua se elimina de los alimentos por medio de su difusión, en fase liquida - vapor, a través de su estructura interior. Al movimiento del agua líquida le seguirá su evaporación en algún punto del alimento, para lo cual es necesario calor, por lo tanto el proceso supone realmente un transporte simultaneo de materia y calor. [1]

La disponibilidad de agua se conoce como *actividad de agua,* es la relación entre la presión parcial del agua del alimento (*p)* y la presión de vapor del agua pura (p_o) a la misma temperatura; y ésta a su vez se relaciona con la humedad relativa de equilibrio (*%HRE*) del medio.

Un producto alimenticio contiene simultáneamente varias formas de agua: agua fuertemente ligada ($0 < a_w < 0.2$), agua débilmente ligada ($0.2 < a_w < 0.6$) y agua libre ($a_w > 0.6$) siendo ésta última la de fácil remoción. La actividad de agua de un producto es siempre inferior a 1, esto significa que los constituyentes del producto fijan

parcialmente el agua disminuyendo su capacidad de vaporizarse. [2]

Periodo de secado.

El proceso de secado está convencionalmente dividido en tres fases:

1. Fase inicial de precalentamiento
2. Velocidad de secado constante
3. Una o más fases de velocidad de secado decreciente

El contenido de humedad en el punto de transición entre los periodos de secado es llamado contenido crítico de humedad (Xc). Si el secado continúa más tiempo, la Humedad Libre (X) se aproximará al contenido de humedad (X*) correspondiente a la humedad de equilibrio. En cualquier punta de la curva, la cantidad de humedad removible permaneciente (X – X*) se conoce como el contenido de humedad libre. [1]

Periodo de Precalentamiento.

Sucede mientras el producto y el agua en el contenida se calienta ligeramente, hasta alcanzar la temperatura de bulbo húmedo característica de ambiente secante. El producto a secar al principio

esta frio, su presión de vapor es igualmente baja, por lo tanto la velocidad de transferencia de masa es muy lenta. Este periodo es muy corto en relación con el tiempo total de secado. [2]

Periodo de Velocidad constante.

Se produce una reducción importante del contenido de agua, la evaporación se efectúa en la superficie del producto, a temperatura constante, siendo ésta la de bulbo húmedo del aire.

En este periodo la superficie del producto está alimentada por agua libre líquida desde el interior, fundamentada por las fuerzas capilares (capilaridad). En esta etapa la velocidad de secado constante finaliza cuando el contenido de la humedad del producto alcance el valor de la humedad crítica, por lo que en la curva de secado este periodo se deberá ajustar a una recta (la humedad crítica coincide con el punto en que la recta ajustada se separa de la curva de secado).

La humedad crítica no es una propiedad del alimento, sino que depende del tamaño de partícula y de las condiciones del aire secado.

El mecanismo interno de flujo de la humedad no afecta a la velocidad de secado en este periodo, el entorno secante, el aire es el que impone la velocidad de secado, que se incrementa al hacerlo la temperatura. El diámetro de los poros y de los capilares disminuye y la pérdida de peso es igual al volumen de agua evaporada.

El flujo de agua líquida arrastra solutos que se depositan en la superficie si no son volátiles, producen el fenómeno llamado “case hardening” en la cual afecta a la eliminación de agua en los periodos posteriores. [2]

Periodo de velocidad decreciente.

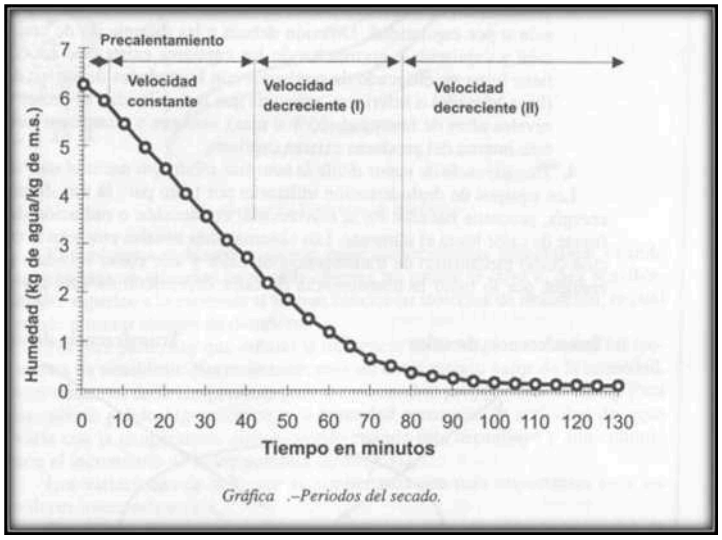
Desde el punto de vista macroscópico, esto corresponde a alcanzar la humedad crítica. La zona de evaporación “frente de secado” que se encontraba en la superficie se desplaza hacia el interior del producto. La migración del agua es cada vez más difícil debido a la insuficiencia de agua libre, ya que los depósitos de solutos obstruyen los poros y hace que el agua ligada en forma de vapor recorra distancias mayores y como consecuencia se convierte en factores limitantes. [2]

Segundo periodo de velocidad decreciente o periodo de velocidad final.

En esta fase en el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente (difusión- sorción). Por lo que se termina cuando el producto alcanza su humedad de equilibrio, que depende de las condiciones de secado.

Los periodos de velocidad decreciente se aprecian claramente si se representa la velocidad de secado (dx/dt: variación de la humedad con respecto al tiempo), versus la humedad por encima del equilibrio. [2] La figura 1.1, muestra los Periodos de Secado mediante una curva de Humedad vs. Tiempo.

Figura 1.1: Periodos de secado



Fuente: A.CASP Y J. ABRIL, 2003. [2]

1.3 Productos de panificación: Pan

El pan es un alimento básico, que en sus múltiples formas, tamaños, texturas, sabores y colores es uno de los productos más ampliamente consumidos por la humanidad y se considera como uno de los alimentos procesados más antiguos.

Tradicionalmente el pan se elabora a partir de harina del cereal trigo. Muchos otros tipos de cereales e incluso legumbres pueden molerse para obtener harina, pero la capacidad de las proteínas contenidas en el trigo para transformar una porción de harina y agua en una masa cohesiva que se transforma en pan queda corrientemente limitada al trigo y a otros pocas semillas de cereales de uso común.

La abundancia de variedades de pan deriva de las propiedades únicas que tienen el trigo para formar gluten. La masa gomosa y su capacidad de deformarse, extenderse y recuperar la forma junto con los gases atrapados adquieren una crucial importancia en la producción de pan y otros productos fermentados. De todos los cereales, el trigo es casi el único con esas propiedades.

Se pueden imitar algunos atributos de los panes de trigo con productos hechos a partir de harinas de otros cereales pero si se pretende alcanzar el volumen, las propiedades de la miga, el sabor y el aroma que posee el pan procedente del trigo, entonces es necesario suplementar cualquier proteína natural que se utilice con ingredientes estabilizantes del gas, independientemente si estos proceden de carbohidratos, proteínas o lípidos. [5]

Descripciones Generales.

Las materias primas utilizadas en la elaboración del pan común deben sujetarse a las Normas INEN correspondientes. El pan común debe procesarse en condiciones sanitarias adecuadas, a fin de evitar su contaminación con microorganismos patógenos o causantes de la descomposición del producto.

Características organolépticas El pan común debe presentar el sabor y olor característicos del producto fresco y bien cocido. Su sabor no debe ser amargo, acido o con indicios de rancidez.

- **Corteza:** El pan común debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.

- **Miga:** La miga de pan común debe ser elástica, porosa, uniforme, no pegajosa ni desmenuzable.

- **Tamaños:** El pan común debe fabricarse en forma de panes, palanquetas o moldes, de acuerdo con las formas establecidas en la Norma INEN 94.

Características físico-químicas:

El pan debe cumplir con las especificaciones físico-químicas que se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2: Especificaciones físico-químicas del pan

Especificaciones	Rangos
Sólidos totales	≥ 65 % pan blanco ≥ 65 % pan semi-integral ≥ 60 % pan integral
Acidez	5,5 – 6,0
Humedad	≤ 35 % pan blanco ≤ 35 % pan semi-integral ≤ 40 % pan integral

Fuente: INEN 0095:1979. Apéndice A.

1.3.1 Tipos y especificaciones

Pan Común

Pan blanco: es un pan elaborado con harina de trigo de la que se ha retirado el salvado y por lo general también el germen. Esta harina se blanquea a menudo usando Bromato Potásico o Dióxido de Cloro (mejoradores para pan) para eliminar cualquier color levemente amarillento y hacer sus propiedades de horneado más predecibles.

El blanqueado da a la harina blanca una fecha de caducidad mucho más alta que la de la harina integral, y el pan hecho con ella puede tenerse más tiempo a la venta. Esto permite mayores tiempos de almacenaje y transporte.

Pan Integral: El pan integral está compuesto de harina de trigo no refinada (posee más salvado). Se denomina integral al pan que posee una gran cantidad de fibra dietética. En algunos países del norte de Europa se considera el consumo de este pan como un ingrediente de la dieta equilibrada. La popularidad de este pan ha ido creciendo desde finales del siglo XX y hoy en día es fácil encontrarlo en los supermercados. [5]

Tabla 3: Composición química del Pan Común (por 100 g).

	Blanco	Integral
Carbohidratos	49,3	41,6
Proteínas	8,4	9,2
Fibra alimentaria	2,7	7,1
Grasa	1,9	2,5

Referencia: Fabricación de pan. [5]

Pan Especial

Es aquel pan que reúne alguna de las condiciones siguientes, por su composición:

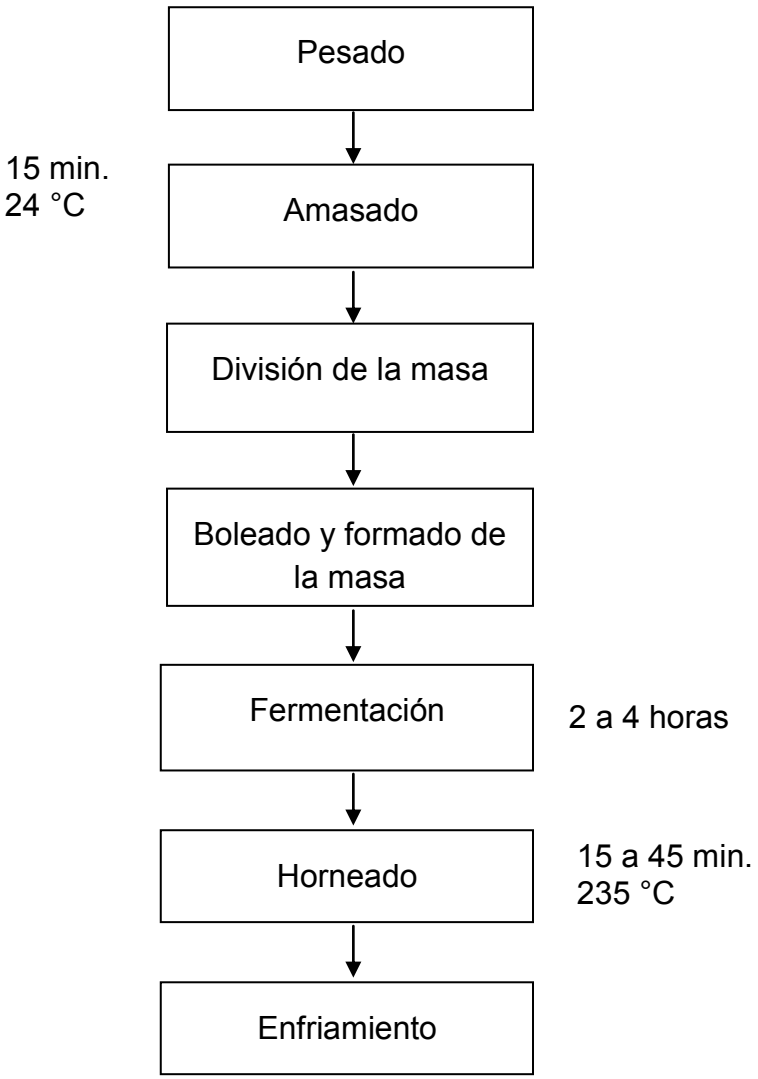
- Que se haya incorporado cualquier aditivo de panificación, autorizados para panes especiales, tanto a la masa como a la harina.
- Que se haya utilizado harina enriquecida.
- Que se haya añadido cualquier ingrediente que eleve su valor nutricional, como el Glúten, leche, huevos, grasas comestibles, especias, frutos secos. [12]

1.3.2 Proceso de Elaboración

Todos los procesos que se han diseñado para la fabricación de pan tienen una finalidad común simple: la conversión de la harina en un alimento esponjoso y apetitoso.

La figura 1.2 muestra el diagrama de flujo para la elaboración de pan, con sus respectivos tiempos y temperaturas de proceso.

Figura 1.2: Diagrama de flujo de la elaboración de pan.



Elaborado por: Karla Aragundi y Byron Plúa, 2011.

Pesado: Se pesan las materias primas y los demás ingredientes en sus cantidades adecuadas para ser utilizados en la etapa de amasado.

Amasado: consiste en mezclar la harina, sal, agua y levadura, ajustando la temperatura del agua de manera que tras 15 minutos de amasado, la masa tenga 24°C. Durante el amasado se producen dos procesos importantes: las enzimas de harina convierten parte del almidón en maltosa, que es el nutriente más importante de la levadura. Y que el trabajo mecánico la harina se hidratan lentamente, las partículas de gluten interaccionan entre si y dan lugar a la formación de una red tridimensional, lo que se traduce en una masa cohesiva, extensible y con capacidad de retener los gases producidos en la fermentación.

División y Moldeado: después de la fermentación la masa se la lleva a una divisora, que la corta en piezas de un determinado peso y éste las deposita en el madurador intermedio, donde la masa sigue fermentando a temperatura controlada. La maduración intermedia dura unos 10 minutos, permitiendo que las características del gluten.

Fermentación de la masa: se deja fermentar la masa durante 2 o 4 horas. Según el proceso de elaboración se varía el tiempo de fermentación, al final del cual la masa habrá aumentado 4 o 5 veces su volumen inicial.

Normalmente una dosis de 3% (15 g de levadura / Kg de harina), es recomendada para obtener una fermentación en un período de 2 a 4 horas a temperaturas de 28ºC consiguiendo un pH 5.8 – 6 y en caso de realizarse una fermentación larga de 12 horas se debe utilizar temperaturas más bajas, para evitar gasificaciones prematuras.

Horneo: Las condiciones de horneado dependerán de la formulación, del tamaño de las piezas, de su consistencia y del tipo de producto. Lo más habitual es hornear entre 235 ºC, aunque algunos panes requieren temperaturas cercanas a los 500 ºC durante un breve espacio de tiempo. El tiempo de cocción también es muy variable y va desde 15 a 45 minutos.

Enfriamiento: Este última etapa consiste en almacenar el producto a temperatura ambiente por 40 o 50 minutos, antes de ser empaquetado.

1.4 Principales Alteraciones Físico-Químicas y Microbiológicas

Las alteraciones del pan pueden darse por diversas situaciones:

Alteraciones físico - químicas:

Deformación mecánica: por mala regulación de las máquinas tales como la formadora, amasadora, etc.

Deformación temporal: por mantener los tiempos de trabajo equilibrados, como poca fermentación, mucho amasado, poco tiempo de horneado, etc.

Deformaciones de temperaturas: debido a la masa con temperaturas altas durante la fermentación y cocción.

Deformaciones químicas: por el uso de dosis elevadas de aditivo como el Acido Ascórbico o Fosfato Monocálcico. [13]

Alteraciones por el nivel de humedad residual: la adición de agua en cantidades correctas forma el gluten y modifica la reología de la masa y en exceso implica que no se pueda lograr la calidad idónea del gluten que permite atrapar los gases procedentes de la fermentación. Concentraciones demasiado bajas de agua en el producto horneado implica una calidad sensorial (palatabilidad) más cercana a la de las pastas y galletas.

Alteraciones por la pérdida de frescura del producto: esta característica es importante para el consumidor que desea que el pan retenga todos los atributos que posee cuando abandona el horno.

Alteraciones en la Estructura de la miga: el factor común en todas las variedades de pan son las formaciones de oquedades de diferentes forma, tamaño y distribución, cada oquedad está rodeada por una red de hebras conectadas entre sí. Esta miga se deforma cuando se expone a la presión de los dedos y cuando esa fuerza cesa, retorna a su forma original. La combinación de miga con estructura alveolar y la capacidad de recuperación marcan una clara distinción entre panes y otros productos horneados.

Alteraciones en el Sabor y Aroma de los productos fermentados procede de un buen número de fuentes, entre ellas cabe citar la contribución de los ingredientes que favorecen significativamente y los métodos de panificación que se utilicen. [7]

Alteraciones Microbiológicas:

La principal causa es la mala higiene tanto en la industria como en las materias primas. Ejemplo de estas alteraciones son el pan mohoso o el ahilado, siendo las bacterias, mohos y bacilos los causantes del problema. [13]

Las Alteraciones del pan debidas a microorganismos son provocados por una elevada humedad y temperatura.

Enmohecimiento o florido: Las formas vegetativas y las esporas de mohos son destruidas durante el proceso de cocción. Sin embargo el enmohecido del pan se debe a que sobre las superficies del mismo se depositan y posteriormente se desarrollan nuevas esporas de mohos siempre presentes en el aire, superficies de paredes, máquinas y utensilios de la panadería. Los más frecuentes son: *Rhizopus Nigricans, Penicillium Expansum, Aspergillus Niger, Monilia Sitophila,* Mucor mucedo, Monilia variabilis. Se puede

controlar mediante antifúngicos: Propionatos, Acetato Sódico, Parabeno. [7]

Viscosidad o ahilamiento del pan

Se presenta normalmente cuando han transcurrido doce o más horas desde el momento de la cocción del pan. Se caracteriza porque el pan desprende un olor similar al de la fruta en descomposición y, al partirlo, aparecen en el centro de la miga manchas pegajosas de color pardo. El bacilo que da origen a este tipo de alteración es el *Bacillus Subtilis* o *Bacilus Mesentericus*, el cual se encuentra siempre en la masa. [7]

1.5 Retro degradación de almidones

Es una transformación en la que las moléculas gelatinizadas de almidón se reasocian para formar una estructura cristalina de dobles hélices. Un requisito para la recristalización del almidón es la disponibilidad de suficiente humedad, al menos localmente dentro de la matriz, para movilizar los segmentos de las cadenas de los largos polímeros.

El agua juega un papel muy importante porque actúa como un plastificante. Un plastificante es un material incorporado en un polímero para aumentar la maleabilidad, flexibilidad o extensibilidad.

Schoch y French (1947) propusieron un modelo que describe la agregación termorreversible de la amilopectina como la principal causa del envejecimiento del pan. [5] El Mecanismo de envejecimiento del pan se muestra en la figura 1.3.

Figura 1.3: Mecanismo de envejecimiento del pan.

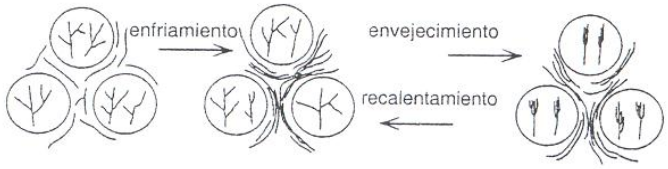


Figura 10.3 Mecanismo del envejecimiento del pan (Fuente: Schoch y French, 1947).

Referencia: Stanley P. Cauvain y Linda S. Young, 2002 [5]

Sugirieron que el hinchamiento del gránulo está restringido por la limitada cantidad de agua disponible en la masa panaria, de tal forma que los gránulos hinchados retienen su identidad como partículas discretas. Cuando aumenta el hinchamiento, la fracción lineal de la amilosa se hace más soluble y difunde hacia la fase

acuosa, formando una solución concentrada. Inmediatamente tras el enfriamiento, esta solución de moléculas de amilosa se asocia mediante puentes de hidrógeno y se retrograda rápidamente para constituir un gel insoluble, que contribuye a la estructura del pan.

Se considera que este gel permanece estable durante el almacenamiento posterior y que no participa en el proceso de envejecimiento. Es decir que la amilosa se asocia rápidamente en el pan poco después del horneado, afectando a la firmeza inicial, pero no juega más papel en el endurecimiento de la miga.

Ghiasi y Col. (1984) investigaron el efecto de variar la proporción de amilosa y amilopectina en la velocidad de endurecimiento del pan. Ellos hallaron que en el primer día de almacenamiento, los panes elaborados con una alta proporción de amilopectina (una relación de 83,4% de amilopectina a 16,6% de amilosa) eran menos firmes que el control (relación de 75% de amilopectina a 25% de amilosa), pero en los días 3 y 5 la firmeza de los panes con alta proporción de amilopectina era igual a la del control.

Esto demuestra que la retrodegradación de la amilosa ocurre rápidamente y que en cualquier endurecimiento posterior no está implicada la fracción de la amilosa. Aunque exista una correlación cualitativa entre la amplitud de la retrodegradación del almidón. [5]