

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ELABORACIÓN DE PANES CON HARINAS COMPUESTAS DE CATEBIA
DE YUCA (*Manihot esculenta*) Y TRIGO.**

Elaborado por:

SILENIA DUBRASKA RUÍZ MÁRQUEZ
ZUBELMARIELYS DE LOS ANGELES URBÁEZ CAMPOS

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito parcial
para optar al título de:

INGENIERO QUIMICO

Puerto La Cruz, Junio de 2010.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ELABORACIÓN DE PANES CON HARINAS COMPUESTAS DE CATEBIA
DE YUCA (*Manihot esculenta*) Y TRIGO.**

Lic. Ana Teresa Ciarfella, Dra. Cs.
Asesora Académica

Ing. Lucas Álvarez, Ph. D.
Jurado principal

Ing. Justa Rodríguez, M. Sc.
Jurado principal

Puerto La Cruz, Junio de 2010.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ELABORACIÓN DE PANES CON HARINAS COMPUESTAS DE CATEBIA
DE YUCA (*Manihot esculenta*) Y TRIGO.**

REVISADO POR

Lic. Ana Teresa Ciarfella, Dra. Cs.

Asesora Académica

Puerto La Cruz, Junio de 2010.

RESOLUCION

De acuerdo con el artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente: “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados con otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario”.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen por guiar mis pasos cada día.

A la Lic. MSc. Ana Ciarfella, por su determinante contribución a esta investigación, su experiencia y conocimientos constituyeron los pilares fundamentales de guía y apoyo durante la definición y el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad de Oriente, Núcleos Anzoátegui, Nueva Esparta y Monagas, en cuyos laboratorios (Barcelona, Boca de Río y Maturín) se realizaron las pruebas necesarias que permitieron cumplir con los objetivos previstos en la investigación.

A todos mis profesores que con sus conocimientos y guía me formaron profesionalmente.

A todas mis compañeros(as) y amigos(as), en especial a Ruth González, Maira Ibáñez y Lizeth Colón, por todos esos esfuerzos compartidos y su apoyo solidario, para ayudarme a no decaer en el camino.

A todos ustedes, Gracias por estar allí en el momento que los necesité.

Silena Dubraska

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la fortaleza y salud necesaria para cumplir esta meta tan importante.

A mis familiares, muy especialmente a mi mami Belkis, mi hermana Alesxandra, mis abuelos Zoraida y Enrique, mis primas Seleima y Zoraima, mis tíos Mari, Zuleima, Marquelys y Selvy, mi papa Héctor, mis hermanas Karelys y María Carolina, por todo el amor y el apoyo necesario para afrontar todos los inconvenientes presentados a lo largo de esta etapa tan importante en mi vida, y a mi novio Alfredo por haberme alegrado el último trayecto de este camino.

Agradezco a mis amigas: Criss Lina, Carolina, Mariangel, Jackelin, Nathaly, Luisana, Charles, por haber hecho tan ameno todo este camino, y por toda la ayuda brindada en todo momento.

A mi compañera Silenia, por haberme dado la oportunidad de trabajar en esta tesis.

A la profe Ana Ciarfella, por haber sido una excelente tutora y por haberme dejado un mayor aprendizaje.

Y por ultimo quiero agradecer, a la técnico Lizeth Colón por toda la ayuda brindada durante la realización de las pruebas en el Laboratorio de alimentos de la Universidad de oriente Núcleo Anzoátegui

Zubelmarielys Urbáez

DEDICATORIA

A mis padres, Bárbara y Alfonso, responsables de mí existir, su formación me enseñó el valor de las cosas.

A mis hijos, Jacksile y Jesús, motores fundamentales de mi superación y esfuerzo, representan el sentido y luz de mi vida.

A mi esposo, Jackson, por su apoyo incondicional en este proyecto.

A toda mi familia, parte fundamental de mi existencia.

Silenia Dubraska

DEDICATORIA

Les dedico este trabajo a mis padres, abuelos y tíos, como muestra de mi agradecimiento por su incondicional amor y dedicación.

A mis hermanas y primas como muestra de que todo lo que nos proponemos hacer en esta vida es posible.

Y, a los hijos que tendré, para que les sirva de ejemplo y logren alcanzar esta meta tan importante.

Zubelmarielys Urbáez

RESUMEN

En esta investigación se establecieron dos formulaciones de harina compuesta para la elaboración de panes, en las cuales la harina de trigo se sustituyó en un 30 % y un 40 % con catebía de yuca. Se realizó análisis de composición proximal a las harinas y a los panes, que incluye: contenido de humedad, proteínas, grasas, ceniza y fibra cruda. También se determinó el contenido de cianuro libre, a la catebía de yuca y los panes elaborados con la harina compuesta, a fin de determinar si éste estaba entre los límites seguros para el consumidor. A los panes también se le realizaron pruebas de textura, color, volumen y una prueba de evaluación sensorial para determinar el nivel de aceptación entre los consumidores. Finalmente, se realizó un estudio de la factibilidad económica para la elaboración de los panes a partir del precio de sus principales ingredientes, catebía de yuca y harina de trigo. En cuanto al análisis proximal de las harinas, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las variables estudiadas (humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra cruda), siendo mayor el contenido de las primeras cuatro en la harina de trigo, mientras que la catebía presentó mayor contenido de fibra cruda. En los panes se observó que el contenido de proteína y grasa fue diferente ($p < 0,05$), siendo mayor el contenido en el pan de trigo; la humedad y la fibra cruda fue igual ($p < 0,05$) para los panes con catebía pero diferente ($p < 0,05$) al pan de trigo; el contenido de ceniza no fue distinto ($p < 0,05$) entre los panes. El contenido de cianuro libre en los panes con catebía no fue diferente ($p < 0,05$) y estuvo por debajo del nivel máximo permitido, por lo que los panes son seguros para el consumidor. El análisis de color (índice de marrón) muestra que la corteza del pan de harina de trigo es más oscura ($p < 0,05$) que la corteza de los panes con catebía; mientras que en la miga no se observaron diferencias en el índice de blancura. Con relación a la prueba de textura, tampoco hubo diferencias ($p < 0,05$) entre los panes para los parámetros de dureza, cohesividad y rigidez; la gomosidad fue mayor ($p < 0,05$) para el pan con 60% harina de trigo en comparación con el de

trigo, y la elasticidad fue mayor ($p < 0,05$) en el pan de trigo. La evaluación sensorial de los panes determinó que los panelistas mostraron preferencia ($p < 0,05$) por el color y la textura del pan de trigo; el olor y el sabor tuvieron igual aceptación ($p < 0,05$). El estudio de factibilidad económica reveló un precio para los panes con catebía inferior en un 18% al de los panes de trigo. Los resultados muestran que se pueden elaborar y comercializar panes elaborados con catebía de yuca, lo que permite un uso alternativo a las raíces de yuca amarga y abarata los costos de producción.

LISTA DE CONTENIDOS

RESOLUCION	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vii
RESUMEN.....	ix
LISTA DE CONTENIDOS	xi
LISTA DE TABLAS	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xv
CAPÍTULO 1	16
INTRODUCCIÓN	16
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Objetivos del trabajo	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes	20
2.2 Generalidades	22
2.3 Historia de la panificación.....	23
2.4 El pan.....	24
2.5 Ingredientes de la masa	26
2.5.1 Harina	26
2.5.2 El agua	28
2.5.3 Sal común	29
2.5.4 Azúcares y endulzantes para panificación.....	30
2.5.5 Las sustancias grasas	31
2.5.6 Agentes fermentadores	32

2.5.7 Aspectos de un buen pan	33
2.5.8 La yuca.....	34
2.5.9 Valor nutricional de la yuca.....	36
2.5.10 Usos de la raíz de yuca	38
2.5.11 Factores negativos en el consumo de yuca.....	40
2.5.12 Harina de yuca	42
2.5.13 Trigo	42
2.5.14 Harina de trigo	42
2.5.15 Composición de la harina de trigo	44
2.5.16 Tipos de harina	45
2.5.17 Conservación de la harina y su efecto sobre las características tecnológicas.....	47
2.5.18 Calidad de la harina	49
2.5.19 Características organolépticas de la harina.....	50
2.5.20 El proceso de panificación.....	53
2.5.21 Envejecimiento del pan.....	63
2.5.22 Aspectos teóricos sobre las técnicas de evaluación de la calidad del producto	64
CAPITULO III	87
DESARROLLO DEL TRABAJO	87
3.1 Procedimiento experimental.....	87
3.2 Descripción de equipos y materiales	89
3.3 Métodos para determinar composición proximal de las harinas	92
3.3.1 Humedad.....	92
3.3.2 Proteína cruda	92
3.3.3 Grasa cruda	93
3.3.4 Fibra cruda	93
3.3.5 Ceniza	93
3.3.6 Carbohidratos.....	94

3.3.7 Contenido de Cianuro libre.....	94
3.3.8 Prueba de textura	94
3.3.9 Color	95
3.3.10 Volumen	96
3.3.11 Evaluación sensorial	97
3.3.12 Análisis estadístico	97
3.4 Muestra de cálculos	97
CAPITULO IV	101
RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
4.1 Discusión de resultados	101
4.1.1 Composición proximal de la harina de trigo y de la catebía de yuca	101
4.1.2 Composición proximal de los panes.....	105
4.1.3 Análisis de contenido de cianuro libre.....	110
4.1.4 Prueba de textura	111
4.1.5 Análisis de color	116
4.1.6 Prueba de volumen	123
4.1.7 Evaluación sensorial	123
4.1.8 Factibilidad económica.....	126
4.2 Conclusiones	127
4.3 Recomendaciones.....	128
BIBLIOGRAFIA	129
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	135

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Valor nutritivo aportado por cada 100g de yuca [40]	38
Tabla 2.2. Términos usados para describir la textura en los alimentos.....	74
Tabla 2.3. Características de las pruebas estáticas y dinámicas. [25]	77
Tabla 2.4. Escala hedónica estructurada. [27].....	86
Tabla 3.1. Ingredientes utilizados para la elaboración de los panes de harina compuesta y el pan control.....	87
Tabla 4.1. Composición proximal (bs) de harina de trigo y catebía de yuca.....	101
Tabla 4.2. Composición proximal (bs) y calorías de los panes.....	105
Tabla 4.3. Contenido de cianuro libre en catebía y panes.....	110
Tabla 4.4. Resultados de la prueba de textura.....	113
Tabla 4.5. Resultados obtenidos en la prueba de color.....	116
Tabla 4.6. Resultados obtenidos de WI, BI y ΔE , este último para la concha y la miga.....	120
Tabla 4.7. Resultados de la prueba de volumen.....	123
Tabla 4.8. Resultados promedios de la prueba de evaluación sensorial.	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquematación de la hidrólisis de los glucósidos de la yuca.....	41
Figura 2.2. Esquema de fermentación.....	55
Figura 2.3. Tipos de pruebas: Estáticas (diagrama superior izquierdo) y dinámica (parte inferior de la figura) de carga de una muestra. La prueba es paso a paso en el diagrama superior derecho. [25]	76
Figura 2.4. Tipos de herramientas de prueba, ejemplos. [25]	77
Figura 2.5. Curvas simples de tensión-deformación: 1. Duro fuerte, 2. Duro débil, 3. Suave fuerte, 4. Suave débil. [25]	78
Figura 2.6. Perfil general de textura.....	81
Figura 2.7. Ejemplos de perfiles de textura de alimentos diferentes: (a) <i>nuggets</i> de pollo, (b) pan.	82
Figura 3.1. Procedimiento experimental de elaboración de la catebía.....	88
Figura 3.2. Procedimiento experimental para la elaboración de los panes.	89
Figura 4.1. Gráfica de perfil de textura para el pan control (100%HT).....	112
Figura 4.2. Gráfica de perfil de textura para el pan de composición 70 %HT – 30 %.....	112
Figura 4.3. Gráfica de perfil de textura para el pan de composición 60 %HT – 40 %C.....	113
Figura 4.4. Gráfico de color para los parámetros L^* , a^* y b^* en la concha de los panes.....	117
Figura 4.5. Gráfico de color para los parámetros L^* , a^* y b^* en la miga de los panes.....	117
Figura 4.6. Concha de los panes de harina compuesta y pan control.....	122
Figura 4.7. Miga de los panes de harina compuesta y pan control.	122
Figura 4.8. Evaluación sensorial de los panes.	124

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El pan es considerado como el más universal de todos los productos de panadería. Para obtener las características físicas y sensoriales de calidad es indispensable un excelente desarrollo de la estructura de la masa, que se logra a través del gluten proporcionado por la harina de trigo. En países donde las condiciones climáticas no son apropiadas para este cultivo y dependen de la importación de trigo para la fabricación del pan, se han realizado esfuerzos para encontrar suplentes adecuados del trigo y nuevas alternativas en productos de panadería. Una de esas nuevas alternativas es la *harina compuesta*.

El término harina compuesta se refiere a cualquier mezcla de dos o más harinas de cereales, leguminosas y tubérculos con diferentes fines. Entre los productos desarrollados con harinas compuestas se destacan los productos horneados. En especial el pan, donde la función de la panificación es presentar la harina de trigo en forma atractiva al paladar y digerible.

En Venezuela y otros países tropicales, el trigo que se consume es mayoritariamente importado, pero puede ser mezclado con otros cereales y vegetales con alto contenido de almidón, que podrían constituirse en fuentes de nutrientes disponibles localmente y menos costosas.

Por las razones antes expuestas, es que se ha considerado a la yuca como una opción para sustituir parte de la harina de trigo en la elaboración de panes, y esto es posible debido a que la yuca es un tubérculo que se da en este país con mucha facilidad y se utiliza frecuentemente como ingrediente en la dieta básica del venezolano.

1.1 Planteamiento del problema

El pan es un alimento básico en la dieta de muchas poblaciones del mundo. Se prepara mediante el horneado de una masa elaborada con harina de cereales, sal y agua. A la masa se le agrega levadura (*Sacharomyces cerevisiae*) para que a través del proceso de fermentación haga que ésta sea más esponjosa y suave. El cereal más utilizado en la elaboración del pan es el trigo, aunque también se suele utilizar cebada, centeno, maíz y arroz.

En la actualidad funcionan varios molinos de trigo en Venezuela, en los que se produce la harina a partir del grano. Este país tiene una baja producción de trigo (150 t/año) en comparación con la producción mundial (53.603.040 t/año), según estadísticas realizadas por la FAO en el año 2007; sin embargo es un alto consumidor de trigo importado por lo que se han realizado grandes esfuerzos a fin de experimentar con el uso de harinas compuestas para la elaboración de los productos elaborados con este rubro, incluyendo el pan. Así, de esta manera se le estará dando cumplimiento a lo establecido en la Gaceta Oficial N° 38.797 en su artículo 9, publicada el 26 de octubre de 2007, en la que se establece que las panaderías y panificadoras deberán iniciar las adecuaciones necesarias para elaborar pan a partir de cereales diferentes al trigo.

En este sentido, uno de los rubros que se puede utilizar para la sustitución de una parte de la harina de trigo es la raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), ya que en Venezuela este cultivo es de fácil y amplia adaptabilidad a diversos ambientes ecológicos; sus cultivos requieren de poco trabajo, tiene amplia productividad y puede prosperar en suelos poco fértiles y en condiciones de poca pluviosidad, lo cual facilita su adquisición. Una de las más importantes virtudes alimenticias de las raíces de la yuca es su riqueza en carbohidratos, que se presentan en forma de almidón, convirtiéndola en una planta con grandes propiedades energéticas.

Por estas razones se planteó la elaboración de panes con harina compuesta a base de harina de trigo y catebía de yuca, en diferentes proporciones, con el fin de llegar a obtener un producto que reúna las características aceptables por el consumidor y que sean similares a las del pan de harina de trigo. Adicionalmente, se le realizarán análisis de composición proximal (humedad, proteína grasa, fibra cruda y ceniza) a la harina de trigo, a la catebía de yuca y a los panes en sus diferentes formulaciones; y se determinará el contenido de cianuro libre a la catebía y a los panes elaborados con ella.

Otros investigadores han utilizado, como sustituto de la harina de trigo, harina de yuca dulce y catebía seca para elaborar panes. En este trabajo de investigación se utilizó catebía de yuca fresca, obtenida del proceso de rallado y prensado por 18 h de la pulpa de yuca amarga, a fin de determinar si es posible la utilización de la materia prima tal como se obtiene en las rallanderías, sin someter al proceso de secado, el cual encarece los costos.

1.2 Objetivos del trabajo

1.2.1 Objetivo general

Elaborar panes con harinas compuestas de catebía de yuca (*Manihot esculenta*) y harina de trigo.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Realizar el análisis de composición proximal de la catebía de yuca y de la harina de trigo.
2. Elaborar los panes control (100% Harina de Trigo) y los panes con la harina compuesta (60% Harina de Trigo, 70% Harina de Trigo).

3. Realizar el análisis de composición proximal de los panes elaborados.
4. Realizar las pruebas de contenido de cianuro en la catebía y en los panes elaborados con las harinas compuestas.
5. Realizar los análisis de textura, color y volumen, en los panes elaborados con las harinas compuestas.
6. Realizar la evaluación sensorial de los panes mediante una prueba de aceptabilidad.
7. Estudiar la factibilidad económica de los panes elaborados con harinas compuestas de catebía de yuca y trigo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Se han realizado diversas investigaciones relacionadas con el aprovechamiento de la harina obtenida de las raíces de yuca. En el año 1996, Salazar [1] investigó sobre el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de yuca dulce sobre el comportamiento viscoamilográfico de masas panificables. Preparó diferentes formulaciones de la harina compuesta, sustituyendo la harina de trigo desde un 100% hasta un 50%. Estudió el comportamiento viscoamilográfico interrelacionándolo con propiedades objetivas de los panes, tales como índice de absorción de agua, índice de firmeza y retención de gas. Además investigó la interrelación de las propiedades objetivas con las variables subjetivas como color de la corteza, sabor, esponjosidad, textura y apariencia de los productos. Encontró en esta investigación que la sustitución de la harina de trigo por harina de yuca dulce causó una disminución de viscosidad máxima aparente de las masas y de la retención de gas de los productos, y aumentaron los índices de absorción de agua y los índices de firmeza. Respecto a la evaluación sensorial, no reportó diferencias significativas en cuanto al color de la corteza, sabor y textura de los productos ensayados al compararlos con el control (100% harina de trigo), pero sí hubo diferencias significativas entre el control y todas las demás muestras de panes en cuanto a la esponjosidad y la apariencia.

Hernández [2], en el año 1999, sustituyó harina de trigo hasta un 50% por harina de yuca amarga, determinando que a medida que aumentaba la acidez de la harina de yuca se incrementaba el índice de consistencia, el cual, al igual que la

humedad, mostró una relación bastante alta con el índice de firmeza, y a medida que aumentó la humedad disminuyó el índice de absorción de agua, pero se incrementó el índice de asentamiento, lo cual ocasionó la disminución de la viscosidad máxima.

En el año 2000, Vásquez y Baptista [3] realizaron evaluaciones de las cinco variables más importantes en el proceso de panificación: velocidad de amasado, tiempo de amasado, tiempo de fermentación, tiempo de cocción y temperatura de cocción. Dichas evaluaciones las realizaron en función de retención de gas de las masas, índice de firmeza de los panes y una evaluación sensorial en la cual estudiaron las características subjetivas: sabor, esponjosidad y apariencia. Estos estudios los realizaron en muestras de panes elaborados con 100 % harina de trigo y con harina compuesta (35 % harina de yuca, 10 % almidón de maíz, 5 % harina del germen desgrasado de maíz y 50 % harina de trigo); y obtuvieron como resultado una relación directa entre el tiempo de amasado y la retención de gas carbónico de la fermentación panadera. Referente a la temperatura y al tiempo de horneado observaron una relación inversa con la firmeza del pan, lo cual le confirió las características propias al producto de panificación. Con relación a las características sensoriales estudiadas observaron que un menor tiempo de cocción y temperatura de horneado implican una mejor aceptación de los panes elaborados por parte del consumidor.

En trabajo realizado por Ribotta [4], en el año 2002, referente al estudio de las transformaciones físico-químicas que se producen durante el procesamiento de las masas congeladas, se utilizó la formulación típica de masa utilizada en Argentina para la elaboración de pan francés. Esta masa fue congelada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y exhibió una pérdida de calidad en las masas debido al proceso de congelación y almacenamiento, la cual fue relativamente grande en comparación con otras publicaciones sobre el tema. Las masas congeladas se deterioraron gradualmente durante su almacenamiento, lo cual fue demostrado por el menor volumen de los panes que

obtuvo, el mayor tiempo de fermentación, la estructura de miga más abierta y menos homogénea y la falta de uniformidad en la hogaza.

2.2 Generalidades

Uno de los alimentos arraigados al venezolano es el pan de harina de trigo, el cual junto con la “arepa” y el “cazabe” constituye fuentes energéticas de su dieta diaria. Sin embargo, siendo el trigo un rubro que se importa masivamente en Venezuela, se podría pensar en la incorporación de otros cultivos nativos tales como maíz y yuca en las formulaciones para elaborar pan que ofrezca un producto de calidad a menor costo. La harina de trigo en panificación puede mezclarse con ciertas proporciones de harinas de otras fuentes vegetales. Suele recurrirse a estas mezclas cuando escasea el trigo, pero también se hace para fabricar panes de sabor y texturas especiales con el fin de atender la demanda de los consumidores. La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) ha estimulado las investigaciones sobre combinaciones de harina de mandioca o yuca, maní y soya. En el año 1.992, en uno de sus proyectos, la FAO ayudó a restablecer la demanda de un producto alimenticio tradicional de Jamaica, denominado “bammy”, y a crear mercados para los productores de yuca del país. [3]

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es uno de los cultivos más antiguos que se explotan en las zonas ubicadas en el trópico americano, cultivándose aún desde el periodo prehispánico; lo que de hecho la convierte y la hace formar parte de la propia cultura de los países donde se procesa y consume. Es una raíz que debido a su rusticidad es de fácil propagación, la que se logra sin la puesta en ejecución de muchas prácticas agronómicas, bastando con sólo enterrar en el suelo un esqueje para que produzca al cabo de un año gran cantidad de raíces con una extraordinaria riqueza en hidratos de carbono. Que le sirven, tanto al hombre como a los animales, de componente básico en su dieta. [5]

Es originaria de América del Sur. Se cree que fue domesticada en Brasil por la gran diversidad de especies existentes en esta zona. Del cultivo se aprovecha gran parte de toda la planta, principalmente sus raíces y hojas como un valioso alimento tanto humano como animal, que aporta más energía que muchas otras plantas; a pesar de esto en Venezuela todavía no se ha logrado su integración como cultivo que suministre una fuente de energía barata. [3]

En Venezuela, más que quizás en otras regiones del trópico americano desde la Hoya del río Paraguay hasta México, junto con el frijol, maíz y el plátano, conforma la dieta del pueblo rural, cultivándose bajo formas rústicas en pequeñas unidades de producción mixtas denominadas “conucos”. Este método de cultivo la convierte en una fuente de alimentación barata, tanto para la dieta del campesino como de sus animales.

En este país, tanto en la región andina como en la oriental, la yuca dulce es consumida salcochada o frita; y en el oriente, especialmente en los estados Anzoátegui y Monagas, y Bolívar en Guayana, se consume convertida en casabe, elaborado con yuca amarga. [5]

En Venezuela la yuca se consume principalmente de manera fresca para la alimentación humana y animal; en la agroindustria se utiliza en la preparación del famoso casabe, gofio, naiboa y una cantidad minoritaria para la elaboración de almidones y harinas compuestas. [3]

2.3 Historia de la panificación

Desde épocas remotas se ha utilizado el trigo para la elaboración doméstica de pan, pasteles, galletas y otras preparaciones. La harina de trigo se comía en forma de pan ácimo o pan sin levadura cuando no se conocía todavía la manera de fermentar la

masa. La palabra pan se refiere casi siempre a los panes elaborados con levaduras. El pan se horneó por primera vez en Egipto hace casi 6000 años y desde allí viajó hasta el occidente variando sus ingredientes, sabor, textura y forma.

Lo complicado de los métodos antiguos y el hecho de que todos los trabajos fueran manuales, hacía a esta industria muy poco costeaable, resultando que se elaboraba el pan principalmente en los hogares que tuvieran facilidades para ello. Con los métodos manuales antiguos la calidad del pan dejaba mucho que desear, no obstante la mayor parte del pan que se consume actualmente se elabora como se hacía hace 50 años.

La industria de la panificación como tal es una de las más antiguas del mundo, habiendo pruebas evidentes de que existió desde el tiempo de los faraones, quienes le daban mucha importancia a esa actividad en su vida. A esta industria se le ha considerado universalmente como la más importante en la alimentación humana. En algunos países a finales del siglo pasado se comenzó a hacer experimentos para facilitar la elaboración del pan y modernizar lo que se empezaba a considerar como industria fundamental.

Gradualmente el desarrollo del horneado comercial y la implantación de nuevas y más modernas tecnologías para la fabricación de varios tipos de panes, de acuerdo a sus características específicas, han sido enfocados a mejorar la calidad y al mejor uso y aprovechamiento de los recursos para hacer crecer a la industria de la panificación.

[3]

2.4 El pan

El pan es el producto alimenticio obtenido por cocción de una masa de harina, agua potable y sal común, la que se hace fermentar por la adición de la “masa madre”

o “pasta agria”, o bien con levaduras de cerveza o de cereales (lúpulo, centeno).

El pan blanco o simplemente pan, es el producto obtenido a partir de la harina de trigo. Fue conocido desde las primeras épocas de la civilización, junto con el empleo de otras harinas, además del agregado de otros productos alimenticios –según las culturas-, tales como huevos, leche, azúcar, miel, especias, etc.

Comercialmente, el pan toma distintos nombres de acuerdo con su composición y forma. De acuerdo con los tipos de harina y de levadura empleados se obtienen variedades que se conocen con los siguientes nombres: pan francés, hecho con harina y “masa madre”; pan de Viena, pan alemán, pebetes, etc., hechos con harina y levadura; pan de Graham, elaborado con harina integral sin levadura ni sal. El pan integral o negro se elabora con una mezcla de harinas integrales y levadura comprimida o pasta agria. Lleva también otros agregados como la manteca, etc. Para el pan de centeno o pan negro común, se utiliza una mezcla de harina de centeno y de trigo. El pan de maíz se obtiene con harina de maíz y de trigo o de centeno. [6]

Un buen pan presentará una miga blanca, con preferencia blanco crema, en su sección. La textura de la miga será fina, elástica y bien aireada. Su aroma debe ser dulce y de sabor agradable, y con salado característico; además debe tener apariencia uniforme y su corteza debe ser relativamente seca y crujiente. Su composición química es, aproximadamente, agua: 34 %; proteínas: 6,5 %; grasas: 0,5 %; carbohidratos: 57 %; minerales: 2 %.

La elaboración del pan consiste en varias etapas, puede haber ciertas variaciones dependiendo del tipo de trigo, es incluso del maestro panadero y de la región donde se fabrique el producto [7]. La levadura comúnmente utilizada para la elaboración de panes es *Sacharomyces minor* y/o *Sacharomyces cerevisiae*.

2.5 Ingredientes de la masa

2.5.1 Harina

A través de las fases de la molienda del trigo se obtienen una serie de productos de características químicas diversas, siendo la harina el producto que se produce en mayor porcentaje [8]. La harina es el polvo fino de color blanco o crema, resultante de la molienda de las semillas, pero también es el polvo que se obtiene de las semillas de leguminosas y oleaginosas (lentejas, habas, soja, maní, etc.), así como de los órganos de diversas plantas (especialmente tubérculos como el de papa). [6]

Se prefiere la harina de trigo para la elaboración de un pan esponjoso, ya que al ser mezclada con agua y bajo condiciones apropiadas de trabajo mecánico, origina una masa elástica y cohesiva. Esto se debe a la existencia de dos proteínas (gliadina y gluteína) que al hidratarse forman una sustancia elástica llamada gluten.

Según el objetivo de utilización de su contenido proteico las harinas se clasifican en:

a. Harinas de pasta: son llamadas también harinas extrafuertes, siendo aquellas que presentan un 14 % de proteína o gluten. Son usadas en productos que no necesitan fermentación y por su alta concentración proteica forman una estructura rígida y resistente.

b. Harinas para pan: obtenidas generalmente de los trigos fuertes o semifuertes; su riqueza proteica va desde 9 a 14 %. Estos contenidos intermedios de proteínas son ideales para la elaboración de pan.

c. Harinas para repostería: también llamadas débiles, ya que contienen 7,5 a 9,5 % de proteína o gluten.

La harina está compuesta por muchos elementos importantes en la formulación del pan, entre los glúcidos presentes, uno de los más relevantes tanto por su cantidad como por su función, es el almidón, ya que al entrar en contacto con el agua hidrata la masa en el amasado y provee un sustrato para la fermentación, y mientras más empaquetados estén los gránulos de almidón, habiendo más cohesión entre ellos, mayor será la solidez de la miga.

Es interesante destacar que el contenido de almidón en la harina varía inversamente con el de la proteína. Es por ello que en la panificación se buscan valores intermedios, ya que estos dos componentes (almidón y proteínas) son indispensables en la formulación del pan.

Entre los carbohidratos restantes, los cuales cumplen una función importante en panificación están: disacáridos como maltosa y sacarosa, y monosacáridos como glucosa y fructosa, los cuales sirven de sustrato a las levaduras.

Las proteínas, y dentro de éstas la gliadina y la gluteína, al hidratarse forman una estructura diferente llamada gluten; este complejo tiene propiedades elásticas y de esponjamiento de gran valor para la fabricación de pan. La gliadina confiere al gluten plasticidad y elasticidad, mientras que la gluteína comunica solidez y estructura.

Los lípidos están solo en pequeños porcentajes en la composición de la harina; se encuentran presentes en mezclas complejas y parte de aquellos están asociadas a la proteína donde contribuye a la formación de gluten.

El porcentaje de sales minerales presente en la harina es pequeño y depende de factores como variedad de trigo, tipo de terreno, fertilización y clima. [8]

2.5.2 El agua

El agua es uno de los ingredientes fundamentales en la elaboración del pan; su calidad tiene una influencia notable en la tecnología de la panificación y en los productos de ella obtenidos. Esta agua debe ser potable, es decir, apta para el consumo humano y libre de contaminantes y de microorganismos. [8] Su potabilidad se determina mediante parámetros de diversa naturaleza, como organolépticos, químicos y bacteriológicos.

Puesto que la masa debe tener un pH en torno a 5-6, en caso de que en su preparación se utilice agua alcalina, se obtiene una masa con pH superior a 6, con menor producción de gas y menor acidez y con un mayor tiempo de maduración debido a la menor actividad de las levaduras, de las diastasas y de las bacterias lácteas. Un agua alcalina tiene efectos negativos, también sobre la formación del gluten, debido que para su formación y plasticidad es necesario un agua ligeramente ácida.

Las sustancias minerales disueltas en el agua representan sólo una pequeña fracción de las sustancias inorgánicas contenidas en los productos horneados, pero sin embargo, su cantidad y calidad tienen a menudo una notable influencia sobre la facilidad de trabajar la masa, su aspecto y la consistencia de los productos acabados. [3]

El agua cumple las siguientes funciones:

- 1.- Confiere facilidad de trabajar la masa.
- 2.- Participa en la hidratación de los almidones y formación del gluten.

- 3.- Mantiene y determina la consistencia de la masa.
- 4.- Hace posible el desenvolvimiento de la levadura.
- 5.- Actúa como solvente de la sal y azúcar agregadas a la masa.
- 6.- Hace posible la acción de las enzimas. **[8]**

2.5.3 Sal común

La sal de cocina o cloruro sódico constituye un elemento indispensable para la masa del pan. La sal utilizada para la panificación debe responder a las siguientes características:

- Bajo costo
- Su solución acuosa debe ser limpia y sin sustancias insolubles depositadas en el fondo
- Debe contener pequeñas cantidades de sales de calcio y de magnesio
- Debe ser salada y no amarga. **[3]**

La sal cumple las siguientes funciones:

- 1.- Actúa principalmente sobre la formación del gluten ya que la gliadina es menos soluble en agua con sal, obteniéndose así mayor cantidad de gluten.
- 2.- Contribuye a la obtención de una masa más compacta que aquella que no posee sal, haciéndola más fácil de trabajar.
- 3.- Regula la fermentación, no permitiendo que la levadura fermente desordenadamente.
- 4.- Retarda el crecimiento de microorganismos fermentativos secundarios como son los productores de ácido acético.
- 5.- Favorece a la coloración superficial del pan.
- 6.- Por su higroscopicidad (capacidad de absorción de agua) influye en la duración y

en el estado de conservación del pan. [8]

2.5.4 Azúcares y endulzantes para panificación

Los azúcares presentes en la masa pueden ser de cuatro tipos:

- Los provenientes de la harina, de los cuales sólo el 1% de ellos son capaces de fermentar.
- La maltosa, azúcar derivada de la acción de la alfa amilasa sobre el almidón presente en la harina; esta clase de azúcar es más susceptible a fermentar.
- La lactosa, azúcar no susceptible de fermentar que procede de la leche. Se encuentra presente sólo en la formulación de algunos tipos de pan.
- Azúcares añadidos, entre los que se encuentran los azúcares de caña o de remolacha [8].

Los azúcares que se añaden a la masa para elaborar algunos productos horneados, además de la función de conferir un sabor dulce y ser alimento para las levaduras, tiene efecto sobre la propiedad de absorción, sobre el tiempo de desarrollo de la masa y sobre las características organolépticas del producto.

El azúcar añadido en cantidad normal tiene un efecto muy limitado sobre la absorción de la masa; sin embargo, a medida que aumenta la cantidad de azúcar adicionado, el tiempo de amasado es más largo. Este factor es especialmente importante cuando se hacen masas dulces con 20-25% de azúcar. En tal caso si la masa no se mezcla durante un tiempo suficiente, el producto final se caracterizará por un volumen pequeño, migas secas de escaso sabor y poca conservabilidad.

Además, el azúcar tiene efectos sobre las características organolépticas del producto final; esto es, sobre el color de la superficie y su aroma. El color de la

superficie del pan se debe a la reacción de los azúcares y los aminoácidos (reacción de Maillard); y a la caramelización de los azúcares por el calor, ya que según el tipo y la cantidad de los azúcares utilizados se obtiene un color moreno más o menos intenso.

El azúcar actúa también en la formación del aroma (reacción de Maillard), por este motivo en los panes especiales donde se permite el empleo del azúcar se añade en cantidad mayor de la necesaria (2-7%) para producir anhídrido carbónico.

En fin, el azúcar asegura también una mejor conservación del producto, ya que permite una mejor retención de la humedad, manteniendo más tiempo su blandura inicial y retrasando el proceso de endurecimiento. [9]

2.5.5 Las sustancias grasas

Las grasas son una de las sustancias que con más frecuencia se emplean en pastelería y en la elaboración de productos de horneado. Su empleo como mejorador de las características de la masa y como conservante viene corroborado en numerosas investigaciones y depende de su propiedad emulsificante.

El tipo de grasa presente en el pan puede tener diversos orígenes, ya sea animal, como manteca de cerdo y mantequilla, o de origen vegetal, como aceites y margarina.

Funciones:

- Los lípidos actúan como emulsificantes, ya que facilitan la emulsión, confiriéndole a ésta mayor estabilidad respecto a la que se puede obtener solamente con proteínas.
- Retarda el endurecimiento del pan y mejora las características de la masa.

- Al añadirle grasas emulsificantes a la masa, se forma una sutil capa entre las partículas de almidón y la red glutínica, lo que da a la miga una estructura fina y homogénea, además de la posibilidad de elongarse sin romperse y retener las burbujas de gas, evitando que se unan para formar burbujas más grandes. [8]

Los efectos que tiene el contener excesos de grasa en el pan son los siguientes [8]:

- Pérdida de volumen
- Textura y gusto grasoso
- Características de masa nueva (fresca).

Cuando la harina y el agua se mezclan se obtiene una masa con características plásticas: las partículas de almidón finamente subdivididas son encapsuladas por una matriz proteica, llamada gluten. Si a la masa se añaden grasas emulsionantes se forma una sutil capa entre las partículas de almidón y la red glutínica, y después del efecto acondicionador de los emulsionantes transforman la superficie hidrófila de las proteínas en una superficie más lipófila. Esta capacidad de los lípidos de acomplejar y, por consiguiente, de ligar las diferentes mallas del gluten, aumentan simultáneamente la posibilidad de elongamiento. La adición de emulsionantes confiere a la miga una estructura fina y homogénea ya que el gluten, al tener la posibilidad de elongarse sin romperse, retiene las burbujas más gruesas. [9]

2.5.6 Agentes fermentadores

Se entiende por levaduras un grupo particular de hongos unicelulares caracterizados por su capacidad de transformar los azúcares mediante mecanismos reductores (fermentación) o también oxidantes. Su reproducción es por gemación, particularmente activa en aerobiosis.

Para la fermentación de masas panarias se emplean levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae*, capaz de fermentar azúcares produciendo anhídrido carbónico y alcohol. [9]

En el comercio se encuentran la levadura seca activa y la levadura comprimida. La levadura seca activa es la obtenida de cepas de diferentes géneros, donde las células se desecan hasta tener una humedad inferior al 8%. Esta levadura es resistente al desecamiento, a las concentraciones elevadas de azúcares y a algunos inhibidores como el propionato de calcio; adicionalmente, la levadura seca activa es más resistente que la levadura comprimida, ya que esta última pierde más del 6,55 % de su actividad en cuatro meses a 4 °C.

La levadura cuenta en su organización con un conjunto de enzimas las cuales son su principio activo y le permiten metabolizar y reproducirse, entre ellas se tiene:

- Invertasa; transforma azúcar de caña en levulosa y dextrosa
- Maltasa; transforma maltosa en dextrosa
- Zimasa; transforma azúcar simple en gas y alcohol
- Proteasas; actúan sobre proteínas extrayendo materias nitrogenadas que la levadura necesita y por ende suaviza el gluten acondicionándolo. [8]

Los agentes fermentadores son aquellos que directa o indirectamente tienen un efecto de dilatación y elevación o aumento del volumen en las masas destinadas a obtener productos horneados. La porosidad y el aumento de volumen del producto se obtienen principalmente por el anhídrido carbónico producido por la levadura natural o industrial, o por las reacciones de sustancias químicas por medio de calor o de otros medios físicos.

2.5.7 Aspectos de un buen pan

Un pan de buen aspecto es siempre una pieza bien desarrollada y liviana.

Además, debe ser traslúcido en toda su longitud cuando se le pone a la luz, cualquiera que sea su forma.

La sección del pan debe presentar una miga blanca, con preferencia blanco crema. La textura, es decir, la estructura de la miga debe ser fina y elástica, cualquiera que sea la región de procedencia o el tipo de pan. Su aroma debe ser dulce y de sabor agradable, y con salado característico, además debe tener apariencia uniforme y su corteza debe ser relativamente seca y crocante. [9]

2.5.8 La yuca

La yuca es una raíz que pertenece al género *Manihot* y a la familia *Euforbiaceae*. La mandioca, yuca o *cassava* es un arbusto perenne de la familia de las euforbiáceas, autóctona y extensamente cultivada en Sudamérica y el Pacífico por su raíz almidonosa de alto valor alimentario. La yuca es endémica de la región subtropical de Bolivia, Brasil, Venezuela, Argentina, Perú, Ecuador y Paraguay, aunque se estima que las variedades hoy conocidas son efecto de la selección artificial. [10]

La planta de yuca puede alcanzar alturas hasta de 5 metros cuando se desarrolla en ecosistemas silvestres, sin prácticas culturales de ninguna naturaleza. Cultivada, por lo general no llega a los 3 metros. Hay que destacar que de la planta, las raíces constituyen la parte de mayor importancia comercial de este cultivo. La raíz de yuca consta de las siguientes partes:

- a. La película tuberosa que se desprende fácilmente y que representa 1-2% de la raíz total;
- b. La cáscara o corteza que forma del 12 al 20% de la raíz;
- c. El cilindro central o pulpa, que tiene dos clases de elementos: los vasos

leñosos y las células parenquimatosas llenas de almidón; forma del 78 al 85% de la raíz.

En casi toda la geografía nacional se siembra yuca, bien sea del tipo dulce para consumo directo, o amarga para procesamiento de casabe y obtención de otros subproductos. Las variedades que se cultivan mayormente han sido seleccionadas por los productores tomando en consideración la precocidad del cultivo, resistencia a la sequía, adaptabilidad a los distintos tipos de suelo, o sea, a una sumatoria de características agronómicas favorables.

Debido a la multiplicidad del material explotado de yucas autóctonas silvestres, ya la taxonomía ha sido casi marginado, y se toma en consideración la composición que tiene de glucósidos tóxicos que producen ácido prúsico y que en gran medida va a estar determinado por las condiciones agroclimáticas imperantes en la región donde esté la plantación. Los diferentes clones cultivados van recibiendo distintos nombres según sea la región del país, tanto en el tipo dulce como amarga y en muchos casos hay un mismo clon con diferentes nombres comunes.

Entre las principales variedades cultivadas en el oriente de Venezuela (Anzoátegui, Sucre, Monagas, Nueva Esparta, Bolívar y Delta Amacuro) se encuentran las siguientes:

-Dulces: Cubana, ceibita, pata de negro, algodонера, señorita, pan de pobre, zamura, mantequilla, ministerio, seda, etc.

-Amargas: Catira, juliana, querepa, piñonera, José María, chapotera, mulata, muerteña, yuca negra, conga, teta de indio, guasayera, paridora, cogollo verde, gobernadora, lengua de culebra, etc. [5]

2.5.9 Valor nutricional de la yuca

Las raíces de la yuca tienen de 30 a 40 % de materia seca, o sea una proporción más alta que la de otras raíces y tubérculos. El contenido de materia seca depende de factores tales como la variedad, la edad de las raíces al momento de la cosecha, el suelo, las condiciones climáticas y la sanidad de la planta. El almidón y los azúcares son los componentes predominantes (aproximadamente un 90 %) de la materia seca, siendo el almidón mucho más importante. La energía metabolizable de la yuca seca, de 3500 a 4000 kcal/g, es similar a la de la harina de maíz.

El contenido de proteína cruda de las raíces de yuca, que generalmente se estima multiplicando el contenido de N por el factor 6,25, es de 2 a 3 % con base en la materia seca; sin embargo, el contenido de proteína verdadera es menor, ya que hasta la mitad del N de las raíces no es nitrógeno proteico. La calidad de la proteína es razonablemente buena, a pesar de que hay deficiencias de aminoácidos azufrados; sin embargo, la preocupación sobre la calidad de las proteínas es algo académica, ya que los niveles de estas sustancias son tan bajos en las raíces frescas que al final del procesamiento para obtener “gari” o “farinha” (en los cuales dicho contenido baja aún mas) tales niveles no tienen ninguna significación nutricional.

Las raíces contienen cantidades significativas de vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina (Tabla 2.1). Una persona que consuma diariamente más de 250 calorías de yuca satisface los requerimientos diarios de vitamina C; sin embargo, el contenido de esta vitamina se reduce en 50 o 70% al cocinar la yuca y en un 75% o más al preparar productos tales como “farinha”, “gari” o “fufu”. De todas maneras, en áreas donde hay alto consumo de yuca, aunque ésta sea procesada, dicho consumo puede proveer suficiente vitamina C para satisfacer los requerimientos mínimos diarios.

En términos nutricionales, la yuca se debe considerar principalmente como una fuente energética de fibra y vitamina C, pero que contribuye poco a la nutrición de la gente que la consume debido a su poco contenido de proteínas y grasas; por este escaso valor nutricional, la yuca ha sido criticada y la expansión de su producción cuestionada; se le ha señalado como la mayor causa de la malnutrición en algunas partes de África. Es verdad que las personas que consumen grandes cantidades de yuca con poco suplemento proteínico tienen que estar malnutridas; sin embargo, la yuca tiene la gran ventaja de ser barata, y se puede usar para satisfacer los requerimientos energéticos de la dieta a bajo costo, dejando dinero disponible para comprar alimentos proteínicos más costosos.

Se ha demostrado en forma concluyente que cuando las dietas son deficientes en energía total, al aumentar el porcentaje de proteína no se alivia la deficiencia de ésta, porque el organismo malnutrido la utiliza parcialmente como una fuente energética (muy costosa); por otro lado, si se aumenta el suministro de carbohidratos a la dieta, se puede incrementar la eficiencia en la utilización de proteína. Por lo tanto, el papel nutricional de la yuca consiste en ser una fuente energética de bajo costo, que se debe usar con otros alimentos que provean las proteínas, las vitaminas, las grasas, y los minerales necesarios. [11]

Como se muestra en la tabla 2.1, sobre la base del valor nutritivo por cada 100 g de yuca, se observa que a pesar de que tiene bajos contenidos en proteína y grasa, esas deficiencias se compensan cuando se recibe en la alimentación los aportes que hacen otros alimentos en la combinación de la dieta diaria. [5]

Tabla 2.1. Valor nutritivo aportado por cada 100g de yuca [40]

Componente		Componente	
Energía (calorías)	148	Calcio (g)	29,0
Humedad (g)	61,6	Fosforo (g)	53,0
Proteína (g)	1,1	Hierro (g)	0,7
Carbohidratos (g)	35,5	Tianina (g)	0,06
Grasa (g)	0,2	Riboflavina (mg)	0,03
Fibra (g)	1,0	Niacina (g)	0,06
Cenizas (g)	0,6	Vitamina A	Trazas

2.5.10 Usos de la raíz de yuca

A. Consumo fresco directo

- Alimentación humana: salcochada, sancochada y frita, en dulce, congelada y/o parafinada para la exportación.
- Alimentación animal: cocida y fresca cortada.

B. A nivel industrial.

Harina integral: es el producto de la deshidratación de las raíces incluyendo corteza y médula; tiene gran aplicación en la alimentación animal. También se utiliza en la industria de caucho y de papel.

Harina panificable: es un producto libre de pastas celulósicas, que se obtiene a partir de las raíces deshidratadas. Se usa para la elaboración del pan, mezclado con harina de trigo.

Harina de mesa (tostada): es prácticamente la misma harina panificable, la cual

al ser tostada se utiliza ampliamente en la elaboración de distintos preparados culinarios.

Tapioca: en sus dos formas normal y fermentada, es un producto de alto contenido de fécula que se emplea en la industria de galletas y bizcochos, así como para muchas recetas de cocina.

Pellets (o comprimidos) de raíces: es un producto que se obtiene mediante la compactación de la harina de yuca, su uso principal es en alimentación animal. Tiene como ventaja que le pueden ser adicionados otros ingredientes que modifiquen su composición química y que faciliten su manipulación y transporte.

Almidón: son los productos puros más importantes que se extraen de las raíces de la yuca. Su obtención puede lograrse a partir de métodos industriales que varían desde los más empíricos hasta los más sofisticados, según sean las normas de pureza y calidad que exijan los mercados.

Glucosa: este producto puro obtenido de la raíz de la yuca, merece por sí solo un capítulo especial. Sus aplicaciones son innumerables en la industria química y farmacéutica; además se emplea entre otros para los siguientes usos:

- Panificación
- Fabricación de productos dietéticos
- Confitería
- Productos derivados de la carne
- Alimentos enlatados
- Helados y sorbetes
- Jaleas, gelatinas.

Dextrinas: pueden ser consideradas elementalmente como almidones cocidos. De acuerdo con las condiciones de fabricación y de proceso, se consigue una gran variedad de dextrinas para innumerables campos de aplicación. Combinando con productos químicos se obtienen diferentes tipos de pastas, colas, gomas y otros, que a su vez tienen las más diversas aplicaciones; como por ejemplo, en la industria textil, donde se usan para el engomado y para el acabado de los tejidos, así como también para la fijación de tintas y colorantes en los estampados.

Harina de residuos: de acuerdo con los procesos empleados industrialmente y según el aprovechamiento en productos principales se obtendrá un residuo con características, composición química y rendimientos variables. Una forma inmediata de aprovechamiento de estos residuos consiste en la elaboración de harina y *pellets*, para incorporarlos en la preparación de alimentos para animales.

Otros subproductos de la yuca son: el casabe, alimento muy popular en el oriente del país donde constituye parte de la dieta diaria, la naíboa, el gari. [5]

2.5.11 Factores negativos en el consumo de yuca

La toxicidad de la yuca ha recaído en el alto contenido de ácido cianhídrico (HCN) generado en algunas variedades de esta planta, y se sabe que esta sustancia es un potente inhibidor de la respiración celular. Gran parte de los síntomas de envenenamiento se explican conociendo su afinidad por los iones metálicos, tales como el cobre y el hierro; así al combinarse con el hierro de la hemoglobina (la cual se transforma en cianohemoglobina) y con el cobre de la oxidasa citocrómica, impide que estos compuestos cumplan sus funciones normales en el organismo animal. Los trastornos químicos así originados, causan una depresión neuronal en los centros moduladores, lo cual a su vez ocasiona problemas respiratorios y la muerte, según la intensidad del caso. El HCN puede definirse como violento veneno protoplasmático

para toda forma de vida; pero las consecuencias y el desarrollo de la afección dependerán de la magnitud de la dosis, de la continuidad en la ingestión de la misma y de otros factores, especialmente, del estado nutritivo del individuo.

En animales la sintomatología del envenenamiento agudo está representada por una respiración acelerada y profunda, pulso acelerado, falta de reacción a estímulos y movimientos musculares espasmódicos. [5]

La planta no contiene ácido cianhídrico libre como tal, pero se forma cuando se cortan o se trituran las plantas o las partes que contienen glucósidos; esto implica que en el mismo material deben estar presentes tanto el glucósido como la enzima (linamarasa) para su liberación. En la yuca se han identificado los β -glucósidos linamarina y lotaustralina, cuyas fórmulas y el proceso por el cual generan HCN se esquematiza en la Fig. 2.1.

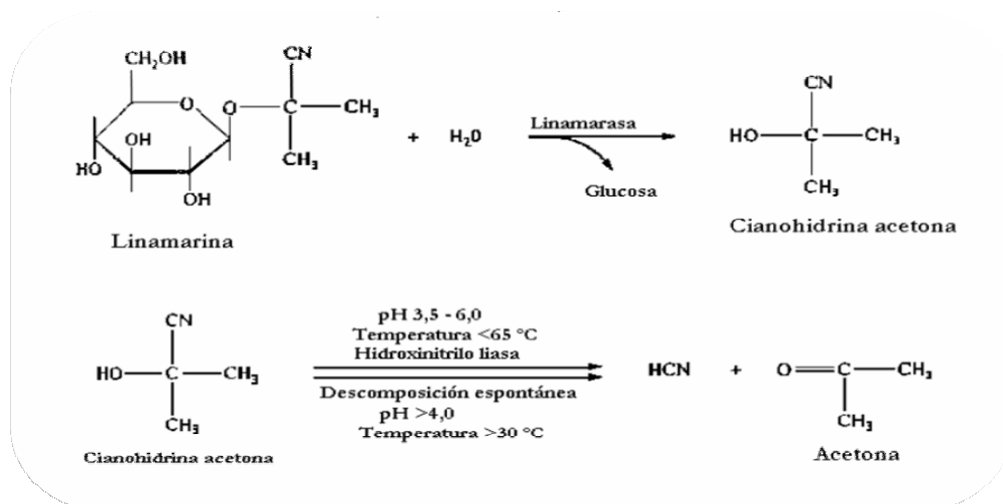


Figura 2.1. Esquemización de la hidrólisis de los glucósidos de la yuca.

2.5.12 Harina de yuca

La harina de yuca es un producto blanco, fino, que se obtiene del secado y molienda de la porción comestible de las raíces de yuca. Este producto contiene además de almidón, proteínas, azúcares, fibra y cenizas que lo convierten en un buen sustituto de la harina de trigo, en productos de panificación, pastas y embutidos. Además, los *chips* de yuca se emplean como insumos en la elaboración de alimentos balanceados para animales. [12]

2.5.13 Trigo

Se designa con el nombre de trigo a especies del género *Triticum*, de la familia de las gramíneas, que presentan espigas terminales compuestas de cuatro o más carreras de granos, de los cuales, triturados, se saca la harina. En panificación se suele hablar de trigo duro y trigo blando. El trigo duro es más rico en proteínas, da una harina más fuerte que forma una masa elástica, y conviene más en la elaboración del pan donde este tipo de masa es esencial a fin de retener el volumen logrado por la fermentación; en contraste, el trigo blando es más bajo en proteína, da una harina más débil que forma masas o mezclas más débiles y conviene más en la elaboración de pasteles. [7]

2.5.14 Harina de trigo

La harina de trigo es el producto obtenido por la molienda del grano de trigo, limpio e industrialmente puro. La harina de trigo es la materia prima por excelencia en todos los procesos de formación del pan. Conocer su composición y los efectos que cada una de estas materias pueden aportar durante la elaboración de los productos, es básico para el profesional, puesto que la calidad de esas elaboraciones dependerá de la correcta interrelación de los elementos constitutivos de la harina.

Igualmente, la harina como tal tiene una serie de propiedades y requiere de una atención especial a la hora de su almacenamiento y conservación.

Hoy en día el trigo es el cereal por excelencia para la elaboración de harina destinada a la panificación y se usa casi exclusivamente con este propósito. Como sucede en el caso de todos los cereales, existen muchas variedades de trigo cultivadas, de modo que tengan alto rendimiento, gran resistencia a diversas condiciones del clima, insectos, enfermedades, y composición óptima para usos especiales en los alimentos. El trigo duro es el más rico en proteína y proporciona una harina amasable, fuerte, que forma una masa más elástica, y más conveniente para la elaboración de pan, ya que este tipo de masa es esencial a fin de retener el volumen logrado por la fermentación. En contraste, el trigo blando es más bajo en proteína ofreciendo una harina más débil, que forma masas o mezclas también más débiles; y es de mayor conveniente para la elaboración de pasteles.

El trigo es por excelencia el cereal más apropiado para la elaboración del pan y su superioridad se debe a las propiedades químicas de sus proteínas. Utilizando una analogía imperfecta, estas proteínas tienen algo de las características elásticas del caucho; por ello, cuando se produce dióxido de carbono por fermentación con levadura, gran parte del gas es retenido en forma de burbujas que aumentan de tamaño durante la cocción para dar una estructura en forma de red a la cual se debe la excelente textura de la pieza final.

Las propiedades de la harina y la masa en la formación del pan, dependerán de características tales como: la humedad de la harina, el contenido de proteínas, ceniza, fibra, grasa, el tamaño de partículas, la calidad del gluten proteico, la elasticidad de la masa y su capacidad de formar películas después de que haya sido amasada con agua.

[13]

2.5.15 Composición de la harina de trigo

Los principales componentes de la harina de trigo son: carbohidratos (principalmente almidón) del 58 al 80%, humedad del 10 al 14%, proteínas del 8 al 13%, grasa del 2 al 5%, fibra no digerible del 2 al 11%. También aporta aproximadamente entre 300 y 350 cal/100g.

El almidón es el elemento principal de la harina. En estado natural, la almendra harinosa del grano de trigo se presenta bajo la forma de un polvo compuesto de granos de tallas diferentes (de 11 a 14 milésimas de mm de diámetro). El almidón no se disuelve en agua fría, ni en el alcohol, ni en el éter; por el contrario, calentando a una temperatura entre 55 y 70° C, los granos de almidón estallan y se aglutinan formando un engrudo. En la elaboración del pan, el almidón proporciona gran parte de azúcares simples. El porcentaje de azúcares simples es reducido en la composición de la harina, pero su papel es muy importante en el momento de la fermentación de la masa.

El gluten como tal no existe en el grano de trigo. En estado natural, en la almendra harinosa, se encuentran dos fracciones proteicas insolubles: la gliadina y la gluteína. Una propiedad importante de esto es que asociadas con el agua forman el gluten. [14]

La gluteína son cadenas proteicas con enlaces, que le dan a la masa la consistencia y resistencia. Por su parte, la gliadina son cadenas proteicas sin enlaces, que le confieren a la masa la viscosidad.

El gluten posibilita la formación de una masa que puede retener el dióxido de carbono formado durante la fermentación por la levadura, o por los aditivos químicos utilizados para este fin. Este complejo proteico tiene la propiedad de hidratarse, de

embeber grandes cantidades de agua; por tal motivo se dice que cuanto más gluten contenga el pan, mejor se conservará y permanecerá fresco durante períodos más largos. Las proteínas de otros cereales, como el arroz, el maíz o la cebada, que se utilizan en numerosos países en lugar del trigo, no poseen las mismas propiedades que el trigo y no sirven, por tanto, para la fabricación del pan “levantado”. [15]

Las materias grasas que se presentan en las harinas, provienen de residuos de la cáscara, del germen, además de localizarse en la almendra harinosa. En cualquier caso, los contenidos de materia grasa en la harina son muy reducidos. Un exceso de materias grasas en una harina puede aportar problemas en su conservación, pues el ácido producido por la materia rancia ataca al gluten y lo degrada. [13]

2.5.16 Tipos de harina

Las harinas se clasifican de acuerdo al tipo de trigo del cual se obtuvieron. El trigo adecuado para la elaboración de la harina se puede clasificar de acuerdo al color de la superficie de la semilla (blanca o roja), la estación en que se plantan (invierno o primavera) y si es dura o suave. Las variedades de trigo rojo, algunas suaves y otras duras, son las que predominan. La dureza del trigo duro viene dada por la mayor continuidad de la matriz de proteínas dentro de las células y los enlaces más firmes de los gránulos de almidón con esta matriz. Las harinas de trigo suave se sienten blandas, las de trigo duro se sienten arenosas. [14]

Las harinas no solo difieren en la clase de trigo de la que se obtienen, sino también en la forma en que se muelen. Las harinas de trigo integral se hacen con toda la semilla. Las harinas blancas provienen del endospermo y se consumen en un 97 % en comparación con la harina integral. [16]

Otra forma de clasificar la harina de trigo es por el grado de extracción. Esta es la proporción de harina obtenida de 100 kg de granos. La harina más recomendable es la de 85 % de extracción, es decir, 85 kg de harina integral/100 kg de granos. La harina blanca corresponde a un 70 % de extracción. Es una harina de escaso valor nutritivo, ya que se ha suprimido todo el salvado y el germen, permaneciendo solamente la parte blanca o endospermo. [13]

Se conocen entonces los siguientes tipos de harinas:

- cero (0)
- dos ceros (00)
- tres ceros (000)
- y cuatro ceros (0000).

La harina 000 se utiliza siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado sin que las piezas pierdan su forma.

La 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden forma. Por ese motivo sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería, en batido de tortas, hojaldres, etc. [17]

En la elaboración de los productos denominados integrales, la elección del tipo de harina debe ser muy cuidadosa. Aunque así llamados, estos productos no se elaboran únicamente con harina integral. La masa se prepara con la mezcla de una harina blanca (mayoritariamente en la fórmula) y harina integral, salvado o mezclas de ambos.

La harina contiene menos grasa que la integral, y por ello se conserva mejor, no se enrancia la parte grasa, pero contiene mucho menos vitaminas del grupo B; menos

calcio, hierro, proteínas, oligoelementos y fibra celulósica. La harina blanca es un alimento parcial que ha perdido gran parte de su vitalidad. Todo lo que ha perdido durante el proceso de refinación es necesario para su digestión metabólica. [13]

Otros tipos de harina son:

Harina de trigo integral: es una harina oscura que se obtiene de la molienda del grano de trigo con todas sus envolturas celulósicas. Según el grado de molienda se admiten tres tipos: grueso, mediano y fino. Esta harina puede utilizarse sola.

Harina de Graham: es una harina integral con un porcentaje más alto de salvado. Sylvester Graham fue un nutricionista norteamericano que luchó a principios del siglo XIX por una alimentación más natural donde el salvado debía ser incluido en los amasados de pan.

Harina de gluten: se extrae industrialmente del grano de trigo; está compuesta por gluten seco y se emplea como mejorador para enriquecer una harina pobre en gluten.

Harina de maíz: se obtiene de la molienda de los granos de maíz; es el cereal que contiene más almidón y si se utiliza sola no se aglutina la masa.

Harina de centeno: es la harina más utilizada en la panificación después de la de trigo. Es muy pobre en gluten, por lo cual es necesario añadir un 50% de harina de trigo para conseguir un buen proceso de fermentación.

Las harinas de soya, arroz, avena, mijo, trigo duro o candeal, y de cebada al igual que la harina de centeno deben complementarse con un porcentual de harina de trigo para poder amasarlas y conseguir formación de gluten. [17]

2.5.17 Conservación de la harina y su efecto sobre las características tecnológicas

Después de la elaboración, la harina debe dejarse madurar por un cierto período de tiempo con el fin de alcanzar el punto óptimo de sus características tecnológicas;

el tiempo requerido depende de varios factores tales como la variedad del trigo, el tipo de elaboración y la conservación del trigo y de la harina. Toso este tiempo, como consecuencia de fenómenos bioquímicos, la harina mejora sus características de panificabilidad; tras un cierto período, que normalmente oscila entre cuatro y seis semanas, tales características decaen.

Si la harina se conserva en un ambiente adecuado, las enzimas comienzan a atacar a los componentes del trigo. En este proceso se forman sustancias aptas como nutrientes de utilización inmediata para las levaduras que se añaden a la masa de pan.

Evidentemente, un proceso de transformación de tal género provoca descenso de las propiedades reológicas de la harina que se traduce en un detrimento de las características tecnológicas de la misma, siendo una consecuencia de ello que la harina de fuerza sea la que tiene un período de maduración más largo y, por tanto, se pueda conservar un poco más de seis semanas.

Otros fenómenos concurren a mejorar las características de panificabilidad de la harina. Este es el caso del proceso de fermentación, que determina la producción de calor, humedad y anhídrido carbónico, cuando toma oxígeno del ambiente; tal fenómeno puede resultar perjudicial si es muy intenso convirtiendo a la harina en no comestible.

Como consecuencia de la fermentación se produce un autocalentamiento de la masa que provoca la formación de grumos, sustratos de mohos, la oxidación y alteración de las grasas contenidas en la harina con un aumento en la acidez y del enranciamiento. El aumento de la temperatura y la humedad de la harina, repercute también en el ambiente circundante, por lo que en los depósitos de conservación de la harina es necesario una aireación suficiente y una oportuna disposición de los sacos, con una temperatura cercana a los 15°C, con una humedad relativa del aire ambiental

en torno al 70%, de modo que la humedad de la harina no supere el 14 al 15%. [9]

2.5.18 Calidad de la harina

Se puede definir la calidad de una harina como su capacidad para dar un producto final de excelentes características organolépticas como el sabor y el olor, de buen valor nutritivo y de costo competitivo. Con el fin de tener información relativa a la calidad de la harina de trigo o de mezclas de harinas, se determina analíticamente diversos parámetros cuyos índices óptimos varían en función del tipo de productos que se desea confeccionar.

Los factores que influyen en la calidad están ligados a las alteraciones debidas a varios procesos, como aquellas que transforman el grano en harina. Algunos de estos factores pueden ser fácilmente controlados y programados.

De la hidrólisis de las proteínas y por lo tanto del gluten, se obtienen aminoácidos con cantidades mínimas de lisina y de triptófano; la carencia de estos aminoácidos esenciales para el organismo humano muestra que es necesario desde el punto de vista nutritivo, complementar la harina de trigo con otra harina que contenga proteínas de mayor valor biológico.

El porcentaje de gluteína respecto al contenido total de proteína tiene una influencia negativa sobre el volumen del pan, mientras que la proteína residual incide positivamente sobre el volumen del pan.

La calidad tecnológica de la harina depende no solo de la composición en aminoácidos del gluten, sino también de la presencia de aminoácidos sulfurados que contienen grupos tiol o disulfuros (-SH o -S-S).

Con relación al contenido proteico y a la propiedad tecnológica de los diversos tipos de harina, en general existe una relación inversa entre el número de puentes disulfuro y la cantidad de proteína. Los datos obtenidos por gramo de proteína muestran que el trigo blando debe contener una mayor cantidad de grupos disulfuro respecto a trigo duro.

En general, los diversos parámetros que deben ser examinados a fin de determinar la calidad de una harina, pueden agruparse en cuatro categorías:

1. Prueba de capacidad o de panificación;
2. Prueba física o reológica;
3. Valoración organoléptica;
4. Análisis químico.

Cada una de estas determinaciones tiene particulares ventajas, pero la más idónea es la prueba de capacidad o de panificación, en cuanto a que sus resultados permiten directamente establecer la calidad de la harina para la elaboración de un producto específico [9].

2.5.19 Características organolépticas de la harina

La harina de trigo debe ser suave al tacto; al tomarla con la mano debe tener “cuerpo” pero sin formar un conglomerado, pues esto indicaría que es una harina con bastante humedad. No debe tener mohos, ni estar rancia, pues sería evidencia de que es vieja o mal conservada.

Si una harina tiene sabor amargo, suele contener harina de semillas adventicias, y si tiene sabor dulce, puede contener harina de trigo germinado.

Por lo tanto, una buena harina debe ser:

- De color blanco amarillento
- Exento de mohos
- Libre de olores desagradables
- Suave al tacto
- Libre de acidez, amargor o dulzor.

Por lo tanto, las condiciones generales para tener una harina normal son:

1. Estar en perfectas condiciones (olor, sabor, color, etc).
2. Proceder de materias primas que no estén: alteradas, adulteradas ni contaminadas.
3. Estar exenta de gérmenes patógenos, toxinas y microorganismos perjudiciales (bacterias, mohos)
4. No sobrepasar límites de plagas.

Una buena harina se conoce también por diversas características, como son:

- Color: depende de la variedad del trigo, de la separación correcta de partículas en la molturación, del contenido de aditivos y de la cantidad de extracción (mayor o menor cantidad de partículas sucias).
- Tolerancia: consiste en permitir un margen de error mayor o menor a la hora de trabajar con ella en el proceso de fabricación del pan, principalmente dando más tiempo de amasado o un período razonable de fermentación después de llegar a su tiempo ideal, sin que el resultado final del pan sufra deterioro notable.
- Blanqueo: normalmente basado en el efecto de oxidación de las harinas, bien porque la fabricación de harinas fuerce el colorido blanco de la harina por métodos químicos, o por la utilización, por parte del panadero, de un aditivo panificable con gran contenido de oxidante.
- Maduración: es sabido que la utilización de harinas recién molidas acarrear problemas de panificación. Por tanto, actualmente todos los técnicos molineros, o

bien las maduran químicamente, o bien las dejan reposar entre períodos de 10 a 15 días antes de entregarlas al panadero.

- Absorción: se considera la propiedad de absorber la mayor cantidad de agua sin alterar la formulación de la masa y dando una buena calidad del pan, siendo éste uno de los puntos que concuerda con la hidratación de las masas. Esta característica es afectada por varios parámetros de la siguiente manera:

- La granulometría (cuanto más fina, más absorción de agua).
- La humedad relativa del ambiente, que cuanto más elevada sea, menos agua admite la harina.
- La cantidad y calidad de las proteínas insolubles (gliadina y gluteína), que, cuanto mayor sea, conllevará mayor absorción de agua.
- La fuerza (W): cuanto más fuerza más absorción hay.
- La extracción: cuanto más extracción hay mas absorción, más almidón dañado y mas fibra, pero superando cenizas de 0,5 % es perjudicial.

- Enriquecimiento: la harina de algunos países esta enriquecida con vitaminas y minerales, como pueden ser vitaminas A y D en EE.UU, que aportan un mayor valor nutritivo.

- Fuerza: definida como la deformación de la masa por impulsión del aire, siendo un parámetro medido por el alveógrafo, que garantiza el poder de la harina para hacer panes de buena calidad.

- Separación: basada en la cantidad y peso de la harina, principalmente la que se ha obtenido después de la molturación.

- Extracción: es la cantidad de harina obtenida de un grano de trigo limpio, sabiendo que a mayor cantidad de extracción, se obtiene harinas con más cantidad de fibra y de materia mineral (ceniza). [18]

2.5.20 El proceso de panificación

Para hacer pan con harina de trigo son necesarios tres requisitos: la formación de la estructura del gluten mediante el mezclado y amasado, el esponjamiento de la mezcla por la producción del gas procedente de la fermentación de la masa por las levaduras, y la compactación del material al cocer en el horno. No existe un solo método de panificación, sino una amplia variedad de procesos posibles, según el tipo de pan que se va a elaborar, los equipos de panificación con los que se dispone, las materias primas, etc. [19]

A- Formación de la masa

La transformación de harina de trigo en masa para pan es un proceso complejo todavía muy poco comprendido, como lo aseguran muchos de los científicos que han opinado al respecto. Cuando las partículas de harina se humedecen y luego se amasan, se forma una masa coherente, cuyo carácter viscoelástico se atribuye al desarrollo del gluten. Otros constituyentes, además de las proteínas, participan en la formación del gluten en la masa para pan, como los lípidos, pentosanos solubles en el agua y glicoproteínas. Además es necesaria la presencia del agua. [13]

Así, en la preparación habitual de la masa de panadería, se añade agua y sal a una mezcla apropiada de harinas y se amasa de 10 a 20 minutos, lo que permite la absorción de agua por las proteínas y los gránulos triturados del almidón, así como el desarrollo de la elasticidad y extensibilidad del gluten. Durante este proceso de amasado, la proteína hidratada forma una red proteica rígida, estable y tridimensional, por la formación de enlaces cruzados de tipo disulfuro (S-S). [19]

Cuando se mezcla la harina y demás ingredientes con el agua, con la agitación y el vaivén de la amasadora, las fracciones proteicas de la harina (gliadina y gluteína) se vuelven pegajosas. Los enlaces al unirse dan lugar a una red elástica y extensible

(gluten), donde se retienen los gases. Una mayor o menor formación de gluten, está determinada por la oxidación o exposición de la masa al oxígeno del aire. [13]

B- Fermentación

El término fue empleado para describir la condición de burbujeo o ebullición vista en la producción de vino, antes de que las levaduras fueran descubiertas. Sin embargo, después del descubrimiento de Pasteur, la palabra fue usada en relación con la actividad microbiana y al final con la actividad enzimática. Corrientemente el término es usado aún para describir los cambios de dióxido de carbono gaseoso durante la acción de células vivientes. [20]

Es uno de los procesos más importantes, el cual está a cargo de las levaduras. El proceso de fermentación comprende todo el período desde que termina la mezcla hasta que entra al horno. Las enzimas principalmente implicadas en la fermentación panaria son las que actúan sobre carbohidratos: α -amilasa, β -amilasa, maltasa e invertasa. [13]

Esta etapa origina la producción de anhídrido carbónico (CO_2) por lo que la pasta crece al formarse bolsas de gas que quedan retenidas entre las finas membranas del gluten. En este proceso también se forma alcohol, que se elimina durante el proceso de cocción, y otros productos secundarios como ácidos, carbonilos y ésteres, que proporcionan los aromas y sabores característicos del pan.

Esta fermentación se debe a la acción de diversas enzimas sobre los azúcares preexistentes en la harina (1-2%) y los procedentes de la hidrólisis de parte del almidón por las α y β -amilasas presentes en la harina y otras enzimas procedentes de las levaduras, como la maltasa, la invertasa y el complejo zimasa. Solo una pequeña parte del almidón presente en la harina (10%) será transformada.

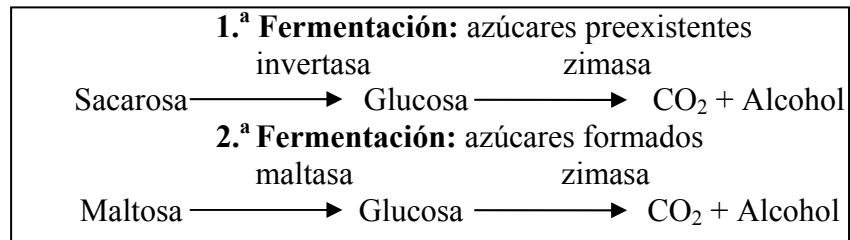


Figura 2.2. Esquema de fermentación

Etapas de la fermentación

La fermentación panadera incluye dos etapas [21]:

- El punteado: es el período de fermentación comprendido entre el final del amasado y el pesado de la masa durante el cual se logran las características físicas de la masa, que permite dividirla y darle forma.
- Fermentación final: indica el intervalo de tiempo comprendido desde que se realiza el armado hasta la puesta en el horno; tiene lugar ya sea en bandejas, moldes o palas, luego de que las piezas hayan sido torneadas o armadas. Las propiedades físicas de la masa van evolucionando durante la fermentación, la docilidad o elasticidad disminuye y la tenacidad aumenta. Se dice que la masa toma fuerza. Este tiempo se fija de una manera empírica. La masa llega a su justo punto de fermentación cuando bajo una presión suave de los dedos del panadero, reacciona desapareciendo las huellas; si éstas en cambio permanecen en la masa debe prolongarse aun más el tiempo de fermentación.
 - a. Aspectos químicos de la fermentación
 - Favorecer la maduración de la masa;
 - Producir gas para airear la masa y el pan.

El mecanismo de producción del gas consiste en la transformación del azúcar en anhídrido carbónico y alcohol. Esta producción depende de la presencia de levadura en la masa y de la cantidad de sustrato (azúcares fermentables) que contiene la harina.

La reproducción de la levadura en la masa depende de la cantidad inicial: una cantidad inferior a un 2% permite la reproducción del 50%; cantidades superiores no permiten el aumento de volumen. Existen sustancias como las grasas y el azúcar, que añadidas en exceso disminuyen la capacidad de fermentación de las levaduras, por lo que en este caso el 2% de levadura es una cantidad demasiado pequeña.

Con una temperatura superior a los 43 °C la actividad de las levaduras se reduce y la proporción de esta reducción depende del calor transferido; la levadura se destruye a una temperatura superior a los 53 °C.

Sobre la fermentación ejerce una gran influencia la temperatura a la que fermenta la masa. Temperaturas por encima de los 28 °C deberán utilizarse en fermentaciones cortas de 1 a 1,5 horas. Para tiempos de fermentación entre las 2 y 4 horas la temperatura deberá ser de 25 a 27 °C, y para períodos más largos de 23 a 25 °C. En definitiva, cuanto más larga sea la duración del proceso, más baja debe ser la temperatura de fermentación.

Por lo general, es preferible que durante la fermentación se produzca una pequeña cantidad de gas, ya que producciones altas de gas implican pérdidas de producto, pues el anhídrido carbónico se produce a partir de azúcares fermentables.

También la humedad del ambiente influye en la actividad de las levaduras, siendo el índice óptimo de humedad relativa entre 80 y 85 %. [9]

C- El horneado

El horneado es un proceso de calentamiento en el que ocurren muchas reacciones a diferentes velocidades. Entre ellas están las siguientes: 1) producción y expansión de gases; 2) coagulación del gluten y huevos, y gelatinización del almidón;

3) deshidratación parcial debido a la evaporación del agua; 4) desarrollo de sabores; 5) cambios de color debido a reacciones de tipo Maillard, entre leche, gluten y proteínas de huevo con azúcares reductores, y otros cambios de color de origen químico; 6) formación de corteza debido a la deshidratación superficial; y 7) oscurecimiento de la corteza debido a reacciones de tipo Maillard y caramelización de los azúcares. [14]

Durante la cocción del pan, la masa es sometida a un perfil de temperaturas diferentes según el tipo de horno. La temperatura puede ser la misma durante toda esta etapa o variar decreciendo de principio a fin, afectando las características finales del producto. El tipo de horno, el tiempo y temperatura de cocción, son otros factores importantes en el desarrollo de una correcta coloración de la corteza. En el brillo de la misma, tiene gran influencia la aportación inicial de vapor, que hidrataría parcialmente al almidón de la capa externa, lo que finalmente genera el vidriado de la superficie. Este mismo factor contribuye a controlar el espesor de la corteza, aunque es más determinante el tipo de horno. [13]

El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y bioquímico, que permite obtener al final del mismo, un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas. La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y tipo de pan. La temperatura oscila entre 220 y 275 °C. La duración es de 45 a 50 min para un pan de 2000 g., de 30 a 40 min para un pan de 900 g., de 20 a 30 min para un pan de 500 g., de 13 a 18 min para panes más pequeños.

La cocción constituye uno de los factores que más influye en el sabor del pan. Se debe hacer de forma que el pan cocido tenga un color amarillo dorado fuerte, con una ligera tonalidad anaranjada. También hay que saber que la coloración de la corteza, que se debe sobre todo a la caramelización de los azúcares residuales durante

la cocción, contribuye en gran medida al enriquecimiento del sabor de la misma y, en menor medida, por ósmosis, al incremento del sabor de la miga. Cuando la corteza carece de color, el sabor del pan se ve perjudicado.

La masa se cuece en un horno a una temperatura externa de aproximadamente 200-230 °C, produciéndose en la superficie un endurecimiento por desecación y un pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard), que conduce a la formación de pigmentos pardos denominados *melanoidinas*, maltol y otros compuestos, que proporcionan los olores característicos del pan. La cocción del pan provoca una gelatinización parcial de los gránulos de almidón, la coagulación de las proteínas de la masa, la muerte de las levaduras y la inactivación de las amilasas [19].

Durante el desarrollo de la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza, tanto más gruesa cuanto más dure esta fase de la cocción. Al final, en caso de que el flujo de agua cese completamente, se llega al punto de carbonización. Además, ocurre la volatilización de todas aquellas sustancias que tienen una temperatura de evaporación inferior a 100 °C y en particular del alcohol etílico y de todas las sustancias aromáticas que se forman, tanto en la fermentación como en la cocción (aldehídos, éteres, ácidos, etc.) [13]

D- Conservación del pan

Los productos de panadería que han de mantenerse frescos varios días, incluso varias semanas, requieren de un tratamiento diferente no solamente con la incorporación de aditivos especiales, sino también con cambios en el proceso de elaboración. Durante un tiempo prolongado, estos productos experimentan cambios físico-químicos que modifican su calidad. Influyen en estos cambios la composición

química, el contenido de agua, la acidez, la temperatura ambiente. Por todo ello, el contenido de proteínas de la harina, la cantidad de azúcar, los emulgentes y las grasas reducen el envejecimiento del pan, y los conservantes y los reguladores del pH frenan el crecimiento de mohos.

Conseguir que el pan de molde se mantenga el máximo de tiempo fresco es el objetivo de todos los panaderos, de ello depende el grado de humedad, que está directamente relacionado con el tiempo de cocción y su temperatura. No cabe duda que cuando el tiempo de cocción es ligeramente menor a lo óptimo el producto se mantiene fresco más tiempo, pero esto puede acarrear que al contener más actividad de agua, facilite el crecimiento de hongos. También el contenido de proteínas en la harina influirá en ello: con harinas flojas no es posible mantener el pan de molde fresco durante mucho tiempo.

La cantidad de grasa también será factor decisivo en la conservación, y por último, la presencia en la composición de la masa de emulgentes, influirá en la prolongación de vida en el pan.

Los emulgentes o emulsionantes son unos aditivos químicos, naturales o sintéticos, que al añadirlos a la masas panarias proporcionan una mezcla íntima entre el agua y las grasas.

En el ámbito de las masas batidas (bizcochos, magdalenas, *plum-cake*, etc), la presencia de estos aditivos proporciona un esponjamiento en éstas al incorporar aire en el batido. El esponjamiento es debido a que el aire introducido es retenido por la masa durante el batido, el emulsionante crea una película con una estructura laminar que retiene el aire.

Los monoglicéridos destilados (E-471) son emulgentes específicos para las masas batidas que proporcionan bizcochos de buena calidad. La dosificación recomendada es de 3 a 8 g por kilo de harina.

En las masas fermentadas los emulsionantes actúan de forma muy distinta. Durante el amasado aumentan la tolerancia de las masas, incrementan la absorción de agua y refuerzan el gluten aumentando la capacidad de retención de gas durante la fermentación, teniendo la capacidad de formar una película acuosa entre las fibras del gluten y el almidón. Este efecto produce mayor extensibilidad a la masa, lo que facilita su mecanización.

Las masas con la adición de emulgentes se vuelven secas y con poca pegajosidad, permitiendo el paso por la divisora, boleadora y facilitando el volumen del pan; el alveolado de la miga es suave y uniforme.

El emulgente más común para conseguir este fin es el monoglicérido de ácidos grasos esterificados con diacetil tartárico, en dosis recomendadas de entre 2 y 6 g por kilo de harina.

Este emulgente junto con el ácido ascórbico y las enzimas α -amilasas componen el mejorante completo que normalmente emplea el panadero.

La evolución de la consistencia de la corteza y la frescura de la miga se deben principalmente a los cambios con el agua y la retrogradación del almidón.

El almidón del trigo está compuesto por amilopectina y por amilosa, siendo cuatro veces mayor el contenido de amilopectina. Durante la etapa de cocción parte de la amilosa escapa de los gránulos de almidón, se disuelve en el agua y forma un gel bastante firme entre los gránulos de almidón hinchado del pan recién cocido. Con

el tiempo esta amilosa recristaliza a su forma original insoluble, se vuelve dura y quebradiza y reduce la esponjosidad de la miga. Por tanto, la retrogradación es el factor principal que influye en los cambios de la consistencia de la miga con el paso del tiempo. Al añadir emulgente suavizante, el comportamiento del almidón durante la cocción es diferente. Cuando la temperatura llega a 55 °C entran dichos aditivos en una forma cristalina líquida reaccionando con la amilosa y formando un complejo helicoidal insoluble. Esta reacción eleva la temperatura de gelatinización de los gránulos de almidón, reduciéndose así la totalidad de almidón gelatinizado. Esto significa que el gel del almidón tiene menos amilosa y por ello la miga se mantiene más blanda y esponjosa. Los emulgentes, por tanto, disminuyen la retrogradación de parte del almidón y reducen la pérdida de agua de la proteína, retrasando así la formación de una estructura rígida de la misma, y proporcionando una miga más blanca y esponjosa durante un período más largo.

Los monoglicéridos destilados, y el estearoil-2-lactilato cálcico, son los ablandadores de miga más eficaces en el pan de molde y en los productos de bollería debido a su alta efectividad, en dosis de 5 g por kilo de harina, en conjunto o aislados.

Los productos de pastelería (magdalena, bizcochos, *plum-cakes*, etc.), y en general las masas batidas, se conservan más tiernas cuando se añade algún humectante de tipo polisacárido. Estos productos mantienen la fijación de agua evitando el envejecimiento prematuro. El Sorbitol es uno de los más eficaces, no estando limitada su dosificación, aunque una buena dosis es del 2 % sobre el total de la harina.

Los productos de panadería tales como el pan de molde, no tienen problemas de enranciamiento; para que esto ocurra deben transcurrir más días de almacenamiento. Los productos que requieren durar mucho tiempo (6 meses) como las galletas, colines y picos, pan tostado, etc., requieren que las grasas incorporadas estén estabilizadas

para que los productos no se enrancien.

Los productos más empleados contra el enranciamiento son:

- Butil-hidroxi-anisol
- Butil-hidroxi-tuluol

En dosificaciones máximas permitidas de 0,03 % sobre la grasa.

En el pan de molde la humedad máxima permitida es del 38 %; si el contenido en agua es inferior a ésta no cabe duda que el pan se volverá duro rápidamente. Luego entonces, hay que mantenerlo próximo a este porcentaje de humedad para evitar el envejecimiento prematuro. En estas condiciones el producto se halla expuesto al desarrollo de mohos.

La cantidad de agua en el pan será factor decisivo para el crecimiento de hongos, aunque también hay que tener en cuenta que los productos empaquetados aún calientes, así como las altas temperaturas ambientales y el grado de contaminación ambiental favorecen el enmohecimiento del pan.

Cuando el pan sale del horno es prácticamente estéril a causa de las altas temperaturas de cocción, pero inmediatamente comienzan a depositarse las esporas que flotan en el ambiente. Una vez empaquetado el pan y si el ambiente es propicio, como una humedad excesiva, o si se hubiera empaquetado aún caliente la condensación en la bolsa sería el caldo de cultivo para el crecimiento de hongos.

Hay que prestar especial interés en el tiempo de cocción, para no desecarlo demasiado, ni que quede excesivamente crudo, lo que permitirá que pueda mantener una humedad elevada.

No empaquetar el pan caliente, ni húmedo por haberlo enfriado en tablero sin transpiración. Es muy frecuente enfriar el pan sobre tableros o superficies lisas sin transpiración; lo ideal es enfriarlo sobre una malla metálica o rejilla para que no se humedezca.

El uso de sustancias químicas para combatir el florecimiento de hongos es una práctica habitual para la conservación de los productos de panadería, cuando estos ameritan mantenerse más de 2 o 3 días. La legislación permite añadir una serie de aditivos para dicho fin.

El más empleado para el pan de molde es el propionato cálcico, para los productos de bollería el sorbato potásico y para las masas batidas el ácido sórbico.

En España e Italia está autorizado un máximo de 3 g/kg de harina pero en otras reglamentaciones como la francesa permiten hasta 5 g/kg de harina.

Para que su efectividad sea más notable la masa ha de tener valores de pH de 5,3 y para que esto sea posible hay que añadir ácido láctico o ácido cítrico en la proporción de 1 a 2 g/kg de harina.

Si bien los ácidos lácticos y cítricos no están considerados productos antimohos sino reguladores del pH, su eficacia se basa en aumentar la acidez de la masa exaltando la efectividad de los antimohos [22]

2.5.21 Envejecimiento del pan

El endurecimiento de la miga de pan no se debe solo a la pérdida de humedad, sino al cambio que se produce en la estructura del almidón a temperaturas inferiores a 55°C, desde una forma amorfa a otra cristalina que retiene menos agua. Esta

variación conduce a un rápido endurecimiento y a la retracción de los granos de almidón que se separan del gluten con el que están asociados, produciéndose el desmoronamiento de la miga. Durante este proceso parte de las moléculas de agua difunden hacia la corteza, donde se evaporan, por lo que el encerrar el pan en una panera ayuda a retrasar el proceso de envejecimiento.

Si el pan viejo contiene suficiente humedad puede convertirse en fresco de nuevo recalentándolo en el horno. Para ello, el interior del pan debe alcanzar al menos 60°C para romper la estructura microcristalina del almidón. Una vez que se ha roto la estructura del almidón las moléculas de agua se mueven hacia los intersticios, los gránulos de almidón se ablandan y el pan se torna más tierno. Además, se liberan algunos componentes aromáticos. Tan pronto como el pan se saque del horno debe consumirse o colocarse en un recipiente de cierre hermético para evitar la evaporación de la humedad y el endurecimiento de la corteza.

Hay que tener en cuenta que el pan envejece más lentamente a temperatura ambiente (15-20°C) que a temperaturas más bajas (refrigeración). [19]

2.5.22 Aspectos teóricos sobre las técnicas de evaluación de la calidad del producto

A. Composición proximal

Humedad:

El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia por varias razones, pero su determinación exacta es muy difícil. El agua se encuentra en los alimentos en tres formas: como agua de combinación, como agua absorbida y en forma libre. El agua de combinación está unida en alguna forma química como agua

de cristalización o como hidratos. El agua absorbida está asociada físicamente como una monocapa sobre la superficie de los constituyentes de los alimentos. El agua libre es aquella que es fundamentalmente un constituyente separado, con facilidad se pierde por evaporación o por secado. Dado que la mayor parte de los alimentos son mezclas heterogéneas de varias sustancias, pueden contener cantidades variables de agua de los tres tipos.

Hay muchos métodos para la determinación del contenido de humedad de los alimentos, variando en su complicación de acuerdo a los tres tipos de agua y a menudo hay una correlación pobre entre los resultados obtenidos. Sin embargo, la generalidad de los métodos dan resultados reproducibles, si las instrucciones empíricas se siguen con fidelidad y pueden ser satisfactorios para uso práctico.

Los métodos pueden ser clasificados como por secado, destilación, por métodos químicos e instrumentales. [23]

Métodos por secado: estos incluyen las mediciones de la pérdida de peso debida a la evaporación de agua a la temperatura de ebullición o cerca de ella. Aunque tales métodos son usados frecuentemente debido a que dan resultados exactos cuando se consideran sobre una base relativa, hay que tener en mente que el resultado obtenido puede no ser una medición verdadera del contenido de agua en la muestra. Por ejemplo, los aceites volátiles pueden perderse a temperatura de secado de 100°C. En algunos alimentos (por ejemplo, cereales) solamente una parte del agua que contienen se pierde a esta temperatura. El resto (agua combinada o adsorbida) es difícil de eliminar y parece estar asociada a las proteínas presentes. La proporción de agua libre perdida aumenta al elevar la temperatura, por lo que es importante comparar únicamente los resultados obtenidos cuando se usan las mismas condiciones de secado. Además, si es posible que se efectúe alguna descomposición, como sucede en los alimentos que tienen una proporción elevada de azúcares, es aconsejable utilizar

una temperatura de secado más baja, por ejemplo 70°C, y aplicar vacío. Los polvos de hornear deben ser secados a la temperatura ambiente de un desecador de vacío durante un período considerable, dado que el calentamiento ocasiona una gran pérdida de dióxido de carbono. La pérdida de peso puede depender también de otros factores que incluyen el tamaño de partícula y el peso de la muestra que se tomó, el tipo de cápsula que se utiliza y las variaciones de temperatura en la estufa de anaquel a anaquel. Las estufas que son ventiladas por medios mecánicos con un ventilador interno dan resultados más consistentes y una mayor velocidad de secado.

Métodos de destilación: estos métodos incluyen la destilación del producto alimenticio con un disolvente inmiscible que tiene un elevado punto de ebullición y una densidad menor que la del agua, por ejemplo, tolueno, heptano y xileno. El agua que se destila cae debajo del disolvente condensado en un recipiente graduado, en el cual se puede medir el volumen de la fase acuosa. Aunque los resultados bajos son comunes en el método de destilación, este tiene la ventaja que una vez que se ha montado el aparato necesita poca atención y que cualquier aceite volátil que destile no será medido, dado que quedan atrapados en el disolvente inmiscible.

Métodos químicos: en la Norma Británica se describe el método sensible de titulación para determinar agua, desarrollado originalmente por Karl Fischer. Este método se basa en la reacción no estequiométrica del agua con el yodo y el dióxido de azufre en solución de piridina-metanol. El reactivo se estandariza contra una solución tipo de agua en metanol o de un hidrato salino puro como el hidrato de tartrato de sodio. Para disminuir al mínimo las pérdidas, el agua debe extraerse preferentemente del material que se analiza por ebullición suave con metanol durante un tiempo, corto en un matraz adaptado a un condensador muy largo. El método de Karl Fischer se emplea en primer lugar para materiales cuyo contenido en agua es considerablemente bajo, por ejemplo, azúcar de pastelería, chocolates, melazas y legumbres secas.

Métodos instrumentales: se han aplicado una amplia diversidad de métodos instrumentales basados en principios físicos o fisicoquímicos, para la determinación de la humedad. Muchos de ellos han sido desarrollados para obtener resultados rápidos de un número elevado de muestras del mismo tipo, por ejemplo, en las comprobaciones que el control de calidad requiere en la línea de producción de alimentos elaborados. Originalmente se utilizaron instrumentos basados en la resistencia eléctrica, la frecuencia y las propiedades dieléctricas.

Ceniza:

Ceniza total: la ceniza de los productos alimentarios está constituida por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. La ceniza obtenida no tiene necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que puede haber habido pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes. El valor de la ceniza puede considerarse como una medida general de la calidad, y a menudo es un criterio útil para determinar la identidad de un alimento. Cuando hay un alto contenido de ceniza se sugiere la presencia de un adulterante inorgánico, a menudo es aconsejable además, la determinación de ceniza insoluble en ácido.

El método general para determinar las cenizas totales consiste en calcinar la muestra y determinar su contenido por diferencia de peso. Con algunos alimentos, por ejemplo la cebada y la avena, es difícil quemar toda la materia orgánica, pero la calcinación puede completarse si las partículas se rompen con un alambre de platino o se humedece el residuo carbonáceo frío con agua, se seca y vuelve a calcinarse suavemente. [23]

Fibra cruda:

La “fibra cruda” es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra con ácido sulfúrico diluido y con hidróxido de sodio diluido. Este tratamiento empírico proporciona una fibra cruda que consiste principalmente en celulosa y cierta proporción de lignina y hemicelulosa contenidas en la muestra original. Las cantidades de estas sustancias en la fibra cruda varían según las condiciones empleadas, de modo que para obtener resultados congruentes es preciso seguir en forma estricta un procedimiento estandarizado. [23]

Proteínas:

Las proteínas son fundamentales para la alimentación humana, variando su valor biológico y el aprovechamiento por parte del organismo. En la determinación química de las proteínas, los datos son expresados en “nitrógeno proteico total”. El tenor de nitrógeno varía según su comparación y está vinculado a su origen. Así, es distinto en general para las proteínas animales y para las vegetales y presenta también diferencias dentro de cada tipo, estableciéndose de acuerdo al contenido de nitrógeno de cada proteína, los factores de conversión del dato de nitrógeno en la proteína correspondiente.

Para las proteínas vegetales, cuyo contenido en nitrógeno oscila entre 16,4 % y el 18,7 %, se aplica el factor general de conversión 5,7, pudiéndose aplicar otros particulares para cada vegetal. Para las proteínas animales que contienen aproximadamente 16% de nitrógeno, se aplica el factor 6,25. Como caso particular para la caseína de leche, que contiene 15,5 %, se aplica el factor 6,38.

El método de valoración de nitrógeno proteico de mayor aplicación universal para alimentos, es el ideado por Kjeldahl en 1883, el cual en el transcurso de los años

ha sufrido diferentes modificaciones, no en lo fundamental, sino en lo que se refiere a los catalizadores aplicables para acelerar o hacer más completa la valoración. [18]

Grasa:

Los constituyentes grasos de los alimentos son diversas sustancias lípidas. El contenido de “grasa” (algunas veces llamado extracto etéreo, grasa neutra o grasa cruda), el cual puede ser considerado como formado de constituyentes lípidos “libres” es aquel que puede ser extraído por los disolventes menos polares, como fracciones ligeras de petróleo y éter etílico, mientras que los lípidos “enlazados” requieren disolventes más polares para su extracción. Estos pueden separarse por hidrólisis u otros tratamientos químicos para obtener el lípido libre, de aquí que la cantidad de lípido extraído de un producto alimenticio dependa del método de análisis usado.

Algunas técnicas usadas para determinar contenido de grasas son las siguientes:

Método de extracción directa con disolvente: el contenido en lípidos libres, que básicamente consiste en grasas neutras (triglicéridos) y ácidos libres, se determina sin mayor problema en los alimentos por extracción del material seco y molido con una fracción ligera de petróleo o con éter etílico en un aparato de extracción continua. Existen varios diseños disponibles, pero básicamente hay dos tipos. El tipo Bolton o Bailey-Walker proporciona una extracción continua en la que las gotas condensadas del disolvente caen sobre la muestra contenida en un recipiente poroso o dedal, alrededor del cual pasan los vapores calientes del disolvente. El tipo Soxhlet proporciona una extracción intermitente con un exceso de disolvente recién condensado; la eficiencia de ambos métodos depende del tratamiento previo de la muestra y de la elección del disolvente.

Método de extracción por solubilización: los lípidos enlazados se pueden liberar si la muestra de alimento se disuelve por completo antes de la extracción con disolventes polares. La disolución del alimento se logra por hidrólisis ácida o alcalina.

Métodos volumétricos: estos métodos incluyen la disolución de la muestra en ácido sulfúrico y la centrifugación de la grasa en recipientes de vidrio especialmente calibrados. En Estados Unidos se emplea el método Babcock y en los países europeos se usa, por lo regular, el método Gerber para la determinación rutinaria de grasa en leche y productos lácteos. Si el proceso se desarrolla con cuidado, el método Gerber da resultados para diversos alimentos que concuerdan con los obtenidos usando procedimientos gravimétricos, que son más largos y por tanto se usan por ejemplo para calibrar métodos infrarrojos.

Métodos físicos: además de los métodos clásicos, se han desarrollado técnicas que miden los cambios en las propiedades físicas por la presencia de grasa en la solución, por ejemplo, el índice de refracción, la gravedad específica, la impedancia y la capacitancia. [23]

B. Análisis de contenido de cianuro

Los compuestos que contienen cianuro son potencialmente tóxicos, ya que un cambio de pH en el medio puede liberar ácido cianhídrico, generalmente asociado con la máxima toxicidad de estos compuestos. Es por ello que es de suma importancia determinar la presencia del ion Cianuro (CN⁻) en todos los compuestos cianurados en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.

Los cianuros pueden ser determinados potenciométricamente en el destilado alcalino de la muestra, usando un electrodo selectivo de ion específico para cianuros,

en combinación con un electrodo de referencia de doble junta y un potenciómetro [24]

C. Prueba de color

El color es la primera sensación que se percibe de un alimento, y la que determina el primer juicio sobre su calidad. Es también un factor importante dentro del conjunto de sensaciones que aporta el alimento, y tiende a veces a modificar subjetivamente otras sensaciones como el sabor y el olor.

El color, frente a la textura o el sabor del alimento, tiene una peculiaridad importante: su apreciación se realiza siempre en primer lugar, por lo tanto su importancia tecnológica reside en la posibilidad de utilizarlo como índice de transformaciones naturales de los alimentos frescos o de cambios ocurridos en el proceso industrial, debido a la relación que existe entre el color y otros factores de calidad o entre aquel y la composición química o el grado de desarrollo de la alteración.

El color se puede medir en forma mucho más precisa con un colorímetro. La luz reflejada por un objeto de color puede ser dividida en tres componentes a los que se han dado los términos de valor, matiz y croma. El valor se refiere a la claridad u oscuridad del color, el matiz a la longitud de onda predominante, que determina si el color es rojo, verde o amarillo, y el croma se refiere a la intensidad del color. El color de un objeto puede definirse con precisión en términos de valor numérico de estos tres componentes. Esto se conoce como colorimetría de estímulo triple y es la base de varios instrumentos de medición de color.

Con el fin de normalizar la medida del color, la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) reunida en Paris en 1931 definió un espacio físico de colores

fundados en la teoría de la percepción tricromática. Este espacio se desarrolló basándose en la igualación de colores mediante mezclas de cantidades apropiadas de tres estímulos fundamentales: rojo, verde y azul.

Paralelamente, el desarrollo de los colorímetros triestímulos y tomando como base la teoría de colores opuestos de Hering, se desarrolló el sistema L^* , a^* , b^* de Hunter. Con estas nuevas coordenadas se define un espacio cartesiano en el que L^* corresponde a la luminosidad y a^* y b^* a la cromaticidad. Concretamente, a^* define el componente rojo-verde (rojo para los valores positivos y verde para los valores negativos). El parámetro b^* define el componente amarillo-azul (amarillo para colores positivos y azul para colores negativos).

En el pan, el color de la corteza, el alveolado y color de la miga vienen determinados o influenciados por los siguientes factores:

- La tasa de extracción de las harinas: la cantidad de harina que se obtiene de la molienda de una cierta cantidad de trigo, es factor determinante de su color. Como consecuencia, los panes elaborados con harinas oscuras, como las integrales, tienen colores de corteza y miga más oscuras.
- Los azúcares: reducen la coloración de la corteza, así como su espesor y dan productos de corteza flexible, no crujiente.
- Los mejorantes: las dextrinas resultantes de la degradación del almidón, contribuyen a la coloración y brillo de la corteza.
- La sal: retarda la fermentación y su exceso aumenta el color de la corteza.
- La cantidad de agua incorporada a la masa: cuanto más blanda sea la masa, más oscura será la coloración de la corteza; y al contrario, masas duras, como la de los panes candeales, dan cortezas de coloración más atenuada. La razón es que el mayor contenido en agua facilita la actividad enzimática.
- El punto de fermentación: una baja intensidad de fermentación favorece el tono rojizo de la corteza, llegando a producirse manchas más oscuras cuando el volumen

de la pieza es escaso. Cuando la actividad fermentativa es muy intensa, como en las masas con alto contenido en levadura, la coloración de la corteza es más pálida.

➤ La cocción, el tipo de horno, el tiempo y la temperatura de cocción, son otros factores importantes en el desarrollo de una correcta coloración de la corteza. En el brillo de la misma, tiene gran influencia el aporte inicial de vapor, que hidrataría parcialmente el almidón de la capa externa, lo que finalmente genera el vidriado de la superficie. [13]

D. Prueba de textura (Índice de firmeza)

En las aplicaciones de tecnología de los alimentos, el término “textura” se usa para describir los atributos de calidad sensorial de los materiales que conforman los alimentos, lo que tiene que ver con la respuesta sensorial al tocar o sentir el alimento, tales como ser duro, blando, frágil o crujiente. Como tales, la textura puede tener diferentes significados e interpretaciones. De acuerdo con la norma ISO 5492, la textura de los alimentos son "todos los atributos mecánicos y geométricos de la superficie de un producto, que pueden ser percibidos por medios receptores mecánicos, táctiles, visuales y auditivos."

En la Tabla 2.2 se muestran ejemplos de términos que se utilizan con frecuencia para describir la textura de los alimentos.

Duro
Suave
Espeso
Gomoso, pegajoso
Pastoso
Seco
Desmenuzable
Frágil, quebradizo
Resistente
Viscoso

Tabla 2.2. Términos usados para describir la textura en los alimentos.

El término "textura" cubre las propiedades organolépticas, sensoriales, mecánicas y geométricas de un alimento. Las sensaciones organolépticas y sensoriales pueden traducirse en fenómenos mecánicos, acústicos y visuales. Las características mecánicas (todo lo que podemos "sentir") se pueden dividir en características táctiles y cinestéticas. Las características táctiles son los sentimientos experimentados durante el toque pasivo de la comida con los dedos, la lengua y la boca. Las características cinestéticas son los sentimientos experimentados durante la fractura y ruptura del material, al morder, masticar y tragar. Los fenómenos acústicos implican el sonido y el ruido que se genera durante la ruptura, mordedura, el masticar y el tragar. Normalmente, los fenómenos acústicos son complementados por las impresiones mecánicas generales experimentadas cuando se muerde y mastica un producto alimenticio (la experiencia sería incompleta si no estuviera el sonido de acompañamiento). El fenómeno visual cubre todo lo que puede ser visto con el ojo sin la ayuda de la instrumentación.

En el ámbito de la tecnología de los alimentos se ha producido una interminable búsqueda para encontrar métodos de medición y cuantificación de los fenómenos de la textura mediante el uso de los instrumentos, en lugar de confiar en el juicio humano y la incertidumbre de los paneles sensoriales

Los principios de las pruebas pueden ser diferentes dependiendo de la pregunta de interés. Por ejemplo, una prueba diseñada para detectar medidas de fractura no puede ser la misma prueba que para cremosidad y suavidad. Por lo tanto, los principios de ensayo deben ser ordenados por el tipo de carga que debe ser traído a la muestra sobre la base de una comprensión de las características físicas involucradas y la pregunta que debe responder, o de la aplicación prevista de los resultados.

También se puede distinguir entre pruebas estáticas y pruebas dinámicas. En una prueba estática la carga es constante en el tiempo. En los ensayos dinámicos la carga puede variar a lo largo del tiempo como una rampa lineal o una bicicleta sinusoidal periódica. Debido a las variaciones periódicas estas pruebas también pueden ser llamadas pruebas oscilatorias.

En una prueba "paso a paso", la carga es cambiada con el tiempo de manera gradual, teniendo valores distintos a intervalos de tiempo diferentes. Este tipo de prueba se puede entender como un intermedio entre las pruebas estáticas y las dinámicas. Cuando son más largos los períodos de espera entre cada paso, la prueba puede ser considerada como una serie consecutiva de pruebas estáticas. Cuando los períodos de espera son muy cortos (por no decir cercanos a cero) se tiene un ensayo dinámico (Figura 2.3 y Tabla 2.3).

Existe una manera mecánica de realizar la prueba de textura, mediante el empleo de un mueble con cabeza de cruz que permite que las herramientas como platos o cuchillos se puedan colocar para mover arriba y abajo contra la muestra. Una

célula de carga para medir la fuerza y un dispositivo para registrar el movimiento de la cruceta permite que el dispositivo para producir la fuerza frente a la deformación (longitud) suministre datos de los que podemos derivar diagramas tensión-deformación.

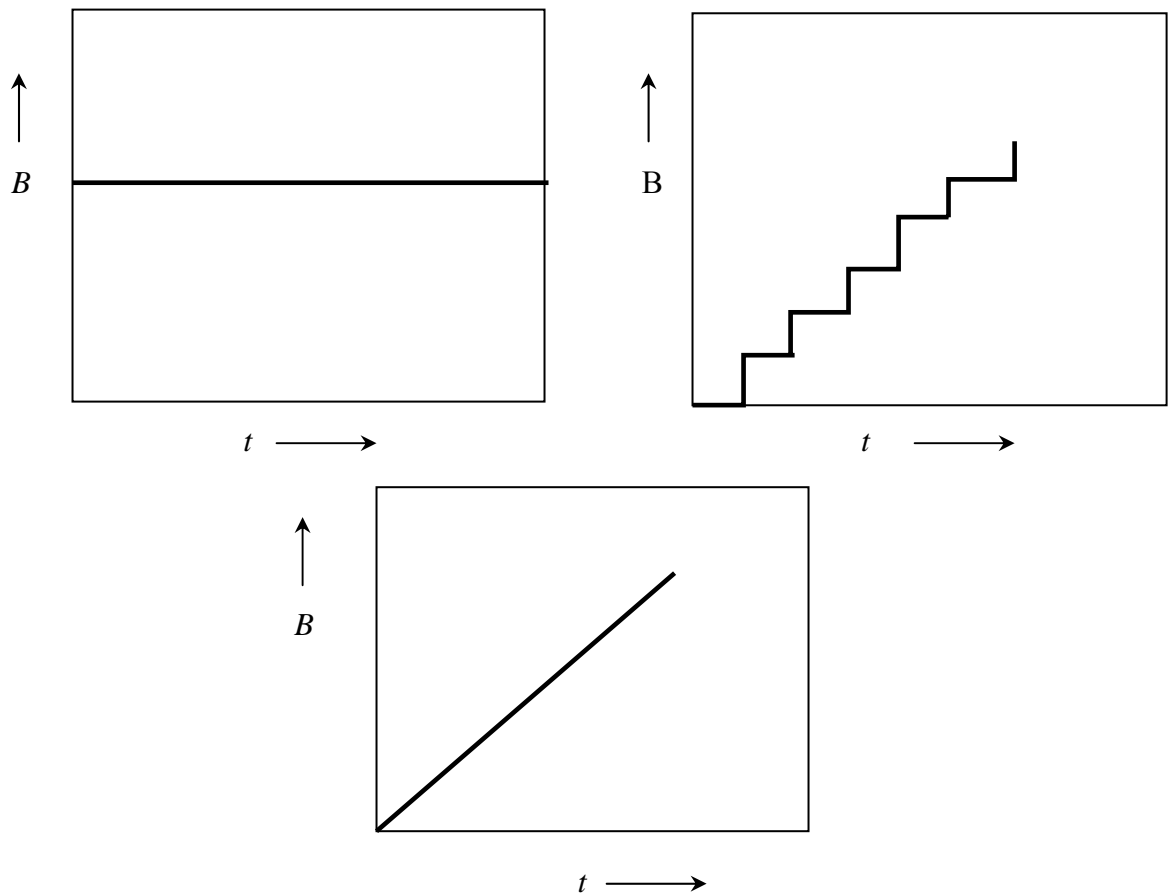


Figura 2.3. Tipos de pruebas: Estáticas (diagrama superior izquierdo) y dinámica (parte inferior de la figura) de carga de una muestra. La prueba es paso a paso en el diagrama superior derecho. [25]

Tabla 2.3. Características de las pruebas estáticas y dinámicas. [25]

Término	Característica
Prueba estática	La carga es constante en el tiempo
Prueba dinámica	La carga varía con el tiempo
Estado estacionario	La cantidad medida es constante en el tiempo
Estado transitorio	La cantidad medida varía con el tiempo

Varios tipos de herramientas de prueba se pueden montar en la cruceta en función del tipo de prueba que se desea realizar. Estas herramientas de prueba diferentes pueden ser rectangulares o circulares, placas planas o salientes, organismos con formas cilíndricas, cónicas o esféricas.

Todas estas herramientas están disponibles con diferentes tamaños y formas (ángulo), (Figura 2.4). La figura 2.5 muestra un ejemplo de curvas de tensión-deformación que pueden obtenerse mediante una herramienta de prueba.

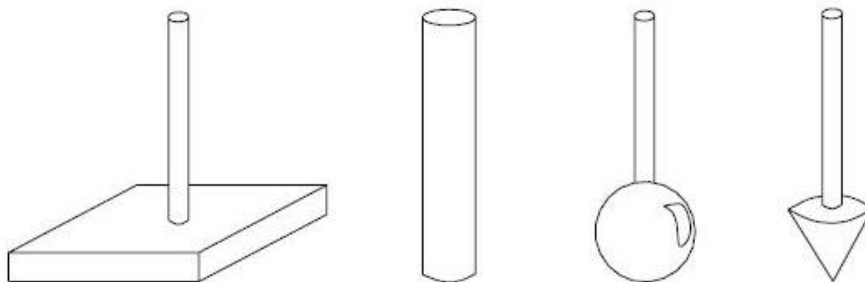


Figura 2.4. Tipos de herramientas de prueba, ejemplos. [25]

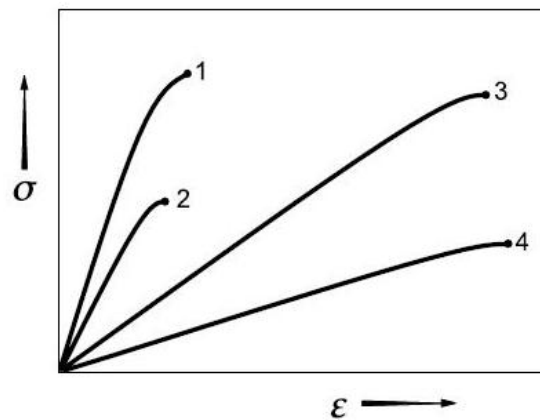


Figura 2.5. Curvas simples de tensión-deformación: 1. Duro fuerte, 2. Duro débil, 3. Suave fuerte, 4. Suave débil. [25]

La caracterización de la textura de los alimentos mediante la descripción y cuantificación de algún tipo de perfil de textura involucra a menudo el examen organoléptico (morder, mascar, etc.). A través de los años, una serie de diferentes instrumentos de laboratorio se han introducido con el fin de simular las sensaciones organolépticas para así tener la posibilidad de que un método instrumental de textura genere de perfiles de estudio. [25] Algunas de ellas se describen a continuación:

- **Compresión:** de acuerdo con el método de la AACC (Asociación Americana de Químicos de Cereales), la firmeza del pan se puede determinar utilizando el principio de compresión (AACC, 1988). La compresión (deformación) mide la distancia en que un alimento es comprimido bajo un estándar de la fuerza de compresión, o la fuerza requerida para comprimir un alimento a una distancia estándar. Esta prueba puede ser comparada con el grado de compresión del pan por parte de los consumidores para asegurarse de que éste es fresco. La descripción sensorial de esta prueba es la suavidad o firmeza.
- **Encajado-flexión:** esta prueba mide la fuerza necesaria para doblar o romper

alimentos frágiles como galletas dulces o saladas. La muestra se coloca a través de dos rieles verticales que lo soportan en posición horizontal. Una tercera barra montada por encima de la muestra y equidistante entre los carriles de apoyo se baja hasta que la muestra se rompa y la fuerza se mide. La fuerza necesaria para romper una muestra depende de la fuerza y las dimensiones de dicha muestra.

- Cizalla de corte: consiste en una rejilla de cuchillas que gira a velocidad constante a través de una segunda rejilla de cuchillas. Se usa para determinar la madurez mediante la fuerza de corte.
- Punción: la prueba de punción mide la fuerza requerida para empujar la sonda en el alimento y se expresa como la firmeza o dureza del producto. Se utiliza sobre todo para las frutas, geles, verduras y productos lácteos o algunos productos cárnicos. La prueba de punción no es ampliamente utilizada en los productos horneados de cereales duros, ya que son susceptibles a las fracturas cuando se someten a este examen.
- Penetración: los penetrómetros fueron originalmente diseñados para medir la distancia que un cono o una aguja se hunde en un alimento como la margarina o mayonesa, bajo la fuerza de gravedad durante un tiempo estándar. Este es un aparato simple y relativamente barato usado para la determinación de la extensibilidad de la mantequilla. La profundidad de penetración depende del peso, el ángulo de cono, altura de caída, y propiedades de los materiales de prueba. El cono primero deforma el material y en la deformación de este puede producir o una fractura. Este equipo contiene componentes tanto de fuerza cortante como de elongación (Fig. 2.6). La profundidad de penetración se determina por una combinación de módulo de elasticidad en cortante y compresión, rendimiento o fractura de tensión y cizalladura y viscosidad de elongación.

En el Análisis del Perfil de Textura (TPA) se comprime dos veces una pieza de tamaño de un bocado de comida (por lo general un cubo de 1 cm) para simular la acción de masticación de los dientes. La compresión es generalmente el 80% de la longitud original de la muestra. Como resultado de la TPA, las propiedades sensoriales, tales como gomosidad, cohesión y otros, se puede determinar de forma objetiva. Los analizadores de textura se utilizan para obtener el perfil del análisis de textura.

La curva generada de fuerza en función del tiempo se conoce como un perfil de textura. Dado que el acto comprime la muestra dos veces, se obtienen dos curvas positivas y dos negativas (figura 2.6). Los picos de fuerzas y las áreas bajo las curvas se utilizan para determinar las distintas propiedades de los alimentos como fracturabilidad, dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad.

La **fracturabilidad (fragilidad)** se define como la fuerza de la primera ruptura significativa en el área positiva de la primera picadura.

La **dureza** se define como la fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión.

La **cohesión** se define como la relación entre el área de la segunda picadura positiva al área de la primera picadura positiva.

La **adhesividad** se define como el área negativa de fuerza que representa el trabajo necesario para el primer bocado al tirar del émbolo lejos de la comida.

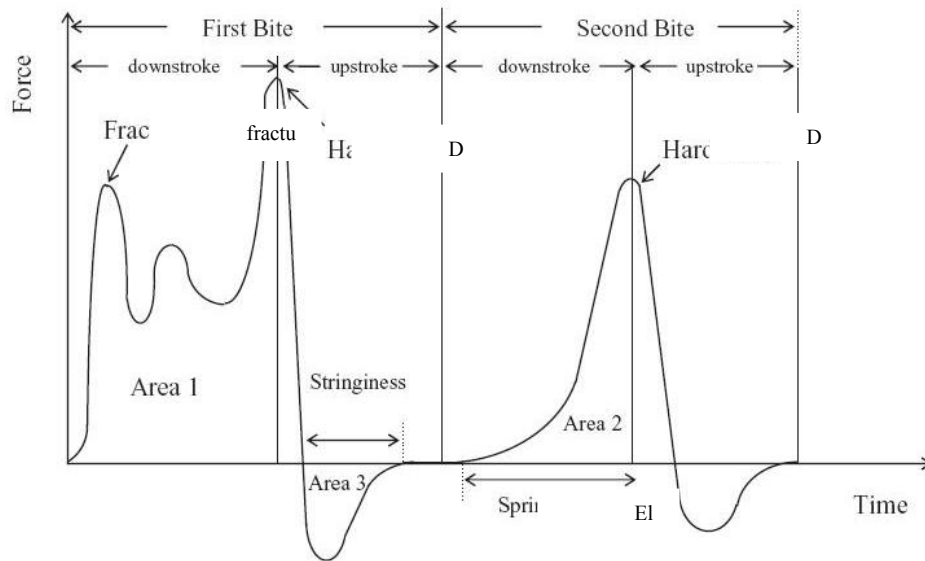
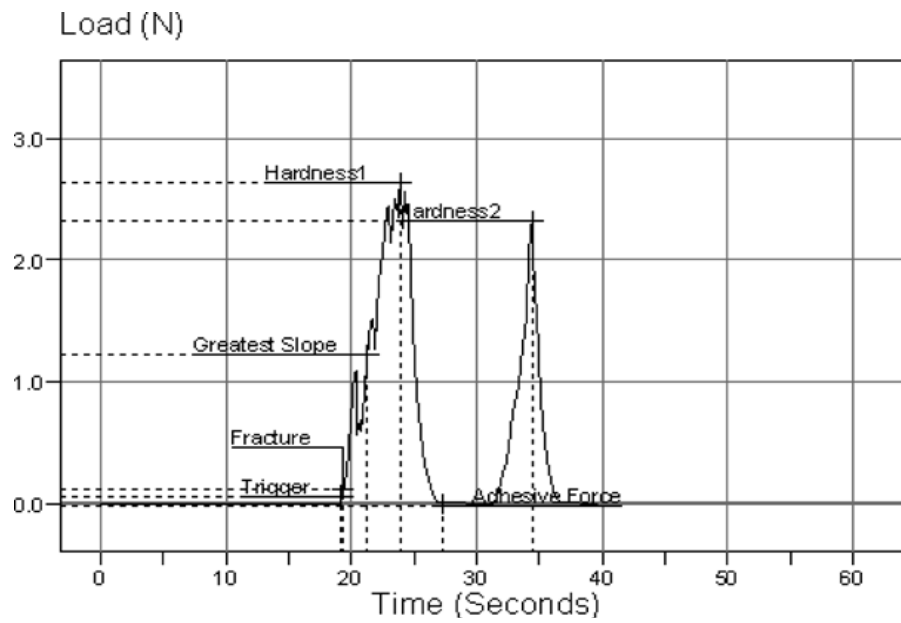


Figura 2.6. Perfil general de textura.

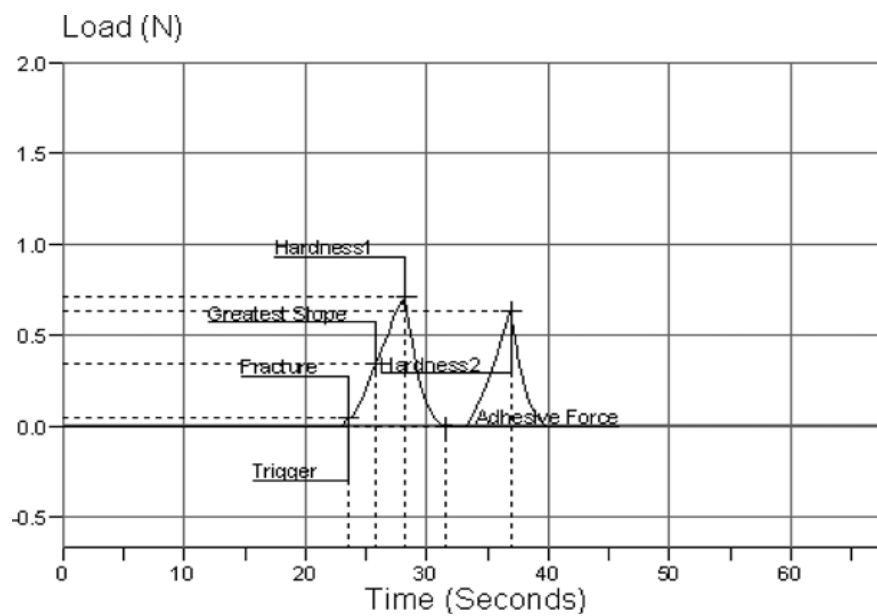
La **gomosidad** es el producto de la dureza y la cohesión. En términos sensoriales, es la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que está listo para tragar.

La **masticabilidad** es el producto de la gomosidad por la elasticidad. En términos sensoriales, se conoce como la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que esté listo para ser tragado.

Los perfiles de textura para *nuggets* de pollo y pan rallado se pueden ver en la figura 2.7. Los *nuggets* de pollo muestran valores de fracturabilidad y dureza muy altos, lo que indica la frescura del producto. Por otra parte, las migas de pan tienen una textura más suave. [26]



(a)



(b)

Figura 2.7. Ejemplos de perfiles de textura de alimentos diferentes: (a) *nuggets* de pollo, (b) pan.

E. Prueba de volumen

El volumen se define como la cantidad de espacio de tres dimensiones ocupado por un objeto, generalmente expresada en unidades de longitud que son los cubos, tales como pulgadas cúbicas y centímetros cúbicos, o en unidades de medida de líquidos, tales como galones y litros. El volumen es un atributo de calidad importante en la industria alimentaria.

El volumen de un sólido se puede determinar mediante el uso de los siguientes métodos[27]:

1. Puede ser calculado a partir de las dimensiones características en el caso de objetos con forma regular.
2. Puede ser medido por el método de procesamiento de imágenes.
3. Se puede determinar experimentalmente con gas, líquido o métodos de desplazamiento sólido.

F. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre dichas características se pueden mencionar por su importancia:

Apariencia: Color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.

Olor: Los miles de compuestos volátiles que contribuyen al aroma.

Gusto: Dulce, amargo, salado y ácido.

Textura: Las propiedades físicas como dureza, viscosidad, granulosis.

Sonido: Aunque con poca aplicación en alimentos, se correlaciona con la textura; por ejemplo crujido, tronido, efervescencia.

a) Logística para el desarrollo de evaluaciones sensoriales.

La evaluación sensorial comprende una metodología que necesita de una logística mediante la cual se sigan los pasos apropiados para el desarrollo de un análisis sensorial en sus distintas fases, las cuales comprenden la siguiente secuencia:

1. Identificación del problema
2. Evaluación preliminar
3. Diseño del estudio sensorial
4. Selección de muestras
5. Selección de los jueces
6. Hoja de respuestas o cuestionario
7. Hoja de vaciado de datos y resultados
8. Prueba definitiva
9. Análisis de datos
10. Interpretación de resultados

b) Jueces

Las técnicas para evaluaciones sensoriales pueden variar de acuerdo al tipo de jueces que se escojan:

1. Juez analítico u objetivo: permite evaluar diferencias, intensidades y calidad de muestras. Se selecciona entre un grupo por demostrar capacidad y sensibilidad para el estudio a realizar. Generalmente es un juez entrenado y especialista en la rama a evaluar.
2. Juez afectivo o consumidor: permite evaluar la aceptación, preferencia o nivel de agrado del producto. Éste, a diferencia del juez analítico, debe ser precisamente un consumidor del producto en estudio. Debido a que las respuestas son subjetivas, es de esperarse que la variación entre los consumidores sea muy amplia. Por ello este tipo de pruebas demanda un gran número de participantes para que dicha variación se

haga constante y aparezcan las diferencias más importantes del producto estudiado.

c) Métodos de evaluación sensorial

Estos métodos se dividen en dos grandes grupos: el primero está constituido por pruebas analíticas, las cuales se ejecutan en condiciones controladas de un laboratorio y con jueces entrenados; el segundo grupo lo integran las pruebas afectivas que se realizan con consumidores (personas no entrenadas en técnicas sensoriales) y en condiciones que no les sean ajenas o extrañas para utilizar o consumir el producto en estudio.

Entre los métodos afectivos se encuentran:

1. Prueba de aceptación: esta prueba tiene por objetivo evaluar de acuerdo con un criterio personal subjetivo, si la muestra presentada es aceptable o rechazable para su consumo. Este concepto de aceptabilidad puede utilizarse de distintas maneras: *¿le gusta esta muestra de caramelo?, ¿compraría o no este producto?, ¿daría usted este puré de manzana a su hijo?*
2. Prueba de preferencia: tiene por objetivo ordenarse según las opiniones de un grupo de consumidores, un par o una serie de muestras de acuerdo con un aprecio personal o una preferencia. Las variaciones que se ejemplifican de esta prueba son: *a) Ordene de izquierda a derecha, las tres muestras que se le presentan, desde la que más prefiera hasta la que menos prefiera. b) Indique en secuencia numerada (del 1 al 4) el orden de mayor a menor preferencia. c) De estas dos muestras ¿Cuál prefiere?*
3. Prueba de nivel de agrado (“Prueba Hedónica”): este método pretende localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se utiliza una escala no estructurada (también llamada escala hedónica), sin mayores descriptores que los extremos de la escala, en los cuales se puntualiza la característica de agrado. Esta escala debe contar con un indicador del punto medio, a fin de facilitar al juez consumidor la localización de un punto de indiferencia a la muestra (Tabla 2.4). [27]

1	gusta muchísimo
2	gusta mucho
3	gusta moderadamente
4	gusta un poco
5	me es indiferente
6	disgusta un poco
7	disgusta moderadamente
8	disgusta mucho
9	disgusta muchísimo

Tabla 2.4. Escala hedónica estructurada. [27]

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 Procedimiento experimental

A. Materias primas utilizadas

Se ha tomado para la elaboración de los panes los ingredientes que se muestran en la tabla 3.1:

Tabla 3.1. Ingredientes utilizados para la elaboración de los panes de harina compuesta y el pan control.

Ingredientes	Pan control (100% HT)	Pan 70%HT-30%C	Pan 60%HT-40%C
Harina de trigo (HT)	960 g	672 g	576 g
Catebía de yuca (C)	-	288 g	384 g
Azúcar	20 g	20 g	20 g
Sal	5 g	5 g	5 g
Levadura	10 g	10 g	10 g
Margarina	40 g	40 g	40 g
Agua	450 ml	450 ml	450 ml

HT: Harina de trigo; C: Catebía

Para la elaboración de los panes de harina compuesta se prepararon dos mezclas con diferentes proporciones de harina de trigo y catebía fresca de yuca. Una mezcla contenía 70% de harina de trigo y 30% de catebía, mientras que la otra era en una proporción de 60% harina de trigo y 40% de catebía.

Cada mezcla fue preparada al momento de la elaboración de los panes.

B. Procedimiento para la elaboración de la catebía

La catebía utilizada se preparó siguiendo el proceso tradicional de las casaberas, el cual consta de operaciones sencillas de pelado, lavado y rallado, obteniéndose así una pulpa húmeda. La preparación de la catebía fue realizada en una casabera ubicada en el Caserío de Potrerito del estado Monagas. Para ello se siguió el siguiente procedimiento:

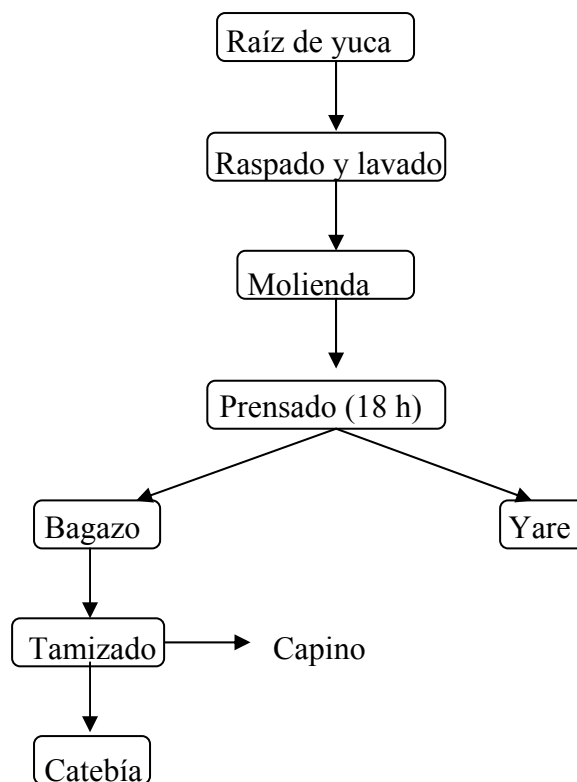


Figura 3.1. Procedimiento experimental de elaboración de la catebía.

C. Metodología de elaboración de los panes

Los panes fueron elaborados de manera artesanal; no se utilizó ningún equipo mecánico para el amasado, el boleado, el estiramiento y la fermentación de los

mismos. Para la elaboración de los panes se siguió el procedimiento experimental mostrado en la figura 3.2. Cabe destacar que para los panes de harina compuesta lo primero que se hizo fue mezclar la harina de trigo con la catebía fresca de yuca, con el fin de tratar la unificación de las mismas.

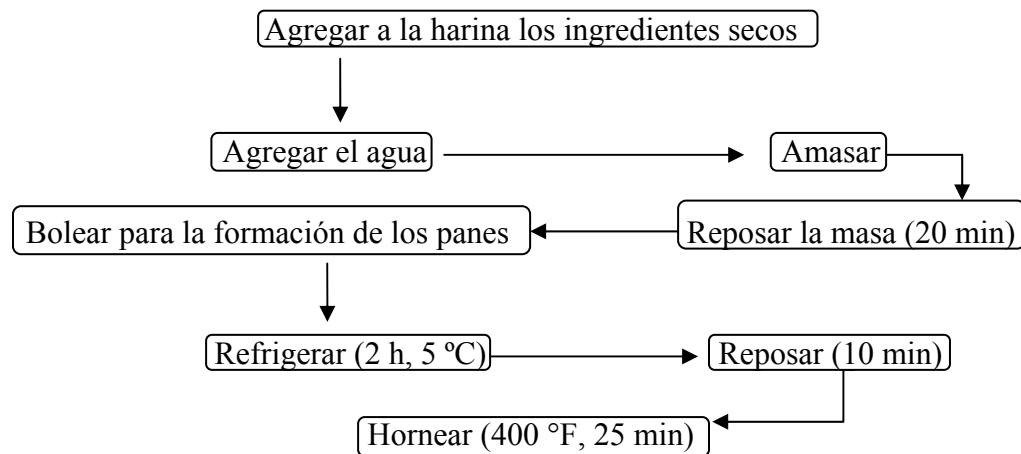


Figura 3.2. Procedimiento experimental para la elaboración de los panes.

3.2 Descripción de equipos y materiales

A. Equipos

- Unidad de destilación automática a vapor marca Velp Scientifica, modelo UDK 130D.
- Digestor marca Velp Scientifica, modelo DK6.
- Equipo extractor de grasa marca Velp científica, modelo SER148.
- Balanza electrónica marca Sartorius, modelo Sartorius Basic 98648-002-79.
- Balanza analítica marca: Denver Instrument Company, modelo AA-200.
- Estufa marca Memmer, modelo BE400.
- Plancha de calentamiento marca Velp científica, modelo RC2.
- Licuadora marca Osterizer, modelo 4190.

- Bomba de vacío marca Precision, modelo PV35.
- Espectrofotómetro de reflectancia marca Hunterlab, modelo ColorFlex 45°/0°
- Texturómetro marca Lloyd, modelo 500N.
- Mufla marca Vulcan Boxfurnace, modelo A-1309493300.
- Potenciómetro marca Orion.

B. Materia prima

a. Harina de trigo: se utilizó Harina marca Robin Hood, del tipo Todo Uso, elaborada por la empresa MONACA[®], Venezuela.

b. Catebía: la catebía utilizada fue obtenida en una casabera del caserío Potrerito, Edo. Monagas.

c. Levadura: se utilizó levadura instantánea de la marca Fleischmann, fabricada por la Compañía Argentina de Levaduras, S.A.I.C.

d. Margarina: se utilizó margarina con sal con 60% de grasas, marca MAVESA, elaborada por Alimentos Polar Comercial, C.A.

C. Materiales

- Material de vidrio (Cilindros graduados, matraces aforados, *beakers*, pipetas volumétricas, bureta, refrigerantes, etc)
- Propipetas
- Crisol de Gooch
- Embudo Buchner
- Trozo de tela de lino
- Papel de filtración rápida
- Dedal de extracción
- Embudo de vidrio
- Crisoles de porcelana
- Cápsulas de aluminio provistas de tapa

- Tamiz. Mesh N° 60.
- Desecador de vidrio con gel de silicona como material desecante.
- Condensador de reflujo

D. Sustancias

- Azul de bromotimol
- Rojo de metilo
- Ácido bórico
- Ácido clorhídrico
- Ácido sulfúrico
- Catalizadores: Dicromato de potasio y Sulfato cúprico pentahidratado.
- Hexano
- Cianuro de potasio
- Semillas de linaza
- Asbesto preparado
- Cloruro de metileno anhidro
- Éter etílico
- Alcohol etílico al 95%
- Cloruro de calcio anhidro
- Sulfato de potasio
- Oxido de mercurio
- Agua destilada

3.3 Métodos para determinar composición proximal de las harinas

3.3.1 Humedad

Se determinó por el método de la norma AOAC 925.10 [28] del 2003 que consiste en determinar la pérdida de peso que experimenta el producto al ser secado (durante 6 h) mediante calentamiento en estufa a temperatura constante (103 °C) y a presión atmosférica normal.

Para este cálculo se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{masa de agua (g)}}{\text{masa de muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{masa de agua (g)} = \text{masa de muestra inicial (g)} - \text{masa de muestra final (g)}$$

3.3.2 Proteína cruda

Se determinó por el método de la norma COVENIN 1195-80 [29] que se basa en la digestión de la materia orgánica por acción de ácido sulfúrico concentrado y calor, activado por un agente catalítico, donde ocurre la transformación de nitrógeno orgánico en sulfato de amonio que luego es liberado como amoníaco por la acción de una solución alcalina de hidróxido de sodio. El amoníaco liberado es destilado, recogido en una solución de ácido bórico y titulado con una solución de ácido clorhídrico. El contenido de nitrógeno en la muestra se calcula como:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{\text{ml (HCl gastados)} - [\text{N}](\text{HCl})}{\text{masa de muestra (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrogeno} \times 6,25$$

3.3.3 Grasa cruda

Se determinó por el método de la norma COVENIN 1785-81 [30] que consiste en extraer la grasa de la muestra deseada, con éter etílico. El solvente se eliminó por evaporación; luego se secó el residuo y finalmente se determinó su masa.

Para calcular el porcentaje de grasa se aplicó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{\text{masa beaker + grasa (g)} - \text{masa beaker vacío (g)}}{\text{masa de muestra (g)}} \times 100$$

3.3.4 Fibra cruda

Se determinó por el método de la norma COVENIN 1789-81 [31] que consiste en la digestión ácida y básica de la muestra desgrasada. La muestra digerida fue calcinada hasta destrucción completa de la materia orgánica. La pérdida de peso después de la calcinación representa el contenido de fibra cruda en la muestra, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{masa muestra a } 100 \text{ }^\circ\text{C (g)} - \text{masa muestra a } 550 \text{ }^\circ\text{C (g)}}{\text{masa de muestra (g)}} \times 100$$

3.3.5 Ceniza

Se determinó por el método de la norma COVENIN 1783-81 [32] que consiste en calcinar la muestra a temperatura de 550 °C durante 4 horas. Para este cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{masa ceniza inicial (g)} - \text{masa ceniza final (g)}}{\text{masa de muestra (g)}} \times 100$$

3.3.6 Carbohidratos

Se determinó por diferencia:

$$\% \text{Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Proteínas} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Grasa})$$

3.3.7 Contenido de Cianuro libre

Se determinó por el método 4500-CN.F [24] que consiste en medir potenciométricamente el cianuro utilizando un electrodo de cianuro. El cianuro de las muestras de catebía y de las muestras de panes de harinas compuestas fue extraído con una solución de ácido ortofosfórico.

El potenciómetro empleado pertenece a la Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui.

3.3.8 Prueba de textura

Se determinó de acuerdo al método 74-09 de la AACC [33]. Esta prueba fue realizada gracias a la colaboración de la Universidad de Oriente Núcleo Monagas.

Para esta prueba, cada pieza de pan fue dividida en cubos de 1 cm³ aproximadamente. Cada cubo se colocó debajo de la parte central de la esfera hasta un 50% de compresión. La fuerza se midió en Kgf. Para esta prueba se utilizó una celda de carga de 50 N con una escala de 5 N.

En el perfil de textura se determinaron valores de:

- Dureza: reportados por el *software* del equipo
- Área 1 y 2: reportados por el *software* del equipo
- Cohesión: La cual se obtiene del cociente entre las áreas de la primera picadura positiva entre el área de la segunda picadura positiva, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Cohesion} = \frac{A2}{A1}$$

- Elasticidad: reportados por el *software* del equipo
- Gomosidad, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Gomosidad} = \text{Dureza1} \times \text{Cohesión}$$

- Masticabilidad, que se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Masticabilidad} = \text{Gomosidad} \times \text{Elasticidad}$$

3.3.9 Color

Se determinó con un colorímetro utilizando la escala CIEL*a*b* con observador 10° e iluminante D₆₅. Se registraron valores de L* (Luminosidad), a* (posición de la muestra en el eje rojo-verde) y b* (posición de la muestra en el eje azul-amarillo). Con estos datos se hicieron los siguientes cálculos [36]:

a. Índice de blancura (WI): Este índice que toma en cuenta los valores de luminosidad y las tonalidades, se calculó para las migas de los panes de acuerdo a Hunter:

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

b. Índice de marrón (BI): este índice fue calculado para la corteza de los panes

$$BI = 100 - L^*$$

c. Diferencia de color (ΔE): las diferencias de color L^* , a^* , b^* , también pueden expresarse como un único valor (ΔE). Este valor define el tamaño total de la diferencia pero no da información acerca de cómo difiere el color. Mientras mayor sea el valor de ΔE , mayor será la diferencia de color y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

Esta prueba fue realizada gracias a la colaboración de la Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta.

3.3.10 Volumen

El volumen del pan se determinó mediante el método usado por Ribotta [4] pero cambiando el cilindro de PVC de 11cm de diámetro y 90 cm de altura, por un cilindro graduado de 250 ml. Este método consiste en introducir las semillas de linaza en el cilindro vacío, marcando la altura; luego se saca una porción de las semillas, se introduce una muestra de pan, se agregan las linazas que se habían sacado, y por medio del desplazamiento de las semillas se anota el nuevo volumen. El volumen del pan se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen específico} = \frac{\text{Volumen linaza con pan (cm}^3\text{)} - \text{volumen linaza (cm}^3\text{)}}{\text{masa de la muestra (g)}}$$

3.3.11 Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial de los panes se utilizó una escala Hedónica (figura B.5 y B.6) para determinar el nivel de agrado o desagrado de las muestras en los consumidores. En esta prueba se estudiaron las siguientes características:

- Color.
- Olor.
- Textura.
- Sabor

3.3.12 Análisis estadístico

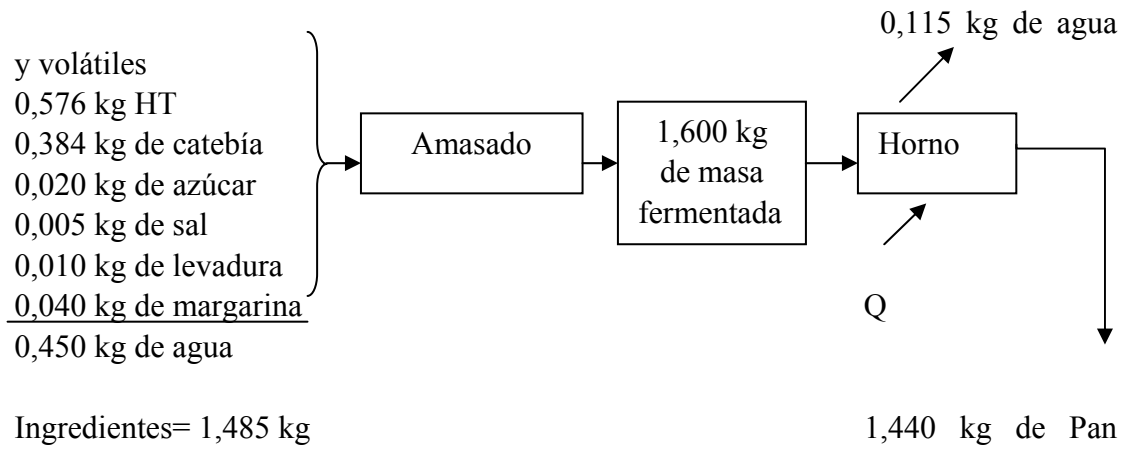
Para el análisis estadísticos de cada una de los pruebas físicas y químicas realizadas a los panes y harinas, se utilizó el programa computarizado **StatGwin 4.0**, en el que se efectuaron los cálculos de t-student, ANAVA, prueba de rangos múltiples y prueba de Kruskal-Wallis. Esta última para los casos en los que se debió aplicar prueba no paramétrica para la comparación entre muestras.

3.4 Muestra de cálculos

A. Cálculo de los balances de materia

a. Balance de materia para el proceso de obtención del pan 60% HT – 40% Catebía.

Balance realizado para una de las muestras del pan 60% Harina de trigo - 40% Catebía.



b. Cálculo del porcentaje de rendimiento.

Para la realización del porcentaje de rendimiento, se ha utilizado el valor del peso total de los ingredientes y el pan elaborado. Para dicho cálculo se ha empleado tres repeticiones para cada tipo de pan, usando la siguiente ecuación:

$$\%Rendimiento = \frac{Kg \text{ de pan}}{Kg \text{ de ingredientes}} * 100 \quad (3.5)$$

Para la muestra del pan de composición 60% HT y 40% Catebía:

$$\%Rendimiento = \frac{1,440 \text{ Kg}}{1,485 \text{ Kg}} * 100$$

$$\%Rendimiento = 96,97\%$$

B. Calculo de los costos de las mezclas de harinas

Los costos por kilogramo de cada una de las harinas, según el precio del mes de mayo de 2010 son los siguientes:

HARINA	Bs/kg
TRIGO	5,30
YUCA	3,00

Conociendo la composición a utilizar para la mezcla del pan 60-40, se tiene:

HARINA	%(p/p)
TRIGO	60
YUCA	40

Se calcula el costo de un (1) Kg de harina compuesta:

	<u>Bs/kg</u>
Trigo:	3.18
Yuca:	<u>1.2</u>
TOTAL:	4.38

Para conocer cuánto se está ahorrando al utilizar harina compuesta se realiza una simple relación como sigue a continuación:

$$X = \frac{100 \times 4,38}{5,30}$$

$$X = 82,6415$$

$$\% \text{Ahorro} = 100 - 82,6415 = 17,4\%$$

Este resultado se traduce en un ahorro de 17% aproximadamente, en la elaboración del producto.

CAPITULO IV

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Discusión de resultados

4.1.1 Composición proximal de la harina de trigo y de la catebía de yuca

La harina de trigo y las harinas elaboradas con otros cereales o raíces y tubérculos, son el principal componente empleado para la elaboración del pan. Conocer la composición proximal de las mismas (humedad, proteínas, grasas, fibra cruda y ceniza) ayuda a entender los efectos de cada uno de estos constituyentes sobre las propiedades de los panes, puesto que la calidad de éstos dependerá de la correcta interrelación de los elementos constitutivos de la harina.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados de los análisis de composición proximal realizados a la harina de trigo y a la catebía de yuca.

Tabla 4.1. Composición proximal (bs) de harina de trigo y catebía de yuca

Parámetro	Harina de trigo	Catebía
Humedad (%)	12,23 ± 0,28 a	8,70 ± 0,13 b
Materia seca (%)	87,77 ± 0,28 b	91,30 ± 0,13 a
Proteínas (%)	11,71 ± 0,00 a	1,13 ± 0,02 b
Grasas (%)	1,26 ± 0,11 a	0,52 ± 0,02 b
Fibra cruda (%)	0,61 ± 0,13 b	1,85 ± 0,03 a
Ceniza (%)	0,78 ± 0,03 b	1,54 ± 0,05 a
Carbohidratos (%)	73,41	86,26

bs: base seca. Los valores están expresados como la media ± la desviación estándar. Valores con letras iguales en una misma fila (a,b) estadísticamente son iguales a un nivel de confianza de 95 %

1. Contenido de humedad.

El porcentaje de humedad que se obtuvo para la harina de trigo fue de 12,23 % cumpliendo con lo indicado en la norma COVENIN [34], la cual establece que el máximo debe ser de 15%. Este resultado obtenido también cumple con lo que afirma Potter [14] referente al rango de humedad que debe tener una harina de trigo, la cual debe estar comprendida entre 10 y 14%. Y Ribotta [4] reportó 14 %.

Para la catebía se obtuvo un valor en el contenido de humedad de 8,70 %, el cual es bajo al compararse con lo indicado en norma CODEX [35] referente a la harina de yuca que establece un máximo de 13 %. Ciarfella [36] reportó en catebía seca de yuca amarga valores de 8,88 y 12,97 %.

Al comparar el contenido de humedad de la harina de trigo y de la catebía de yuca se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ellas, lo que indica que la harina de trigo retiene mayor contenido de humedad.

2. Contenido de proteínas

Conocer el contenido de proteína en la harina de trigo es importante, ya que la capacidad para retener gas durante la fermentación y de fijar la estructura durante el horneado, dependen directamente del gluten.

El contenido de proteínas en la harina de trigo y en la catebía de yuca se muestra en la tabla 4.1. En la harina de trigo el valor fue de 11,71 %, cercano al reportado por el fabricante, pero inferior al valor máximo establecido en la norma COVENIN [34] que es de 12%, considerándose que sí cumple con la misma. Al comparar este valor con los de otros investigadores, se observa que el resultado del presente trabajo entra en el rango reportado por Potter [14] (8-13 %), y con respecto al valor reportado por Ribotta [4] de 12,9 % se aprecia que el valor obtenido se aproxima a este valor.

Para el caso de la catebía de yuca, se obtuvo un valor de 1,13 %, superior al reportado por Ciarfella [36] de 1,06 %.

La catebía de yuca tuvo un menor ($p < 0,05$) contenido de proteínas que la harina de trigo, lo cual se debe a que proviene de una raíz con muy bajo contenido de este nutriente; Ciarfella [36] reportó entre 0,43 y 0,55 % de proteína en raíces frescas de yuca.

3. Contenido de grasas.

La importancia del análisis de las grasas en los alimentos ha sido reconocida ya que es un nutriente esencial tanto en dietas animales como humanas; constituyen la fuente de energía más concentrada conocida, aportan ácidos grasos esenciales (precursores de importantes hormonas), influyen en gran medida sobre la sensación de saciedad tras la comida, transportan vitaminas liposolubles y hacen a los alimentos más apetitosos.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados del porcentaje de grasas en la harina de trigo y en la catebía de yuca. El valor obtenido para la harina de trigo fue de 1,26 % y para la catebía de yuca fue de 0,52 %, valor cercano al obtenido por Ciarfella [36] de 0,53 %.

La catebía de yuca tuvo un menor ($p < 0,05$) contenido de grasa que la harina de trigo, lo cual se debe a que proviene de una raíz con muy bajo contenido de este nutriente. Ciarfella [36] reportó 0,52 % de grasa en raíces frescas de yuca.

4. Contenido de fibra cruda.

La fibra cruda son largas moléculas químicas que el organismo humano no es capaz de digerir; sin embargo son de vital importancia porque ayudan a muchísimas reacciones químicas y procesos físicos que ocurren en el cuerpo humano.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados del porcentaje de fibra cruda en la harina de trigo y en la catebía de yuca. El valor obtenido para la harina de trigo fue de 0,61 % y para la catebía de yuca fue de 1,85 %. La catebía de yuca tuvo un mayor ($p < 0,05$) contenido de fibra cruda que la harina de trigo.

El contenido de fibra cruda en la catebía fue inferior al máximo de 2 % establecido en la norma CODEX [35]; sin embargo, el valor del porcentaje de fibra cruda en la harina de trigo fue el doble del establecido como máximo en la norma COVENIN [34] de 0,3 %.

5. Contenido de ceniza.

La ceniza de los productos alimentarios está constituida por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados del porcentaje de ceniza en la harina de trigo y en la catebía de yuca. El valor obtenido para la harina de trigo fue de 0,78 %, el cual cumple con lo establecido en la norma COVENIN [34] que indica un máximo de 3%. Ribotta [4] reportó un valor de 0,75%.

El contenido de ceniza en la catebía de yuca fue de 1,54 %, valor cercano a los obtenidos por Ciarfella [36] de 1,35 a 1,51 % y menor al máximo permitido de 3 %, establecido en la norma CODEX [35]. La catebía de yuca tuvo un mayor ($p < 0,05$) contenido de ceniza que la harina de trigo.

6. Contenido de carbohidratos.

Los carbohidratos se pueden encontrar casi de manera exclusiva en alimentos de origen vegetal. Constituyen uno de los tres principales grupos químicos que forman la materia orgánica junto con las grasas y las proteínas. Estos sirven como fuente de energía para todas las actividades celulares vitales.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados obtenidos del contenido de carbohidratos, el cual fue de 73,41 % para la harina de trigo y 86,26 % para la catebía de yuca. El resultado fue mayor para la catebía de yuca debido a que esta proviene de una raíz que tiene la propiedad de almacenar grandes cantidades de almidón y tiene menor contenido de otros nutrientes, como proteínas y las grasas.

4.1.2 Composición proximal de los panes

Para los panes que es el producto principal de este trabajo, se han realizado de igual forma los análisis de composición proximal con el fin de comparar con las respectivas harinas los resultados obtenidos y para conocer la cantidad real de nutrientes que aportarían al consumidor. Los resultados del análisis proximal se encuentran reflejados en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Composición proximal (bs) y calorías de los panes

Parámetro	Pan control (100% HT)	Pan 70% HT - 30% C	Pan 60% HT - 40% C
Humedad (%)	32,65 ± 2,54 b	37,29 ± 2,96 a	37,70 ± 2,71 a
Materia seca (%)	67,35 ± 2,54 b	62,71 ± 2,96 a	62,30 ± 2,71 a
Proteínas (%)	10,46 ± 0,29 a	10,24 ± 0,22 b	9,74 ± 0,07 c
Grasas (%)	9,71 ± 0,07 a	7,80 ± 0,44 b	6,11 ± 0,69 c
Fibra cruda (%)	0,50 ± 0,02 b	0,74 ± 0,15 a	0,88 ± 0,04 a
Ceniza (%)	0,90 ± 0,01 a	0,92 ± 0,05 a	0,95 ± 0,10 a
Carbohidratos (%)	73,47	77,30	74,33
Calorías (kcal/100g)* bh	284,04	263,57	243,81

bs: base seca; HT: Harina de trigo; C: Catebía. *: en base a porción comestible. Los valores están expresados como la media ± la desviación estándar. Valores con letras iguales en una misma fila (a,b,c) estadísticamente son iguales a un nivel de confianza de 95 %

1. Contenido de humedad.

La determinación de humedad en los alimentos es de suma importancia, ya que un elevado contenido de ésta influye en la velocidad de multiplicación de los microorganismos, provocando su descomposición y por lo tanto la pérdida de la calidad en sus características organolépticas.

Con respecto a la humedad en los panes, en la tabla 4.2 se observa para los panes de harina compuesta valores de 37,29 %, para el pan 70% HT – 30% C, y 37,70 %, para el pan 60% HT – 40% C, ambos superiores ($p < 0,05$) al obtenido para el pan control, de 32,65 %.

Los valores obtenidos de contenido de humedad para los tres tipos de pan no excedieron el máximo permitido por la norma COVENIN [37] para panes de 38%.

Torres y Pacheco [38] obtuvieron 27,13 % en contenido de humedad en panes elaborados con trigo, yuca y queso llanero. Osuna, Avallone, Montenegro y Aztarbe, encontraron 30,75 % en panes elaborados con ácidos grasos Omega 3 y Omega 6, como fortificantes [39]. El INN (2001) [40] reportó que el pan canilla presenta un contenido de humedad en el pan canilla de 24,6 %.

2. Contenido de proteína.

Para el caso de la variable proteína se encontró que los panes elaborados con harinas compuestas tienen menor contenido ($p < 0,05$) de proteínas con respecto al pan control, disminuyendo el valor al aumentar el contenido de catebía. Los resultados observados están acordes con el contenido de proteínas de la harina de trigo que fue de 11,71 % comparado con un 1,13 % que aporta la catebía.

La disminución observada con respecto al pan control en el contenido de proteína, fue de 2,10 % para los panes con 30 % de catebía y de 6,88 % para los

panes con 40 % de catebía.

Las dos formulaciones de los panes de harina compuesta y el pan control, presentaron niveles de proteínas adecuados y estipulados en la norma COVENIN [37] que establece un contenido de proteínas mínimo de 7,5 % para el pan.

Torres y Pacheco [38] obtuvieron 14,57 % en contenido de proteína en panes elaborados con trigo, yuca y queso llanero. Osuna, Avallone, Montenegro y Aztarbe, encontraron 7 % en panes elaborados con ácidos grasos Omega 3 y 6, como fortificantes [39]. Por su parte el INN (2001) [40] concluyó que el contenido de proteína en el pan canilla es 15,12 %.

3. Contenido de grasa.

Para el caso de la variable grasa se encontró que los panes elaborados con harinas compuestas tienen menor contenido ($p < 0,05$) de grasas con respecto al pan control, disminuyendo el valor al aumentar el contenido de catebía. Los resultados observados están acordes con el contenido de grasas de la harina de trigo, que fue de 1,26 % comparado con un 0,52 % que aporta la catebía.

La disminución observada con respecto al pan control en el contenido de grasa fue de 19,67 % para los panes con 30 % de catebía, y de 37,08 % para los panes con 40 % de catebía. Torres y Pacheco [38] obtuvieron 11,3 % en contenido de grasa en panes elaborados con trigo, yuca y queso llanero. Osuna, Avallone, Montenegro y Aztarbe, encontraron 5,23 % en panes elaborados con ácidos grasos Omega 3 y 6, como fortificantes [39]. El INN (2001) [40] reportó un nivel de grasas en el pan canilla de 4,38 %.

4. Contenido de fibra cruda.

El consumo de fibra cruda ayuda a solucionar problemas de estreñimiento,

disminuir el colesterol en la sangre y controlar el peso corporal; además, contribuye en el control de la glicemia en la sangre.

Para los datos obtenidos de esta variable se encontró que los panes elaborados con harinas compuestas tienen mayor contenido ($p < 0,05$) de fibra cruda con respecto al pan control, aumentando el valor al incrementar el contenido de catebía. Los resultados observados están acordes con el contenido de fibra cruda de la harina de trigo que fue de 0,61 %, comparado con un 1,85 % que aporta la catebía.

El aumento observado con respecto al pan control en el contenido de fibra, fue de 48 % para los panes con 30 % de catebía y de 76 % para los panes con 40 % de catebía.

Estos resultados presentaron niveles de fibra adecuados y estipulados en la norma COVENIN [37], la cual establece un contenido de fibra cruda mínimo de 0,15%.

Osuna, Avallone, Montenegro y Aztarbe encontraron 3,99 % de fibra cruda en panes elaborados con ácidos grasos Omega 3 y 6, como fortificantes [39]. El INN (2001) [40] reportó fibra dietaria de 4,11 % en el pan canilla.

5. Contenido de ceniza.

Para el caso de la variable ceniza no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los panes; sin embargo la tendencia fue a aumentar a medida que se incrementó el contenido de catebía. Los resultados observados se corresponden con los obtenidos para las harinas, de 0,78 % y 1,54 %, para el trigo y para la catebía, respectivamente.

Estos resultados presentaron niveles de fibra adecuados y estipulados en la norma COVENIN [37], la cual establece un contenido de ceniza máximo de 2%.

Torres y Pacheco [38] obtuvieron 4,16 % en contenido de ceniza en panes elaborados con trigo, yuca y queso. Por su parte, el INN (2001) [40] reveló que el pan canilla contiene 1,99% de ceniza.

6. Carbohidratos

Referente al contenido de carbohidratos, como era de esperarse, los panes de harina compuesta contienen mayor cantidad respecto al pan control como era de esperarse; observándose en la tabla 4.2 que este parámetro se incrementa al aumentar el contenido de catebía en la mezcla.

El mayor contenido de carbohidratos en los panes que contienen catebía está relacionado con el menor aporte de otros nutrientes que hace la catebía. El INN (2001) [40] publicó un contenido de carbohidratos en el pan canilla de 79,84%.

7. Calorías

La caloría se refiere a la cantidad de energía que aportan los alimentos al organismo humano, en el cálculo realizado para determinar el contenido calórico de los panes elaborados, se obtuvo como resultado que el pan control aporta 284,04 kcal/100g, mientras que los panes de harina compuesta tuvieron valores de 263,57 kcal/100g (pan 70 %HT – 30 %C) y 243,81 kcal/100g (pan 60 %HT – 40 %C), lo que representó una disminución de 7,21 % y 14,16 %, respectivamente, en el aporte calórico.

El mayor aporte calórico del pan control se debe a que posee mayor contenido de grasas y proteínas, nutrientes que aportan mayor cantidad de calorías a los alimentos (proteínas: 4 calorías/g; grasas: 9 calorías/g). El INN (2001) [40] reportó un

aporte de calorías en el pan canilla de 295 cal/100g de porción comestible.

4.1.3 Análisis de contenido de cianuro libre

El contenido de cianuro libre en la catebía de yuca y en los panes elaborados con ella, se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Contenido de cianuro libre en catebía y panes.

Parámetro	HCN libre (mg/kg bf)
Catebía	0,0060 ± 0,0000
Pan 70% HT - 30% C	0,0040 ± 0,0000a
Pan 60% HT - 40% C	0,0044 ± 0,0000a

bf: base fresca; HT: Harina de trigo; C: Catebía. Los valores están expresados como la media ± la desviación estándar.

1. Contenido de cianuro en la catebía

El análisis de contenido de cianuro libre fue realizado para la catebía de yuca debido a que esta proviene de la yuca amarga, la cual posee un alto contenido de glucósidos cianogénicos, los cuales pueden liberar HCN libre, altamente tóxico, si entra en contacto con la enzima linamarasa.

Como se observa en la tabla 4.3, el contenido de cianuro en la catebía de yuca tuvo un valor de 0,0060 ppm, el cual se encuentra muy por debajo del máximo permitido para la harina de yuca, de 10 ppm, reportado en la norma Codex [35].

2. Contenido de cianuro libre en los panes de harina compuesta

Determinar el contenido de cianuro libre en productos elaborados con yuca amarga es de suma importancia ya que permite establecer si el producto es inocuo para el consumidor.

Como se muestra en la tabla 4.3, para la muestra de 70%HT – 30%C se obtuvo un valor de 0,0040 ppm mientras que para la muestra de 60%HT- 40%C dio como resultado 0,0044 ppm. Al comparar ambos resultados, se observa que la cantidad de cianuro libre en los panes no presenta una diferencia significativa entre ambos.

El contenido de cianuro libre en los panes fue inferior al máximo de 2 ppm establecido por la norma CODEX [41] para el gari (un producto africano elaborado con yuca amarga).

La disminución del cianuro en los panes con respecto al valor de la catebía se debe a la pérdida de este compuesto por acción del calor durante la cocción, como lo reportó Quiñones [42].

4.1.4 Prueba de textura

En las figuras 4.1, 4.2 y 4.3, se muestran las gráficas obtenidas con el texturómetro para el análisis del perfil de textura (APT) de los panes.

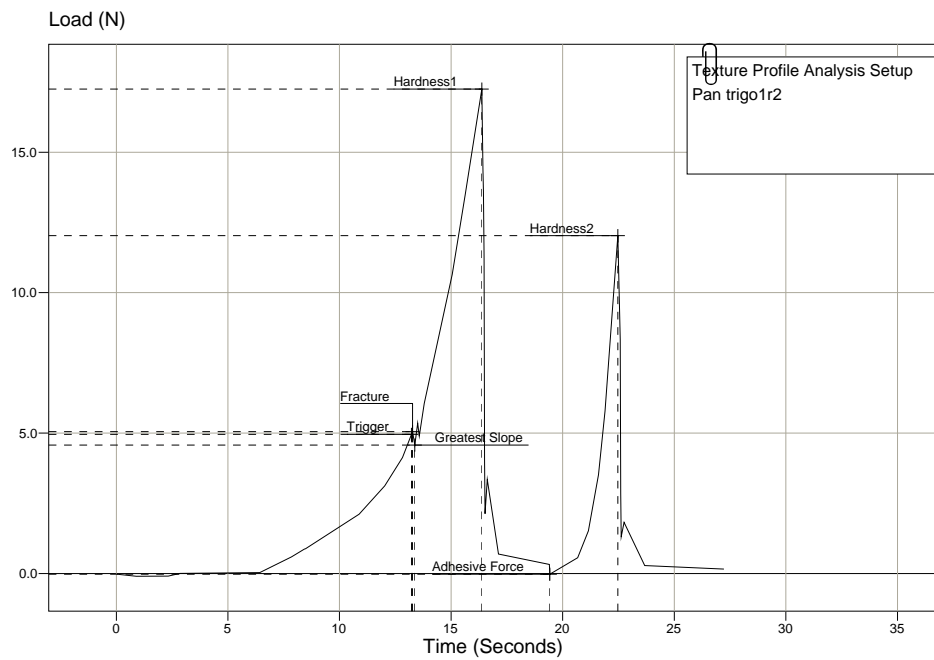


Figura 4.1. Gráfica de perfil de textura para el pan control (100%HT).

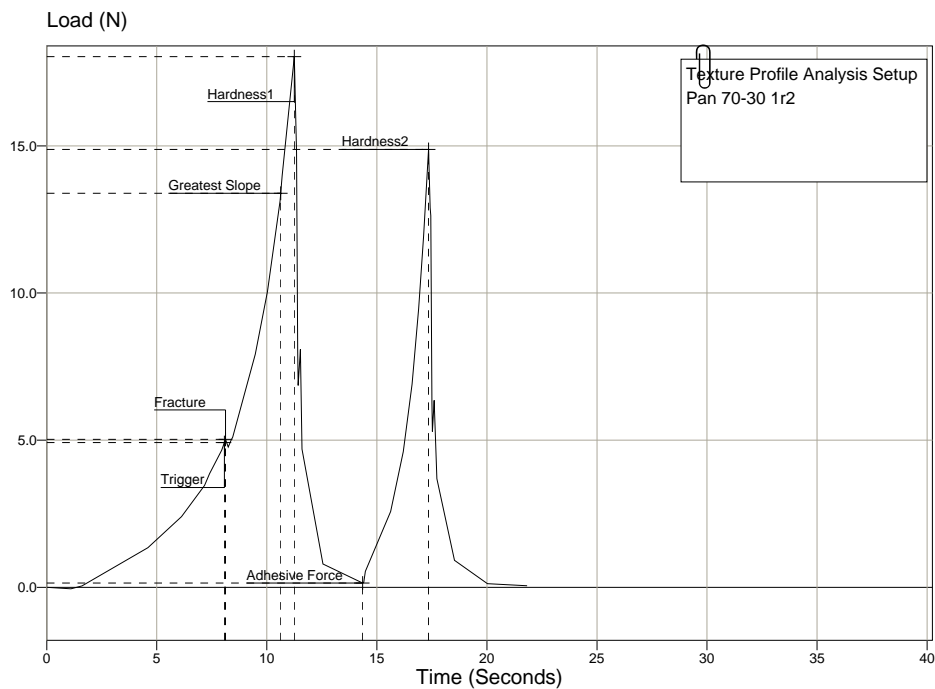


Figura 4.2. Gráfica de perfil de textura para el pan de composición 70 %HT – 30 %

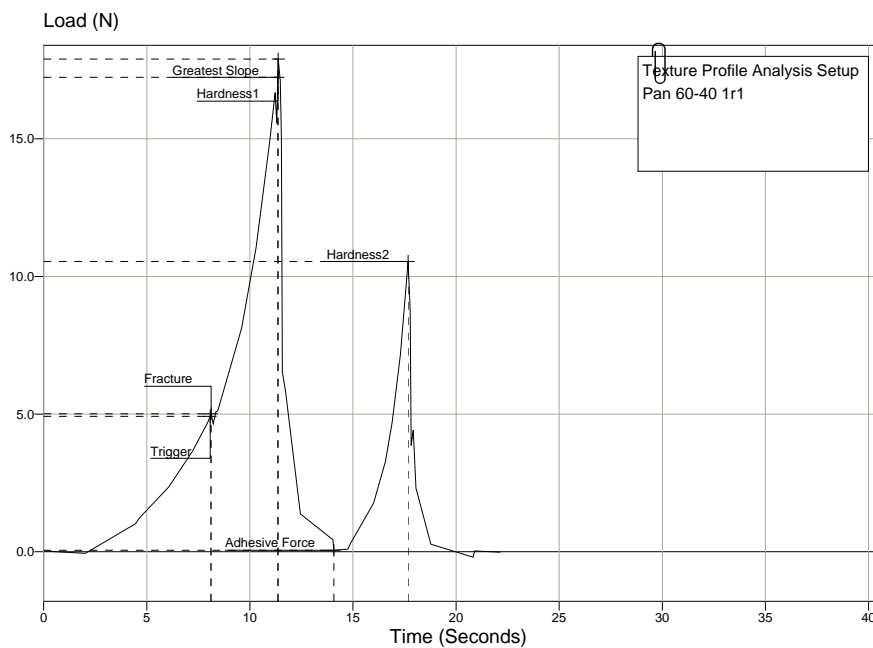


Figura 4.3. Gráfica de perfil de textura para el pan de composición 60 %HT – 40 %C.

En la tabla 4.4 se muestran los resultados obtenidos mediante el análisis de las gráficas del análisis de perfil de textura (APT) de los panes.

Tabla 4.4. Resultados de la prueba de textura.

Parámetro	Pan control (100% HT)	Pan 70%HT-30%C	Pan 60%HT-40%C
Dureza 1 (kgf)	1,76 ± 0,00 a	1,89 ± 0,39 a	2,12 ± 0,25 a
Dureza 2 (kgf)	1,31 ± 0,15 a	1,33 ± 0,27 a	1,67 ± 0,14 a
Área 1 (kgf.m ²)	2,42 ± 0,34	2,49 ± 0,87	2,77 ± 0,48
Área 2 (kgf.m ²)	0,37 ± 0,08	0,42 ± 0,25	0,67 ± 0,10
Elasticidad	1,70 ± 0,08 a	1,54 ± 0,26 b	1,14 ± 0,07 b
Cohesión	0,16 ± 0,06 a	0,18 ± 0,07 a	0,24 ± 0,02 a
Masticabilidad (kgf.m ²)	0,32 ± 0,15 b	0,55 ± 0,12 ab	0,88 ± 0,29 a
Gomosidad (kgf)	0,35 ± 0,11 b	0,52 ± 0,14 ab	0,84 ± 0,07 a

HT: Harina de trigo; C: Catebía

Los valores están expresados como la media \pm la desviación estándar. Valores con letras iguales en una misma fila (a,b,c) estadísticamente son iguales a un nivel de confianza de 95 %

1. Dureza

La dureza es la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares, cuando se mide este parámetro con el texturómetro, proporciona dos lecturas, las cuales corresponden a la primera y a la segunda mordida. Los resultados de este parámetro están reflejados en la tabla 4.4.

En lo que respecta al valor de la primera mordida (dureza 1), entre 1,76 y 2,12 kgf, no se observó diferencias ($p < 0,05$) entre los panes, aunque la tendencia fue a aumentar la fuerza al incrementarse el contenido de catebía en el pan. Igual resultado se obtuvo para la segunda mordida (dureza 2), entre 1,31 y 1,67 kgf; solo que su fuerza fue menor al de la primera mordida, debido a que ya se ha dado una fractura en la estructura del pan.

2. Elasticidad

En lo que respecta a la elasticidad, que se refiere a la extensión en la que un alimento comprimido retorna a su tamaño original, se observó que los valores estuvieron comprendidos entre 1,14 para el pan con 40% de catebía y 1,70 para el pan 100% trigo. Este último valor resultó ser mayor ($p < 0,05$) al obtenido para los panes con catebía.

Los resultados muestran que los panes con catebía presentan menor elasticidad, debido a su menor contenido proteico, y por tanto tardan más en regresar a su tamaño original.

3. Cohesividad

En cuanto a la cohesividad, que se refiere a la fuerza que los enlaces internos

hacen sobre el alimento, no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras. Sin embargo, se observa que a medida que aumenta la proporción de catebía de yuca en las muestras es mayor el valor de este parámetro, entre 0,1582 para el pan 100% trigo y 0,2442 para el pan con 40% de catebía.

Estos valores demuestran que la catebía refuerza los enlaces internos y le da dureza al pan, como se observa en los valores de dureza de la tabla 4.4. Esto se debe a que la catebía carece de gluten.

4. Masticabilidad

Para la variable de masticabilidad, que se refiere a la energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que se pueda tragar, se obtuvieron valores entre 0,234 kgFm² para el pan 100% trigo y 0,8766 kgFm² para el pan con 40% de catebía. Los resultados revelan que el pan 60 %HT – 40 %C requiere mayor energía ($p < 0,05$) que el control para ser masticado, pero es significativamente igual ($p < 0,05$) al pan 70%HT – 30 %C. Esto se debe a que la catebía proporciona una mayor dureza a los panes, debido a su alto contenido de fibra.

5. Gomosidad

Para la gomosidad, energía requerida para desintegrar un alimento semisólido con el fin de que pueda ser tragado, se observó la misma tendencia que la masticabilidad. Los valores estuvieron comprendidos entre 0,3454 kgF para el pan 100% trigo y 0,8361 kgF para el pan con 40% catebía, observándose tendencia creciente al incrementarse el contenido de catebía. La gomosidad del pan 100% trigo fue menor ($p < 0,05$) a la observada para el pan con 40 % catebía.

Estos resultados, al igual que los obtenidos en la masticabilidad, se deben también al alto contenido de fibra en la catebía que le proporciona una mayor dureza a los panes.

4.1.5 Análisis de color

En la tabla 4.5 y las figuras 4.4 y 4.5, se encuentran reflejados los valores de los parámetros L*, a* y b* obtenidos para las muestras de panes analizadas.

Tabla 4.5. Resultados obtenidos en la prueba de color.

	Muestra	L*	a*	b*
Concha	Pan control (100% HT)	59,83 ± 1,25 b	10,91 ± 0,30 a	29,26 ± 1,20 a
	Pan 70%HT – 30%C	66,46 ± 0,99 a	8,25 ± 0,89 b	28,57 ± 0,51 ab
	Pan 60%HT – 40%C	67,15 ± 1,40 a	6,28 ± 1,50 b	27,05 ± 1,36 b
Miga	Pan control (100%HT)	70,18 ± 2,85 a	3,34 ± 0,20 a	20,95 ± 1,28 a
	Pan 70%HT – 30%C	68,85 ± 1,70 a	3,80 ± 0,85 a	21,66 ± 0,85 a
	Pan 60%HT – 40%C	67,76 ± 1,53 a	4,27 ± 1,90 a	22,53 ± 0,94 a

HT: Harina de trigo; C: Catebía Los valores están expresados como la media ± la desviación estándar. Valores con letras iguales en una misma columna (a,b,c) estadísticamente son iguales a un nivel de confianza de 95 %. Los análisis estadísticos a la concha y a la miga fueron hechos por separado.

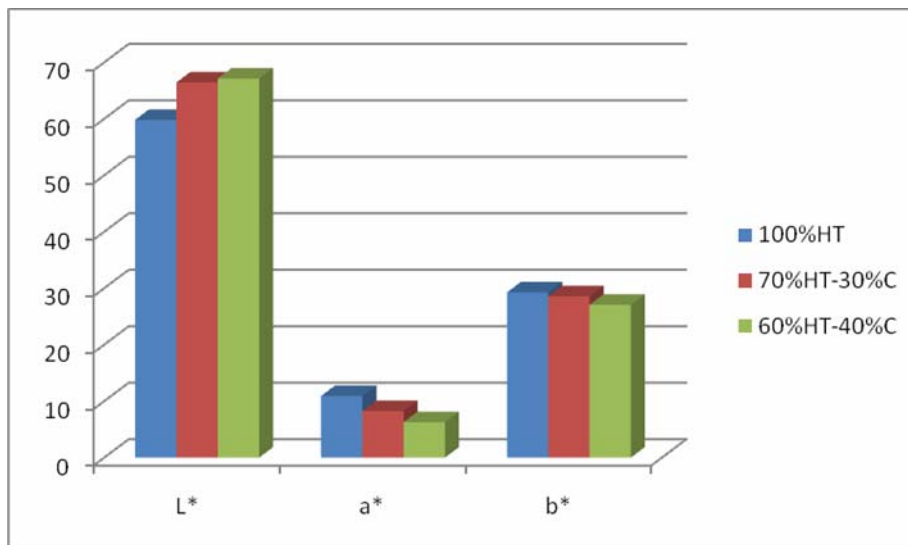


Figura 4.4. Gráfico de color para los parámetros L^* , a^* y b^* en la concha de los panes.

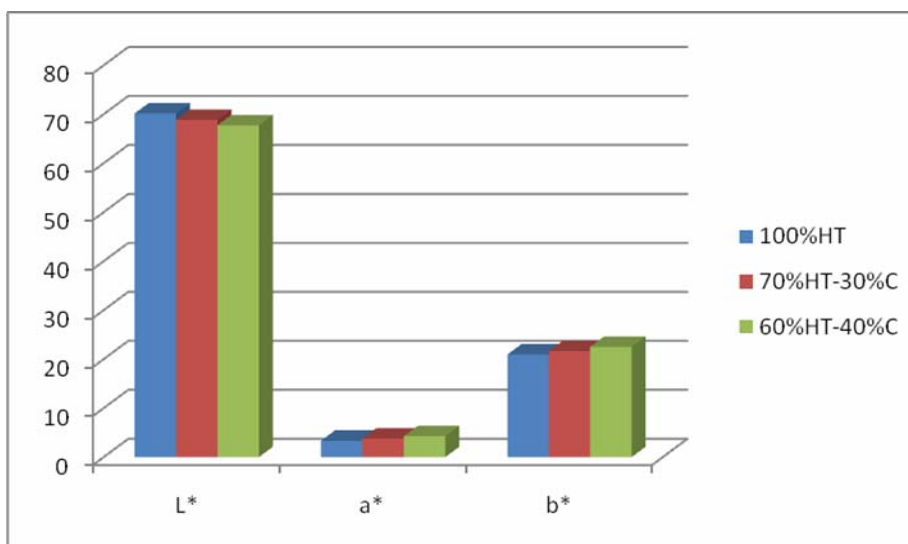


Figura 4.5. Gráfico de color para los parámetros L^* , a^* y b^* en la miga de los panes.

A. Parámetros L*, a* y b*

1. Parámetro de color L* en la concha del pan

El parámetro L* indica el grado de luminosidad, o el componente blanco-negro que se presenta en el pan. Como se observa en la tabla 4,5 el valor obtenido para la concha del pan control fue menor ($p < 0,05$) al obtenido para los panes con catebía, lo que indica que el pan 100 %HT tiene la concha más oscura que los panes con menor cantidad de trigo.

La diferencia en el valor de L* del pan de trigo con respecto a las otras dos formulaciones se puede explicar por el mayor contenido proteico del primero, lo que incentiva las reacciones de pardeamiento no enzimático en el exterior del pan durante la cocción.

Por lo tanto se puede decir que los promedios de este parámetro (entre 59,83-67,15) poseen una tendencia hacia el lado de mayor brillo o luminosidad, representado en la carta de color HunterLab (ver anexo A.1).

2. Parámetro de color a* en la concha del pan.

El parámetro a* indica el componente rojo-verde presente en la muestra bajo estudio, bajo las condiciones establecidas por el sistema HunterLab, donde el rojo representa los valores positivos y el verde los valores negativos, según la carta de color HunterLab (ver anexo A.1).

Todos los valores de a* fueron positivos, lo que indica mayor contenido de componente rojo en las muestras. En la concha del pan 100%HT se observó el mayor contenido de a* ($p < 0,05$), seguido, en orden decreciente, del pan 70%HT-30%C y del pan 60%HT-40%C, lo que se corresponde con el valor de L*. Probablemente se deba al alto contenido de fibra cruda y ceniza en la catebía.

3. Parámetro de color b* en la concha del pan.

El parámetro b* define el componente amarillo-azul presente en una muestra, donde el azul representa los valores negativos y el amarillo los valores positivos según las condiciones establecidas por la carta de color HunterLab.

Como se observa en la tabla 4.5, el pan 100 %HT tuvo mayor componente amarillo ($p < 0,05$) que el pan 60%HT-40%C, lo que concuerda con los valores de L* observados para este pan.

Al igual que el parámetro a*, posiblemente se deba al alto contenido de fibra cruda y ceniza en la catebía.

4. Parámetro de color L* en la miga del pan.

En la tabla 4.4, se observa que, a diferencia de la concha, la miga del pan 100%HT es más blanca que la de los panes con catebía, aunque la diferencia no fue significativa ($p < 0,05$). La tendencia fue a una miga más oscura al incrementar el contenido de catebía. Y esto se debe posiblemente a que a mayor proporción de catebía mayor es la cantidad de pigmentos rojos y amarillos.

De acuerdo a lo descrito anteriormente se puede decir que los promedios (entre 67,76-70,18) obtenidos se acercan más al lado de mayor luminosidad, presentado en la carta de color de HunterLab (ver anexo A.1), dado que esta es la zona del pan que menos recibe cocción en comparación con la corteza, por tal motivo era de esperarse que estos valores resultaran más altos que los de la concha.

5. Parámetro de color a* en la miga del pan.

Todos los valores de a* fueron positivos, como se observa en la tabla 4.5, lo que indica mayor contenido de componente rojo en las muestras. En la miga del pan 100%HT se observó el menor contenido de a*, seguido, en orden ascendente, del pan

70%HT-30%C y del pan 60%HT-40%C, lo que se corresponde con el valor de L^* , aunque las diferencias no fueron significativas ($p < 0,05$).

6. Parámetro de color b^* en la miga del pan.

Como se observa en la tabla 4.5, el pan 100 %HT tuvo menor componente amarillo que los panes con catebía, lo que concuerda con los valores de L^* observados, aunque la diferencia entre ellos no fue significativa ($p < 0,05$).

De acuerdo a los resultados observados no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto al color de la miga del pan, para los valores de L^* , a^* y b^* .

B. Índice de blancura (WI), índice de marrón (BI) y diferencia de color (ΔE) para la concha y miga de los panes.

Los resultados obtenidos para el cálculo del índice de blancura (WI), del índice de marrón (BI) y de la diferencia de color (ΔE) se muestran en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Resultados obtenidos de WI, BI y ΔE , este último para la concha y la miga.

	MUESTRA	WI	BI	ΔE
CONCHA	Pan control (100%HT)	-	38,60 ± 0,98 a	-
	Pan 70%HT – 30%C	-	34,35 ± 0,06 b	6,83 ± 2,53
	Pan 60%HT – 40%C	-	32,31 ± 0,45 b	8,27 ± 3,25
MIGA	Pan 100% HT	71,22 ± 1,86 b	-	-
	Pan 70%HT – 30%C	68,44 ± 1,68 a	-	3.10 ± 3,09
	Pan 60%HT – 40%C	66,00 ± 1,53 a	-	3,46 ± 0,31

HT: Harina de trigo; C: Catebía

Los valores están expresados como la media \pm la desviación estándar. Valores con letras iguales en una misma fila (a,b,c) estadísticamente son iguales a un nivel de confianza de 95 %

Con respecto al WI de la miga, los valores estuvieron comprendidos entre 66,0 para el pan con 60 % HT, y 71,20, para el pan con 100 % HT, correspondiendo el primero a la miga más oscura y el segundo a la miga más clara. La miga del pan con 100%HT fue más clara ($p<0,05$) que la miga de los panes con catebía, y entre los panes con catebía no se obtuvieron diferencias significativas ($p<0,05$) en cuanto a este parámetro. La miga de los panes de harina compuesta resulto más oscura, debido al alto contenido de cenizas presente en la catebía.

En lo concerniente al BI de la concha de los panes, los valores estuvieron comprendidos entre 32,31 para el pan con 60 % HT, y 38,60, para el pan con 100 % HT, siendo el primero menos marrón que el segundo. La concha del pan con 100 %HT fue más marrón ($p<0,05$) que la concha de los panes con catebía, y entre los panes con catebía no se obtuvieron diferencias significativas ($p<0,05$) en cuanto a este parámetro. El pan de 100 % HT obtuvo mayor índice de marrón debido a que en él se produce la reacción de Maillard, por el alto contenido de proteínas presente en la harina de trigo.

La diferencia de color en la concha de los panes preparados con catebía, comparados con la del pan control (100%HT), muestran que este índice aumenta al incrementarse el contenido de catebía en los panes. Ya que este valor da una idea de la diferencia de color, está claro que la concha de los panes que se diferencian más del control son las que tienen mayor contenido de catebía, como se observa en la figura 4.6.



Figura 4.6. Concha de los panes de harina compuesta y pan control.

La diferencia de color en la miga de los panes preparados con catebía, comparados con la del pan control (100%HT), y la diferencia de color observada para la concha, aumenta al incrementarse el contenido de catebía en los panes. En la figura 4.7 se muestra una fotografía de la miga de los panes.



Figura 4.7. Miga de los panes de harina compuesta y pan control.

4.1.6 Prueba de volumen

En la tabla 4.7 se muestra el volumen promedio de los panes. Los valores estuvieron comprendidos entre 1,29 cm³/g para el pan con 40% de catebía y 1,34 cm³/g para el pan con 100% trigo.

Tabla 4.7. Resultados de la prueba de volumen.

Muestra	Volumen (cm³/g)
Pan control (100%HT)	1,34 ± 0,08 a
Pan 70%HT - 30%C	1,31 ± 0,06 a
Pan 60%HT - 40%C	1,29 ± 0,06 a

Como se observa en los resultados el volumen del pan de 100% trigo tiende a ser mayor que el de los panes con catebía, aunque las diferencias no fueron significativas ($p < 0,05$). Es evidente que la presencia de mayor contenido de gluten incrementa el volumen del pan.

4.1.7 Evaluación sensorial

La producción de alimentos de calidad, con destino al mercado interno y externo, es de alta prioridad. La calidad organoléptica de un producto o su nivel de aceptación por los consumidores es uno de los análisis más importantes para una industria, ya que de sus resultados dependerá la factibilidad de elaborar el producto a gran escala. Entre estas pruebas de consumidores, la escala hedónica es una de las más usadas, ya que mediante ella se determina el nivel de agrado o desagrado de un producto o un atributo del mismo.

Los resultados promedios de la prueba sensorial con escala hedónica, para los parámetros de color, olor, textura y sabor, aplicada a los panes de harina compuesta y al pan control, se encuentran reflejados en la tabla 4.8 y la figura 4.8.

Tabla 4.8. Resultados promedios de la prueba de evaluación sensorial.

Parámetro	Pan control (100% HT)	Pan 70%HT – 30%C	Pan 60%HT – 40%C
Color	5,37 a	4,70 b	4,37 b
Olor	5,50 a	4,83 ab	4,93 b
Textura	5,53 a	4,77 b	4,60 b
Sabor	5,27 a	4,93 a	4,83 a

HT: Harina de trigo; C: Catebía. Los valores están expresados como la media \pm la desviación estándar. Valores con letras iguales en una misma fila (a,b,c) estadísticamente son iguales a un nivel de confianza de 95 %

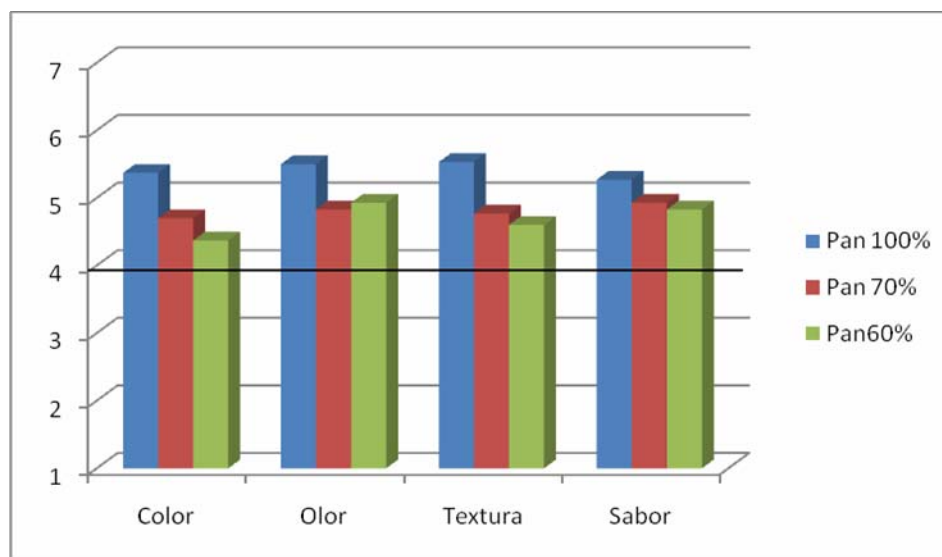


Figura 4.8. Evaluación sensorial de los panes.

1. Color

En el caso del color se observó que a los panelistas les agradó más ($p < 0,05$) el color del pan control con respecto a los panes con catebía, con un promedio entre los

valores de 5 (me gusta moderadamente) y 6 (me gusta mucho). Estos resultados se corresponden con el análisis de color, que indica que el pan de trigo presenta mayor índice de marrón. Tradicionalmente los consumidores sienten preferencia por productos horneados con corteza marrón.

Sin embargo, la evaluación de los panes con catebía se ubica en el rango entre 4 y 5 (me es indiferente-me gusta moderadamente), figura B.1 (anexo B).

2. Olor

Para el parámetro olor, se observó la misma tendencia que para el color. Es decir, hubo mayor preferencia ($p < 0,05$) por el pan 100% HT con respecto al pan 60%HT – 40%C, mientras que entre el pan de 70%HT – 30%C y los anteriores no se observaron diferencias ($p < 0,05$).

El pan de mejor aceptación para este parámetro fue el control, teniendo una tendencia que se ubica entre las opciones 5 y 6 (me gusta moderadamente - me gusta mucho, figura B.1 en el anexo B), mientras que para los panes de harina compuesta se obtuvieron valores entre las opciones 4 y 5 (me es indiferente – me gusta moderadamente, figura B.1).

3. Textura

En el caso de la textura, se observó que a los panelistas les agradó más ($p < 0,05$) la del pan con 100% HT con respecto a los panes con catebía.

El pan de mejor aceptación para este parámetro fue el control, teniendo una tendencia que se ubica entre las opciones 5 y 6 (me gusta moderadamente - me gusta mucho, figura B.1 en el anexo B), para los panes de harina compuesta se obtuvieron valores entre las opciones 4 y 5 (me es indiferente – me gusta moderadamente, figura B.1).

Los resultados obtenidos son acordes a lo observado con la medida instrumental de la textura que señala que los panes con catebía presentan mayor dureza, cohesividad y gomosidad que los panes con 100% HT, lo cual fue expresado por los panelistas.

4. Sabor

En el caso del sabor, los panelistas sintieron igual nivel de agrado ($p < 0,05$) por todos los panes. Sin embargo, es posible notar, en valores numéricos, que el pan de mejor aceptación para este parámetro fue el control, teniendo una tendencia que se ubica entre las opciones 5 y 6 (me gusta moderadamente - me gusta mucho, figura B.1 en el anexo B), mientras que para los panes de harina compuesta se obtuvieron valores entre las opciones 4 y 5 (me es indiferente – me gusta moderadamente, figura B.1).

En la figura 4.6 se observa muy claramente que todos los parámetros evaluados para esta prueba estuvieron por encima del punto medio de agrado-desagrado, indicado por la línea negra que está sobre las barras de colores.

4.1.8 Factibilidad económica

Como ya se indicó en el punto 3.4 en su parte B, se consigue un ahorro en bolívares de 17 % en el costo de elaboración de los panes, por cada kilogramo de harina compuesta. Este cálculo fue realizado para los precios vigentes en el mes de mayo de 2010.

El menor costo de elaboración de los panes se traduce en menor costo al consumidor, cuando se compara con los panes elaborados con 100 %HT. El menor contenido proteico de los panes con catebía es una limitante menor porque se acostumbra a consumirlos acompañados de alguna fuente proteica.

4.2 Conclusiones

- Los resultados obtenidos del análisis de composición proximal de la harina de trigo y de la catebía muestran que cumplen con lo establecido en la norma COVENIN, para harina de trigo, y en la norma CODEX para la harina de yuca.
- El análisis de la composición proximal de los panes muestra que los mismos cumplen con la norma COVENIN para panes.
- El contenido de cianuro tanto en la catebía de yuca como en los panes de harinas compuestas, fué inferior al máximo permisible establecido en la norma CODEX para la harina de yuca.
- La prueba de textura realizada a los panes mostró similar dureza y cohesividad para los 3 tipos de pan, mayor elasticidad, menor gomosidad y menor masticabilidad del pan con 100%HT
- El color de la concha de los panes con 100%HT fue más oscura que la de los panes con catebía, mientras que no se observaron diferencias con respecto a la miga entre los tres tipos de pan.
- El volumen específico de los panes fue similar para los tres tipos elaborados.
- Los panelistas mostraron mayor agrado por el color, olor y textura de los panes con 100 %HT, mientras que el sabor fue igualmente evaluado para los tres tipos de pan.
- El uso de catebía como sustituto parcial de harina de trigo en la elaboración de panes contribuiría, no solo a disminuir el costo de elaboración del producto y en consecuencia el costo de adquisición del mismo por parte de los consumidores, sino que también diversificaría el uso de la catebía de yuca.

4.3 Recomendaciones

- Incorporar aditivos con alto contenido proteico, como por ejemplo plasma de bovino o albúmina de huevo, en la mezcla de los panes, para aumentar el porcentaje de proteínas en los mismos y mejorar la textura.
- Realizar pruebas de panes con proporciones, de harina de trigo y catebía de yuca, diferentes a las usadas en esta investigación.
- Someter la catebía previamente a su utilización, a procesos de lavado y secado para eliminar casi en su totalidad el contenido de cianuro libre.
- En la medida de lo posible utilizar equipos para procesos de panificación como sobadoras, amasadoras, entre otras. Esto con el fin de obtener panes de mejor calidad.

BIBLIOGRAFIA

1. Salazar, E., **“Efecto de la sustitución parcial y otros ingredientes de la harina de trigo por la harina de yuca sobre el comportamiento viscoamilográfico de masas panificables”**. Tesis de Maestría en Ciencias de los Alimentos. UDO, Barcelona, Venezuela (1996).
2. Hernández, M., **“Efecto de la fermentación láctica y diferentes tipos de secado sobre la capacidad de panificación de harinas compuestas elaboradas utilizando yuca amarga”**. Tesis de Maestría en Ciencia de los Alimentos. UDO, Barcelona, Venezuela (1999).
3. Vásquez, Y. y Baptista, M., **“Evaluación de un proceso para la elaboración de pan a base de harina compuesta (trigo – yuca)”**. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. UDO, Barcelona, Venezuela (2000)
4. Ribotta, P., **“Estudio de las transformaciones físico-químicas que se producen durante el procesamiento de las masas congeladas”**. Doctor en Bioquímica. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Exactas. Universidad de la Plata, La Plata, buenos Aires, Argentina (2002).
5. Montaldo, Álvaro. **“La yuca o mandioca”**. 1era edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 1985.
6. Aristizabal, Delfina. **“Panadería Casera”**. 1era Edición. Editorial ALBATROS SACI. Buenos Aires, Argentina. 2003
7. Fleming, A. y Salazar, D., **“Efecto del almidón de maíz y de la albúmina de**

huevo sobre las propiedades reológicas de panificación y nutricionales de harinas compuestas a base de yuca amarga". Trabajo de grado. UDO, Barcelona, Venezuela (2000).

8. Quiminet.com. **"Ingredientes básicos para la panificación"**. 10 de mayo de 2006. Disponible en:

www.quiminet.com/ar2/ar_advcadvcarm-ingredientes-basicos-para-la-panificacion.htm

9. Quaglia, Giovanni. **"Ciencia y tecnología de la panificación"**. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1991.

10. CANTV, 18 de marzo de 2009, **"La yuca y sus propiedades"**. Canales, Gastronomía. Disponible en:

www.cantv.net/Gastronomia/resena.asp?id=180028&cat=4&Fresena=TRUE

11. Cock, James H. **"La Yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional"**. CIAT. Cali, Colombia. 1989

12. Salas, S; Guzmán, Y. **"Experiencia sobre la producción de harina de yuca en la amazonia peruana"**. 1995. Disponible en:

www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/AE620s/Pprocesados/RYT3

13. Boadas, F. y Suárez, J. **"Estudio de los parámetros físicos que definen la calidad del pan durante su almacenamiento"**. Tesis de grado. Escuela de ciencias aplicadas del mar. UDO, Nueva Esparta, Venezuela. (2002)

14. Potter, N. **"Ciencia de los alimentos"**. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1978.

15. Braverman, J. **“Introducción a la bioquímica de los alimentos”**. 2^{da} edición. Ediciones Omega, S.A. España. 1978.
16. Charley, H. **“Tecnología de alimentos”**. 3^{ra} edición. Editorial Limusa, México. 1995
17. El Gastrónomo. **“Harina”**. Disponible en:
<http://www.elgastronomo.com.ar/harina/#ixzz0laxgidR2>
18. De Rodríguez, Beatriz M. y Martín, Eduardo. **“Análisis de alimentos. Tomo I”**. Universidad Central de Venezuela. Organización de Bienestar Estudiantil. Caracas, 1980.
19. Astiasaran, Iciar y Martínez, J. Alfredo. **“Alimentos, composición y propiedades”**. Editorial Mc Graw Hill. Madrid, España. 2003.
20. Desrosier, N. **“Conservación de los alimentos”**. 10^a impresión. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1999.
21. Roussel, E. **“La panadería francesa”**. La Ciencia de los Alimentos. España. 1991.
22. Tejero, Francisco. **“Conservación del pan y la bollería. Asesoría técnica en panificación Francisco Tejero”**. Disponible en:
www.franciscotejero.com/tecnica/sistemas%20de%20conservacion/conservacion%20del%20pan.htm
23. Kirk, Ronald S., Sawyer, Ronald y Egan, Harold. **“Composición y Análisis de Alimentos de Pearson”** Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. (Segunda

Edición en español) Tercera reimpresión, México, 2000.

24. 4500-CN.F **“Standard methods for the examination of water and wastewater”**. 19th edition. Washington, U.S.A. 1995.

25. Figura, Ludger O. y Teixeira, Arthur A. **“Food Physics. Physical Properties-Measurement and Applications”**. Editorial Springer. Berlin, Alemania. 2007.

26. Sahin, Serpil y Gulum Sumnu, Servet. **“Physical Properties of Foods”**. Editorial Board. Unites States of América, 2006.

27. Pedrero, P. y Pangsborn, R. **“Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos”**. Editorial Alhambra, México, D.F (1996).

28. AOAC: 1990. **“Official methods of analysis (15th ed)”**. Washington D.C. Association of Official Analytical Chemits.

29. COVENIN (1980). Norma Venezolana de Alimentos. **“Determinación de proteína cruda”**. Norma 1195-80. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela.

30. COVENIN (1981). Norma Venezolana de Alimentos. **“Determinación de grasa cruda”**. Norma 1785-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela.

31. COVENIN (1981). Norma Venezolana de Alimentos. **“Determinación de fibra cruda”**. Norma 1789-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela.

32. COVENIN (1981). Norma Venezolana de Alimentos. **“Determinación de cenizas”**. Norma 1783-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela.

33. AACC. **“American Association of Cereal Chemists”**. 1995. Approved Methods of the AACC. Ninth Edition. The Association. USA.
34. COVENIN (2001). Norma Venezolana de Alimentos. **“Harina de trigo”**. Norma 217-2001. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela.
35. Comisión del Codex Alimentarius. **“Norma del Codex para la harina de yuca comestible”**. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas y Organización Mundial de la Salud (CODEX STAN 176). Roma, Italia (1989)
36. Ciarfella, A. **“Evaluación de las raíces comestibles de cuatro variedades promisorias de yuca, caracterización del almidón y elaboración de casabe fortificado”**. Tesis doctoral. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela (2009)
37. COVENIN (1988). Norma Venezolana de Alimentos. **“Pan”**. Norma 226-88. Comisión Venezolana de normas Industriales. Venezuela.
38. Torres E. y Pacheco E. **“Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo, yuca y queso llanero”**. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela (2007).
39. Osuna, M., Avallone, C., Montenegro, S. y Aztarbe, M. **“Elaboración de pan fortificado con ácidos grasos Omegas 3 y 6”**. Facultad de Agroindustrias. Universidad del Nordeste. Argentina (2006).
40. Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Instituto Nacional de Nutrición. División de Investigación de Alimentos. **“Tabla de composición de alimentos para uso**

práctico". Primera reimpresión. Caracas, Venezuela. Enero 2001.

41. Comisión del Códex Alimentarius. **"Norma del Códex para el Gari"**. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas y Organización Mundial de la Salud (CODEX STAN 151). Roma, Italia (1989)

42. Quiñones R., González C., Polanco D., Perdomo B. y Araque H. **"Evaluación de diferentes tipos de deshidratación de raíz y follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta*) sobre su composición química"**. Zootecnia Tropical 25 (1): 37-41. (2007)

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	“ELABORACIÓN DE PANES CON HARINAS COMPUESTAS DE CATEBÍA DE YUCA (<i>Manihot esculenta</i>) Y TRIGO”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Ruíz M., Silenia D.	CVLAC: 11374507 E MAIL: sileniaruiz@hotmail.com
Urbáez C., Zubelmarielys	CVLAC: 16067078 E MAIL: urbaezcamposz@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Catebía

Trigo

Composición proximal

Panelistas

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Química

RESUMEN (ABSTRACT):

En esta investigación se establecieron dos formulaciones de harina compuesta para la elaboración de panes, en las cuales la harina de trigo se sustituyó en un 30 % y un 40 % con catebía de yuca. Se realizó análisis de composición proximal a las harinas y a los panes, que incluye: contenido de humedad, proteínas, grasas, ceniza y fibra cruda. También se determinó el contenido de cianuro libre, a la catebía de yuca y los panes elaborados con la harina compuesta, a fin de determinar si éste estaba entre los límites seguros para el consumidor. A los panes también se le realizaron pruebas de textura, color, volumen y una prueba de evaluación sensorial para determinar el nivel de aceptación entre los consumidores. Finalmente, se realizó un estudio de la factibilidad económica para la elaboración de los panes a partir del precio de sus principales ingredientes, catebía de yuca y harina de trigo.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Ciarfella P., Ana T.	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:	8315404			
	E_MAIL	atciarfella@gmail.com			
	E_MAIL				
Álvarez, Lucas.	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	4077552			
	E_MAIL	lalvarezm57@gmail.com			
	E_MAIL				
Rodríguez, Justa.	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	4299254			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	Julio	23
Año	Mes	Día

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Pan de trigo y catebía.doc	Documento en word

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
 J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
 z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Químico

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Química

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente. Núcleo Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado: "Los trabajos de grado son propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario"

Ruíz M., Silenia D.

AUTOR

Urbáez C., Zubelmarielys

AUTORDra. Ana Ciarfella
Asesor AcadémicoRodríguez, Justa
Jurado principalDr. Lucas Álvarez
Jurado principal

Yraima Salas

POR LA SUBCOMISION DE TESIS