



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS.

Carr. Panamericana Km.1080, Terán, 29050 Tuxtla Gutiérrez, Chis.

RESIDENCIA PROFESIONAL

EMPRESA:

INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PUEBLA S.A DE C.V

ALUMNO:

NORMA PATRICIA VELÁZQUEZ PAREDES

CARRERA

INGENIERÍA BIOQUÍMICA

PROYECTO:

Establecer Diferencia de Porcentaje de Humedad entre Método Rápido (equipo Pfeuffer) y Método por Estufa de Secado, en Molinos San Blas del Grupo la italiana.

ASESOR INTERNO:

M. EN C. JOSÉ ALFREDO SANTIZ GÓMEZ

ASESOR EXTERNO:

ING. CHRISTIAN CAROLINA LÓPEZ VÁZQUEZ

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Agradezco principalmente a Dios, por darme la vida y guiarme por el sendero del bien iluminando siempre mí camino. Así como también por todo lo que tengo por ser quien soy y por estar donde estoy.

A MIS PADRES

A mis padres por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera profesional, por su esfuerzo, dedicación y confianza, porque el objetivo logrado también es suyo. Gracias por el apoyo que hasta hoy en día tengo por parte de ellos, por sus sabias palabras y consejos me dan día a día para formarme como una buena persona.

A MIS MAESTROS

A los maestros, por compartirme los conocimientos necesarios durante la carrera, los cuales me han llevado a formarme como profesional. Gracias por la paciencia y esfuerzo durante todo este transcurso.

A MIS COMPAÑEROS

A mis compañeros y amigos que estuvieron en todo momento, apoyándonos unos a otros para estudiar y acreditar las asignaturas que se nos dificultaban en cada uno de los semestres.

RESUMEN

Los cereales son el alimentos más importante en la dieta humana y animal, debido a sus altas cualidades nutrimentales, ya que contienen hidratos de carbono, proteínas, sales minerales y vitaminas, nutrientes indispensables para el ser humano; además de bastante fibra. A diferencia de otros alimentos, los cereales pertenecen a un grupo de plantas de la familia de las gramíneas, presentes en prácticamente casi todos los países del mundo y se han constituido, desde siempre, en la base de la alimentación de sus pobladores. El trigo es uno de los alimentos básicos en el mundo y su demanda aumenta día con día por sus aportaciones nutricionales como vitaminas, proteínas, minerales y aminoácidos esenciales. El incremento del consumo de este cereal se ha dado en los últimos años en función del aumento de población. El objetivo principal del trabajo era determinar si hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos de humedad en las harinas, por el método rápido (equipo Pfeuffer) y método por estufa de secado en Harina de Trigo en Molinos San Blas del Grupo la Italiana. Así como también para poder identificar si estas cumplen la humedad establecida de acuerdo a la norma que los rige. Una vez realizada la determinación de humedad por el método rápido, se procedió al método por secado en estufa. Por medio de un método estadístico con sus respectivas formulas se obtuvo ambos datos, los cuales ayudaron para determinar la diferencia que existe entre uno y otro método. Cabe mencionar que la harina trabajada, en este caso es harina para galletas cumple con la humedad establecida por la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios, cereales y sus productos. De acuerdo a la evaluación realizada se determinó que la diferencia entre el método por secado en estufa y el método rápido es mínima. Por lo tanto no hay diferencia significativa y ambos métodos son confiables.

ÍNDICE GENERAL	Página
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN	4
3. PROBLEMAS A RESOLVER	6
4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	7
5. JUSTIFICACIÓN.....	8
6. MARCO TEORICO	9
6.1 CEREALES	9
6.1.1 Definición	9
6.1.2 Características de los cereales	9
6.1.3 Valor nutritivo	10
6.1.4 NUTRICIÓN DE LOS CEREALES.....	11
6.2 TRIGO	13
6.2.1 Definición	13
6.2.2 Características del cultivo	14
6.2.3 Historia de la molienda.....	14
6.2.4 Proceso de molienda del trigo.....	15
6.2.5 El trigo en México.....	17
6.2.6 Morfología de la planta.....	18
6.2.8 Tipos de grano	21
6.2.9 Productos derivados del trigo.....	24
6.2.10 Beneficios del trigo	25

6.2.11 Enriquecimiento de las harinas de trigo en México	28
6.3 HARINA.....	28
6.3.1 Definición	28
6.3.2 Clasificación y uso.....	29
6.3.3 Cualidades nutrimentales	31
6.3.4 Determinación de humedad en las harinas de trigo	32
6.4 MÉTODOS DE SECADO.....	32
6.4.1 Importancia	32
6.4.2 Método por secado de estufa	33
6.4.3 Determinación de humedad por método rápido (pfeuffer).....	35
6.4.4 Ventajas y desventajas	36
6.4.5 Norma Oficial Mexicana (NOM)	37
7. DESARROLLO EXPERIMENTAL	39
8. RESULTADOS	42
9. CONCLUSIÓN	64
10. COMPETENCIAS DESARROLLADAS	65
11. FUENTES DE INFORMACIÓN	66

ÍNDICE DE TABLAS	Página
Tabla 1: Esquema de la nutrición de los cereales.....	12
Tabla 2: Trigos en México	21
Tabla 3: Trigos en Estados Unidos	22
Tabla 4: Nutrientes contenidos en 100 g de cereales seleccionados.....	26
Tabla 5: Usos de la harina extrafina.....	29
Tabla 6: Usos de la harina fina.....	30
Tabla 7: Usos de la harina semifina	30
Tabla 8: Usos de las harinas suaves (galleteras).....	30
Tabla 9: Ventajas y desventajas de los métodos para determinar humedad.	36
Tabla 10. Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de febrero del 2019.	42
Tabla 10. Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de febrero del 2019 (continuación).	43
Tabla 11: Determinación del porcentaje de humedad por método rápido (equipo Pfeuffer) en harina para galletas del mes de febrero del 2019.	44
Tabla 12: Diferencia del porcentaje de humedad por secado en estufa y método rápido.	46
Tabla 13. Parámetros estadísticos para el muestreo de humedad en galletas, por el método de secado en estufa y el método rápido durante el mes de febrero.	47
Tabla 14: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de marzo del 2019.....	48
Tabla 14: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de marzo del 2019 (continuación).	49
Tabla 15: Determinación del porcentaje de humedad por método rápido (equipo Pfeuffer) en harina para galletas del mes de marzo del 2019.	50

Tabla 16: Diferencia del porcentaje de humedad por secado en estufa y método rápido.	52
Tabla 17. Parámetros estadísticos para el muestreo de humedad en galletas, por el método de secado en estufa y el método rápido durante el mes marzo.	53
Tabla 18: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de abril del 2019.	54
Tabla 18: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de abril del 2019 (continuación).....	55
Tabla 18: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de abril del 2019 (continuación).....	56
Tabla 19: Determinación del porcentaje de humedad por método rápido (equipo pfeuffer) en harina para galletas del mes de abril del 2019.....	57
Tabla 20: Diferencia del porcentaje de humedad por secado en estufa y método rápido.	59
Tabla 21. Parámetros estadísticos para el muestreo de humedad en galletas, por el método de secado en estufa y el método rápido durante el mes de abril.....	60
Tabla 22: Comparación de los parámetros estadísticos de los diferentes meses .	61

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Figura 1: Inicios de la empresa.	4
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de molienda	16
Figura 3: Morfología de la planta.....	19
Figura 4: Estructura del grano	20
Figura 5: Diagrama de flujo generalizado sobre los pasos que sufre un cereal desde su cosecha hasta llegar a la boca del consumidor.	24
Figura 6: Principales productos derivados del trigo.....	25
Figura 7: Micronutrientes necesarios para la alimentación humana.....	27
Figura 8: Estufa de secado.....	34
Figura 9: Equipo pfeuffer.....	35
Figura 10: Diagrama de flujo del método de secado en estufa	40
Figura 11: Diagrama de flujo del método rápido (pfeuffer)	41
Figura 12. Grafica del comportamiento de porcentaje de humedad cuantificada por el método de secado en estufa y el método de secado rápido.....	45
Figura 13. Grafica del comportamiento de porcentaje de humedad cuantificada por el método de secado en estufa y el método de secado rápido.....	51
Figura 14. Grafica del comportamiento de porcentaje de humedad cuantificada por el método de secado en estufa y el método de secado rápido.....	58

1. INTRODUCCIÓN

El trigo es muy importante para la alimentación humana, ya que se produce extensivamente en el mundo por su importancia social y económica, e igualmente, es fundamental en la población mexicana (Mondragón, 2006). Dicho cereal, es el segundo grano más importante para la alimentación del pueblo mexicano (SAGARPA, 2010). Actualmente, sólo una pequeña porción del trigo que se cultiva en México cumple satisfactoriamente con los requerimientos de la industria panadera. Paralelamente, la demanda de este cereal, debe afrontar diferentes consideraciones para cubrir las necesidades de la industria, tal es el caso de la heterogeneidad de los ambientes donde se cultiva y el hallazgo de nuevos cultivares, con el fin de ofrecer trigos con calidad panadera o agroindustrial aceptable (Caviglia, 2007). El trigo es uno de los alimentos básicos en el mundo y su demanda aumenta día con día por sus aportaciones nutricionales como vitaminas, proteínas, minerales y aminoácidos esenciales (Cand, 2009). El incremento del consumo de este cereal se ha dado en los últimos años en función del aumento de población. (Gomez, 2007). El consumo humano de éste cereal no puede realizarse directamente, pues requiere acondicionamiento previo a su transformación, la cual comienza con molienda con la que se obtiene la harina. Así, se ubica a la industria harinera como un eslabón estratégico de la cadena de producción y consumo, que se presenta como el principal demandante del grano. La harina cruda no es digerible por el sistema digestivo humano, por eso, para su consumo se requiere de cocción, generalmente por horneado o hervido (Slafer & Calderini, 2009).

El trigo debido a sus características agronómicas y su amplio rango de adaptabilidad, es un cereal de gran potencial, que contribuye con alto contenido de calorías y proteínas en su alimentación humana (Borlaug & Anderson, 2004).

La harina de trigo es usada ampliamente en la dieta diaria del ser humano (Villaseñor, 2008). Debido a las características reológicas y nutritivas, es la más utilizada en la elaboración de pan. Los trigos de gluten fuerte y elástico (grupos I y II) son los destinados a la industria mecanizada de panificación y para

mejoramiento de trigos suaves, así como a la industria de pan hecho a mano (SECOFI, 2011).

La calidad de la harina depende en su mayor parte de la variedad y tipo de trigo, del tipo de proceso, de los aditivos agregados, así como el contenido y la calidad de sus proteínas. El contenido y la calidad de las proteínas de la harina son indicadores de las propiedades reológicas y panaderas de las variedades de trigo (Alberione, 2010).

Las propiedades plásticas de la masa de trigo determinan su comportamiento durante la elaboración del pan. Para evaluar la calidad de las harinas se utilizan pruebas físico-químicas, reológicas y de panificación.

Las pruebas físico-químicas permiten predecir el comportamiento de la harina en determinada etapa del procesamiento, siendo las principales humedad, proteínas, cenizas, gluten, actividad alfa-amilásica y color. Las pruebas reológicas dan información sobre el comportamiento de la masa de la harina de trigo durante el mezclado, fresado, división, moldeado y horneado en el proceso de panificación. La prueba final es la elaboración del pan, el cual se evalúa por su volumen, peso, altura y sus características sensoriales (color, sabor y textura) (Rodríguez, 2014).

Las normas de calidad para harina de trigo datan de 1982, y clasifican las harinas en tres grupos, de acuerdo al uso para el cual serán destinadas.

Para analizar diferencias en calidad entre diferentes lotes de harina, se debe tomar en cuenta la precisión de las determinaciones consideradas. Se espera que la determinación presente diferencias más o menos considerables (alta variación) entre lotes con diferentes características; entre muestras del mismo lote se espera una menor variación, y aún menor, entre mediciones repetidas de la misma determinación en la misma muestra. Las variaciones entre muestras del mismo lote podrán ser debidas a cambios en los procedimientos operacionales del análisis, o a imprecisión de la técnica de laboratorio seguida por el analista. La variación entre réplicas será debida a imprecisión del método, o del instrumento de medición según sea el caso. Un análisis de componentes de varianza nos

permitirá dilucidar los orígenes de la variación en las determinaciones consideradas (Youden & Steiner, 2007).

La repetitividad de una determinación se usa como referencia para evaluar la precisión de determinaciones de calidad. La repetitividad es la diferencia que existe entre replicas obtenidas con el mismo método, con material de prueba idéntico y bajo las mismas condiciones.

La aplicación eficiente de las normas de calidad en cualquier producto y que estas tengan además, una buena precisión. La selección de determinaciones de calidad de harina que sean precisas permitirá que la industria harinera avance en el camino de la reestructuración productiva, para responder a las exigencias de una mejor calidad en la producción que le permita enfrentar la competencia en mejores condiciones (Hoseney, 2016).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar una de las pruebas físico-químicas que se usa en la industria para medir la calidad de la harina de trigo, como es el caso de la determinación de humedad en el cual están inmersos los límites permisibles de la misma, en relación con las normas de calidad vigentes para harina de trigo para panificación.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN

GRUPO INDUSTRIAL LA ITALIANA

“Una empresa de tradición con la mirada puesta en el futuro”

Inicia con una pequeña fábrica fundada en la ciudad de Puebla, México, en el año de 1920, por una familia de inmigrantes italianos, ofreciendo en cada uno de sus productos los secretos de la tradición europea para la elaboración de pastas (figura 1).

Pensando siempre en satisfacer las necesidades y gustos de sus consumidores, utiliza tecnología de punta en los procesos industriales, dando como resultado la preferencia de la marca a nivel nacional e internacional.

Gracias al éxito de “LA ITALIANA, FABRICA DE PASTAS” se logra la fundación de otras compañías que actualmente forman parte del grupo: MOLINO HARINERO SAN BLAS®, GALLETAS GISA®, ITALGRANI® y TRANSPORTES ALIANO.

Actualmente cuenta con una gran capacidad productiva, instalada en extensas superficies de terreno en los estados de Puebla y Guanajuato.

GRUPO INDUSTRIAL LA ITALIANA distribuye sus productos a lo largo y ancho del país, exportando también a mercados internacionales; generando más de 2,000 empleos permanentes.



Figura 1: Inicios de la empresa.

MISIÓN

Elaborar productos de excelente calidad, manteniendo la tradición, prestigio e innovación en nuestros productos y procesos.

VISIÓN

Transmitir la pasión con la que hacemos nuestros productos a todos nuestros consumidores para que puedan disfrutar de deliciosos platillos, mediante nuestra presencia en un mercado globalizado y la preferencia de los mismos hacia nuestra marca, cuidando siempre la excelencia en el trato hacia el cliente, nuestros empleados y proveedores.

En el laboratorio de calidad principalmente se encargan de analizar el producto y que este esté en buenas condiciones. Las pruebas físico-químicas permiten predecir el comportamiento de la harina en determinada etapa del procesamiento, siendo las principales humedad, proteínas, cenizas, gluten, actividad alfa-amilásica y color. Las pruebas reológicas dan información sobre el comportamiento de la masa de la harina de trigo durante el mezclado, fresado, división, moldeado y horneado en el proceso de panificación. La prueba final es la elaboración del pan, el cual se evalúa por su volumen, peso, altura y sus características sensoriales (color, sabor y textura). En este el área en el que trabaje fue en el laboratorio de fisicoquímico, del cual me encargaba principalmente de determinar humedad en las muestras.

3. PROBLEMAS A RESOLVER

Este proyecto surge principalmente para evaluar y dar solución a los problemas del laboratorio de calidad, en particular pretende resolver los inconvenientes que ocurren con la determinación de humedades, como lo es el tiempo de espera para el caso de secado en estufa. Este método requiere de más tiempo, ya que las charolas hay que llevarlas a peso constante y esto hace que sea aún más tardado. Por lo consiguiente para la liberación del producto final, es necesario esperar a que este sea analizado y esto hace que se tarde en empaquetar y ser liberado. Así como también algunas veces se ha observado variaciones considerables entre un método y otro, de tal manera que las muestras se vuelven a analizar para corroborar los resultados. Entonces algunos de los problemas a resolver son los siguientes:

- La falta de estrategia para manejar los métodos
- Procedimiento a seguir, que este sea realizado de la misma manera y por una sola persona.
- La manera de pesar las muestras
- Capacitación del personal
- Mantenimiento de equipos

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General:

- Evaluar el método rápido (Pfeuffer) y el método por secado en estufa sobre la humedad en harina de trigo para determinar diferencias significativas.

Objetivos específicos:

- Realizar una capacitación para el conocimiento del proceso y manejo de equipos.
- Determinar la humedad de diferentes tipos de harina, utilizando el método rápido y el método de secado en estufa.
- Utilizar método estadístico para determinar presencia de diferencias significativas entre los métodos evaluados.

5. JUSTIFICACIÓN

Los métodos de secado son los más comunes para valorar el contenido de humedad en los alimentos; se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas. Aunque estos métodos dan buenos resultados que pueden interpretarse sobre bases de comparación, es preciso tener presente que a) algunas veces es difícil eliminar por secado toda la humedad presente; b) a cierta temperatura el alimento es susceptible de descomponerse, con lo que se volatilizan otras sustancias además de agua, y c) también pueden perderse otras materias volátiles aparte de agua. En este caso se evaluaron dos métodos diferentes, uno de ellos es comúnmente utilizado, el método por estufa de secado, pero también es uno de los métodos más tardados. El segundo método a utilizar, es por el equipo Pfeuffer, este método es el más rápido. En la mayoría de las industrias, a uno de los mayores problemas que se enfrentan es lograr controlar la humedad de las diferentes muestras.

Debido a ello, para evaluar la eficiencia de ambos métodos y determinar cuál es más factible, es necesario obtener suficientes datos para determinar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos de humedad en las harinas, por el método rápido (equipo Pfeuffer) y método por estufa de secado en Harina de Trigo. Por ello es necesario realizar una comparación entre ambos, esta comparación ayudara a determinar la diferencia que existe entre una y otra, recabando los datos suficientes ya que es muy importante determinar la humedad de los diferentes tipos de harinas debido a 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 sanitaria, es necesario no sobrepasar los límites permisibles de humedad de acuerdo a la norma que lo rige. Conocer la humedad de los alimentos permite determinar su composición centesimal, facilitar su elaboración, prolongar su conservación y, especialmente, impedir que el producto sea adulterado. Es por ello que se emplean diferentes tipos de métodos de secado y se buscan alternativas para que este análisis se realice en menor tiempo garantizando la calidad de la materia prima.

6. MARCO TEORICO

6.1 Cereales

6.1.1 Definición

Históricamente, los cereales son los alimentos más importantes en la dieta humana y animal, debido a sus altas cualidades nutrimentales, ya que contienen hidratos de carbono, proteínas, sales minerales y vitaminas, nutrientes indispensables para el ser humano; además de bastante fibra. A diferencia de otros alimentos, los cereales pertenecen a un grupo de plantas de la familia de las gramíneas, presentes en prácticamente casi todos los países del mundo y se han constituido, desde siempre, en la base de la alimentación de sus pobladores (Surco & Alvarado, 2010).

El cultivo de cualquier cereal es relativamente sencillo y de bajo costo, por ello todas las civilizaciones que han habitado el planeta lo han tomado como fuente de vitaminas, minerales, proteínas, entre otros nutrientes.

6.1.2 Características de los cereales

Se caracterizan porque la semilla y el fruto son una misma cosa. Están compuestos por la cascarilla que está integrada por fibras de celulosa que contiene vitamina B1, el germen que contiene grasas insaturadas, y la almendra interna que se compone de almidón.

Los principales cereales que se consumen son el trigo, el arroz, el maíz, el centeno, la cebada, la avena y el mijo.

El desarrollo en la siembra de estos alimentos, se ha dado dependiendo de la ubicación, el clima, los tipos de tierra y los hábitos de consumo de los pobladores, que están estrechamente relacionados con su cultura (Earle, 2001). Así, el trigo se consume principalmente en los países de Europa y el Norte de América, el maíz en Norte, Centro y Sudamérica, el arroz en Asia, y en África además del mijo, también se consume trigo y ahora maíz. En el caso de avena y centeno su consumo es menor y su localización es más bien hacia los países del norte del planeta.

6.1.3 Valor nutritivo

Los productos del reino vegetal, principalmente los cereales, proveen a la mayoría de los nutrientes en el mundo. Las estadísticas indican que 85 y 65 % del consumo total de calorías y proteínas respectivamente, lo proporcionan los productos vegetales. Se estima que los cereales aportan más del 50% del total de energía consumida por la población humana.

Los países subdesarrollados o en vías de desarrollo dependen todavía más de los nutrientes proporcionados por los cereales porque constituyen una excelente fuente de energía digestible o de calorías (85-90% del total de la energía es digestible) requeridas para el crecimiento y el trabajo. Además, los cereales se caracterizan por poseer buena cantidad y calidad de fibra necesaria para el buen funcionamiento gastrointestinal.

Desafortunadamente se considera que los cereales tienen baja calidad proteica ya que el contenido del aminoácido esencial, lisina, requerido para un adecuado crecimiento en niños o lactantes es limitado. Es necesario reconocer que los problemas de malnutrición proteica como marasmo y kwashiorkor solamente ocurren cuando la dieta del niño consiste exclusivamente en cereales o cuando hay un consumo inadecuado de alimento.

Cabe mencionar que el valor proteico nutricional de los cereales es mejorado cuando las dietas se complementan con pequeñas cantidades de leguminosas o productos del reino animal. Además de mejorar la calidad proteica, la suplementación mejora significativamente las cantidades y biodisponibilidad de calcio, hierro y otros minerales importantes (Saldivar, 2009).

Algunos investigadores han desarrollado variedades de maíz, sorgo y cebada con alta cantidad de lisina, por lo tanto con un mejor valor nutritivo. Esto podría eventualmente aminorar el problema mundial de malnutrición proteica. Los cereales tienen adecuadas cantidades de vitaminas B, pero son bajos en vitaminas liposolubles y vitamina C. Es común observar deficiencias de vitamina A en aquellas poblaciones que dependen exclusivamente de cereales. Los granos con endospermo amarillo proveen de más provitamina A (β - carotenos) que los de

endospermo blanco. Otra importante consideración que afecta el aporte nutricional de los cereales es el procesado de los mismos ya que durante la molienda, fermentación, germinación, cocimiento ácido y alcalino se alteran la composición y la disponibilidad de los nutrientes. En general, los procesos de molienda, bajan la cantidad de fibra, vitaminas y minerales, mientras que el tratamiento térmico directo o en presencia de agua mejora la tasa de digestibilidad del almidón. La fermentación y/o germinación mejora la calidad proteica, la digestibilidad y la cantidad de algunas importantes vitaminas (Saldivar, 2019).

6.1.4 Nutrición de los cereales

Este es un esquema de nutrición propuesto por nutriólogos mexicanos, muy importantes en el medio y estrechamente vinculados al Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán (INN), organismo de alto prestigio internacional como se muestra en la tabla 1 (Scade, 2002).

Tabla 1: Esquema de la nutrición de los cereales.

	AVENA	TRIGO	MAIZ	ARROZ SILVESTRE	CEBADA	CENTENO
Energía (kcal)	389	329	365	370	354	335
Proteína (g)	16.09	15.4	9.4	7.9	12.5	14.8
Lípidos (g)	6.9	1.9	4.7	2.9	2.3	2.5
Grasa saturada (g)	1.22	0.31	0.67	0.58	0.49	0.29
Grasa monoinsaturada (g)	2.18	0.3	1.25	1.06	0.3	0.3
Grasa polinsaturada (g)	2.54	0.76	2.16	1.04	1.11	1.11
Carbohidratos (g)	66	68	74	77	73	70
Calcio (mg)	54	25	7	23	33	33
Hierro (mg)	4.72	3.6	2.71	1.47	3.6	2.7
Sodio (mg)	2	2	35	7	12	6
Total fibra dietética (g)	10.3	12.8	13.5	3.5	17.3	N/D
Potasio (mg)	429	340	287	223	452	264
Magnesio (mg)	177	124	127	143	133	121
Fósforo (mg)	523	332	210	333	264	374
Zinc (mg)	3.97	2.78	2.21	2.02	2.77	3.73
Cobre (mg)	0.63	0.4	0.31	0.28	0.5	0.45
Manganeso (mg)	4.92	4.05	0.48	3.74	1.94	2.68
Tiamina (mg)	0.76	0.5	0.36	0.4	0.65	N/D
Riboflavina (mg)	0.14	0.11	0.2	0.09	0.29	N/D
Niacina (mg)	0.9	5.71	3.63	5.09	N/D	N/D
Ac. Pantoténico (mg)	1.35	0.94	0.42	1.49	N/D	N/D
Vitamina B6 (mg)	0.12	0.34	0.62	0.51	0.32	0.29
Ácido Fólico (mg)	56	43	N/D	20	19	N/D
Vitamina E (mg)	1.09	1.01	0.49	0.88	0.47	1.28

6.2 Trigo

6.2.1 Definición

Es una planta gramínea, considerada como la más grande e importante del mundo su crecimiento promedio es de un metro de altura. Sus hojas brotan muy pronto y van seguidas por tallos muy delgados rematados por espigas de cuyos granos molidos se saca la harina.

Las condiciones del clima y suelo que necesita el trigo para su cultivo, no son específicas, pues se adapta a circunstancias diversas, pero principalmente se realiza en zonas templadas. La condición óptima depende de la etapa del desarrollo, de la variedad y del tipo de plantas. Sin embargo, para obtener una buena cosecha, es necesario que la condición física del suelo tenga las siguientes características:

Una estructura granular, que permita la aireación y el movimiento del agua. Un perfil de tierra cultivable de hasta unos 30cm, para un enraizamiento adecuado. Que no sea susceptible a la formación de costras que dificulten la germinación (Kent, 2002).

Su origen data de la civilización mesopotámica, donde existen hallazgos de restos de granos de trigo del año 6,700 A. C. Es el principal cereal para el consumo humano, en el mundo, siendo también el más cultivado y consumido, donde sus productos son muy importantes en la nutrición humana. Para que pueda ser consumido, es necesario separar el grano de la cascarilla que lo recubre (salvado) mediante el proceso de "molienda". Se utiliza para elaborar una gran variedad de alimentos principalmente para consumo humano, aunque también para animales (Quaglia, 2004).

6.2.2 Características del cultivo

Antes de sembrar el trigo, es necesario analizar el suelo de acuerdo a su fertilidad para determinar la variedad del grano a cultivar, esto asegurará mayores rendimientos y una mejor calidad. La salinidad en exceso, impide y en algunos casos, disminuye la germinación del grano, incluso puede llegar a afectar su productividad (Wiley, 2005).

Es importante considerar que para lograr siembras de trigo altamente rentables o productivas, es necesario la rotación de cultivos en la misma tierra, alternando el trigo con otros cultivos de cereales, esto contribuirá a mejorar la fertilidad de la tierra, cumpliendo así con un perfil cultivable que no conforme costras, que permita la aireación y el aprovechamiento del agua, además de que regulará la acidez o alcalinidad del suelo. El monocultivo (es decir, la siembra de una sola gramínea), no sólo disminuye la calidad de las tierras, sino también permite la proliferación de enfermedades de las plantas y la aparición de plagas.

Las plagas y enfermedades más comunes en el trigo son el hongo fusarium, la tilletia indica, las chinches, la nefasia, y la roya, entre otras.

6.2.3 Historia de la molienda

Para el hombre primitivo, el trigo comenzó a ser indispensable por su fácil adquisición y por la falta de carne, así que comenzó a ingerirlo. Como el trigo es de granos duros y casi imposible triturarlo con los dientes, el hombre tuvo que ingeniárselas para molerlo, así que con la ayuda de dos piedras comenzó esta labor de macerar el trigo, conservando íntegramente las cualidades nutritivas del grano. El resultado de esta molienda fue un polvo, que en la actualidad sirve para la fabricación del pan, uno de los principales alimentos de la humanidad (Wiley, 2005).

Para facilitar la trituración del grano, el hombre inventó el molino, que facilitó la molienda y substituyó al par de piedras de antaño. Primero se utilizó un sistema complicado, pues sobre un gran bloque de piedra fija y plana se movía otra piedra redonda de gran peso. Esta última era movida por animales, esclavos o

prisioneros. Años antes de Cristo se inventó la rueda de agua que fue aprovechada para que moviera estas piedras.

Para el siglo VIII, los árabes inventaron el molino de viento que facilitó aún más la molienda; además se perfeccionaron las piedras planas, las cuales fueron substituidas por cónicas. Éstas estaban estriadas de cierta manera que facilitaba el movimiento del trigo en trituración desde el centro hasta la periferia de la piedra. En el siglo pasado se perfeccionó el sistema de molienda y se comenzó a hacer con rodillos cilíndricos (Potter & Hotchkiss, 2007).

Con el correr del tiempo se descubrió que era importante comenzar la molienda por la limpieza del grano sometiéndolo a la acción del viento y del trabajo manual con cribas. Se le quitaban paja, residuos, guijarros, arena y diversos tipos de semillas ajenas al trigo.

El trigo se limpiaba después pasándolo por un cilindro revestido de esmeril. Luego siguió el proceso del templado para ajustar la humedad que facilitara la separación del grano de la cáscara.

Con el paso del tiempo se tuvo que industrializar este proceso de elaboración de harina, ya que la misma se convirtió en la base dietética de todo ser humano, y se necesitaba un volumen mayor y una materia prima de más calidad.

6.2.4 Proceso de molienda del trigo

El proceso de la molienda del trigo consiste en comprimir el tamaño del grano del trigo a través de molinos de tipo rodillo mediante una serie de procesos en los cuales se consigue una separación del salvado o cascará del trigo y germen del endospermo (figura 2) el cual deberá ser reducido hasta obtener harina (Badui, 2013).

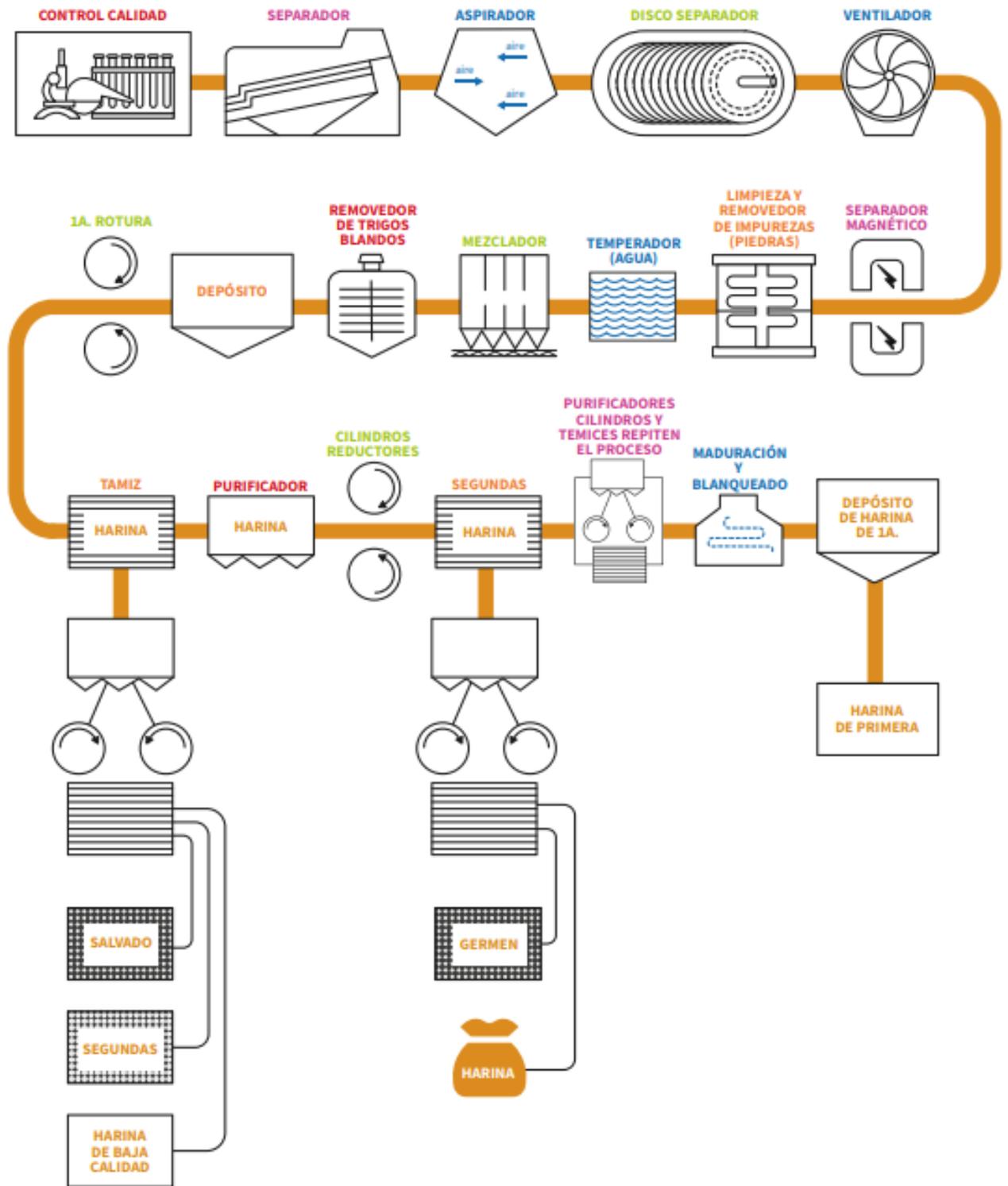


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de molienda

6.2.5 El trigo en México

Se dice que el trigo llegó a nuestro país en la época de la conquista, a través de embarcaciones españolas que arribaron con grandes cantidades de trigo, pero la historia lo documenta de otra manera.

Como los viajes del viejo mundo a América eran largos, las provisiones se consumían y terminaban antes de llegar a su destino. Al parecer, los viajeros no se preocupaban por guardar algunas semillas para que fueran sembradas en México. Por eso se dice que fue un poco tardía la llegada del trigo a nuestro país.

Según relato de los historiadores Andrés de Tapia y Francisco López de Gómora, el negro portugués Juan Garrido, criado de Hernán Cortés fue el primero en sembrar y cosechar el primer trigo en México al encontrar mezclados tres granos en un costal de arroz. Solo germinó uno que dio 180 granos y de esa espiga se hicieron otras siembras que comenzaron a cultivarse en diferentes regiones de la Nueva España (Saldivar, 2009).

Ya para 1534, a escasos 13 años de consolidar la conquista, se levantaban importantes cosechas de trigo en las inmediaciones de Texcoco y Puebla.

Los jesuitas hicieron que el trigo llegara a la parte norte del país en donde enseñaron a los nativos a cultivarlo. Con la expulsión de estos religiosos, los franciscanos siguieron la labor del cultivo en toda la región.

El cultivo del trigo, así como su transformación en harina y pan en la Nueva España, fue una necesidad imperiosa de los conquistadores, para satisfacer aquí viejas costumbres en su alimentación. También tuvieron la tarea de enseñar a los autóctonos la molienda y la elaboración del pan convirtiéndose en parte de la dieta americana desde entonces (Saldivar. 2009).

Los molinos cercanos a la capital, algunos de los cuales databan del siglo XVI, eran a principios del siglo XIX los siguientes: El Molino del Rey, que pertenecía al Marqués de Zulueta; los de Temacoco, Zavaleta, Socorro, Miraflores en Texcoco y el del Moral; los de Santo Domingo y Valdés en Coyoacán y el de Belén en las

lomas de Santa Fé, en Tacubaya; los de Santa Mónica y San Ildefonso en la jurisdicción de Azcapotzalco.

6.2.6 Morfología de la planta

La altura que varía entre los 30 y 180 cm. El Tallo es recto y cilíndrico. Tiene nudos. El nudo es sólido. La mayoría de los trigos tienen seis nudos (figura 3).

La hoja es lanceolada, con un ancho de 0,5 a 1 cm y una longitud de 15 a 25 cm. Cada planta tiene de cuatro a seis hojas.

La lígula es de longitud media.

La aurícula es despuntada y tiene pelos. La lígula y la aurícula se sirven en la identificación de las plántulas

En la plántula las hojas se despliegan al nacer, girando en el sentido de las manecillas del reloj. Esta es también una característica en la identificación de las plántulas.

Amacollamiento. Esta es otra característica en los cereales. Las plántulas producen macollos de número variable, generalmente de dos a siete.

Las raíces del trigo son semejantes a la de la cebada y la de la avena. Las raíces permanentes o secundarias nacen en el primer nudo.

Raíces que nacen a partir de la semilla. Normalmente existen cinco raíces seminales, una radical o primaria y cuatro laterales, que funcionan durante toda la vida de la planta.

La espiga del trigo macarrón es densa y corta. Consiste en una infinidad de espiguillas que terminan en una arista o barba.

Los granos del trigo macarrón son generalmente alargados, puntiagudos, durísimos y de color ámbar rojizo.

Espiga del trigo común.

Los granos del trigo común pueden ser blandos o duros (Scade, 2002).

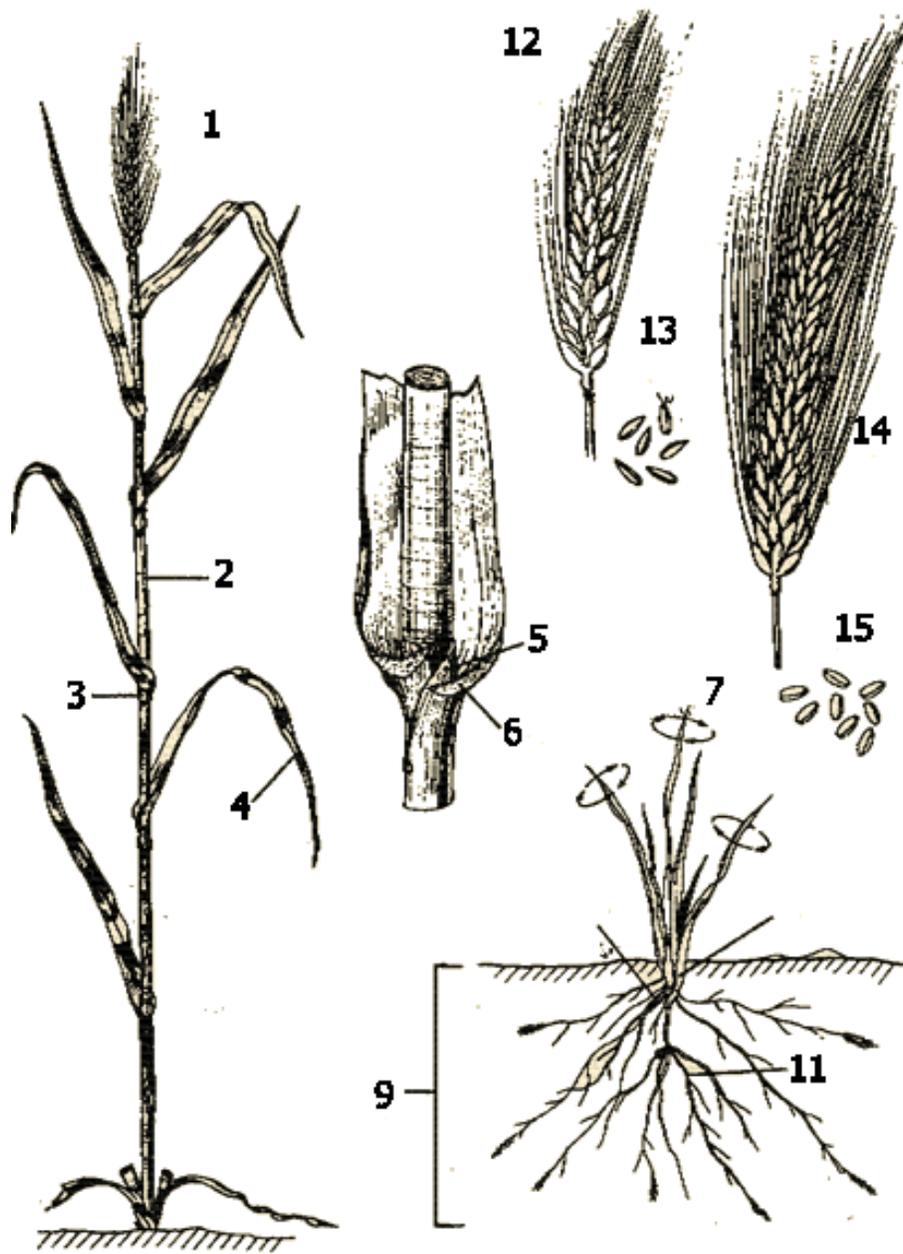


Figura 3: Morfología de la planta.

6.2.7 Estructura del grano

El grano llamado botánicamente cariósipide, es monocotiledóneo. La cariósipide está compuesta por el pericarpio (envoltura del fruto) y la semilla. La semilla a su vez se subdivide en germen, endospermo y testa o envoltura de la semilla. Como se muestra en la figura 4.

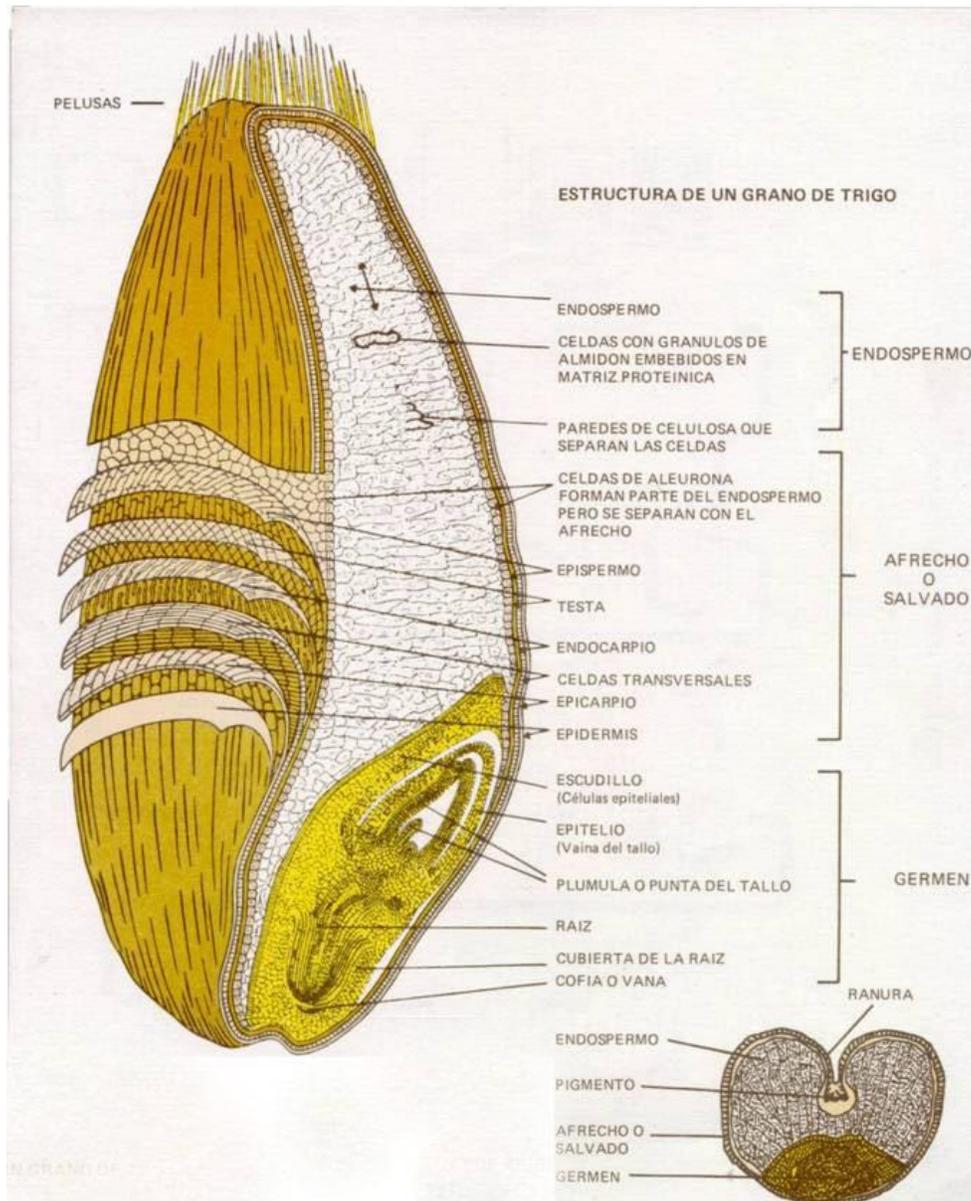


Figura 4: Estructura del grano.

6.2.8 Tipos de grano

A nivel general, el trigo se clasifica de acuerdo a la textura del endospermo, porque esta característica del grano está relacionada con su forma de fraccionarse en la molturación, la cual puede ser vítrea o harinosa, y de acuerdo a la riqueza proteica, porque las propiedades de la harina y su conveniencia para diferentes objetivos están relacionadas con esta característica (McFarlane, 2001).

Tabla 2: Trigos en México

Grupo 1	Fuerte (muy elástico) y extensible.	Duro a semiduro.	Lo utiliza la industria mecanizada de la panificación, produciendo principalmente harina para pan de caja. Se le utiliza como mejorador de trigos débiles.
Grupo 2	Medio fuerte (elástico) y extensible.	Duro a semiduro.	Es para la industria del pan hecho a mano o semi-mecanizado; se le utiliza como mejorador de trigos débiles o trigos con gluten muy fuerte.
Grupo 3	Débil (ligeramente elástico) y extensible.	Suave (blando). No producen harinas panificables por sí solos; requieren mezclarse con trigos Grupo 1 y 2.	Se utilizan para la industria galletera y elaboración de tortillas, buñuelos y otros; aunque puede utilizarse en la panificación artesanal. Como corrector de trigos con gluten muy fuerte.
Grupo 4	Medio y tenaz (no extensible)	Duro a Semiduro.	No es panificable por su alta tenacidad. Se mezcla con trigos fuertes. Es utilizado para la industria de la repostería (pastelera y galletera).
Grupo 5	Fuerte, tenaz y corto (no extensible).	Es un grano muy duro y cristalino. Endospermo con alto contenido de pigmento amarillo (carotenoides)	No es panificable. Se usa para la industria de pastas alimenticias (espagueti, macarrones, sopas secas, etc.).

Tabla 3: Trigos en Estados Unidos

<p>Hard Red Spring (HRS). Trigo Duro de Primavera.</p>	<p>Se siembra en los estados de Dakota del Norte, Dakota del Sur, Minnesota y Montana.</p>	<p>Este trigo es sembrado en primavera y es un importante trigo para panificación, que posee el más alto contenido proteico, usualmente 13 a 14% en adición a sus buenas características molineras y panificadoras. Las subclases se basan en el contenido de granos oscuros, duros y vítreos e incluyen el dark northern spring y red spring. Se utiliza para la fabricación de pan de molde, masas para pizza, croissants, pizza y panecillos.</p>
<p>Hard Red Winter (HRW). Trigo Duro Rojo de Invierno.</p>	<p>Es cultivado en Texas, Oklahoma, Kansas, Colorado y California.</p>	<p>Es un trigo importante que se usa para la panificación. El 40% de la producción de trigo de los E.U.A. es de este tipo y representa casi el 40% de las exportaciones. Tiene un alto contenido proteínico promedio de 9.5%, es rico en gluten con buenas cualidades para la molienda. No existe ninguna subclase para esta variedad. Se utiliza para la fabricación de pan con levadura de alta calidad y panecillos.</p>
<p>Hard White (HW).</p>	<p>Es cultivado en California, Idaho, Kansas y Montana.</p>	<p>Se siembra en otoño y primavera. Su contenido proteico es de 10 a 15%, y tampoco cuenta con subclases. Se utiliza en la fabricación de fideos, frituras, panes de levadura y panes planos.</p>
<p>Soft Red Winter(SRW).</p>	<p>Se cultiva en el oriente de los Estados Unidos.</p>	<p>Es un trigo de alto rendimiento pero bajo en proteínas, usualmente el 10%. Se siembra en otoño y es usado principalmente para pastelería, panes sin levaduras, galletas cracker y bocadillos (snacks). Comprende el 17% de la producción de E.U.A. y el 17% de las exportaciones.</p>
<p>Soft White(SW).</p>	<p>Se cultiva en Washington, Oregon, Idaho.</p>	<p>Es sembrado en otoño y primavera y es el preferido para panes sin levadura, pastelería, galletas y fideos chinos. Es un trigo bajo en proteínas, usualmente cerca del 10%. Las subclases son el soft white, white club y western white.</p>

❖ Trigos en Canadá

-Duro Ámbar Occidental.

Es el segundo trigo más cultivado en el Oeste de Canadá. Sus mejores clases tienen más granos duros vítreos, especialmente desarrollados para producir un porcentaje alto de sémola, con gluten fuerte. Este trigo se utiliza principalmente para la elaboración de fideos y cuscus.

- Manantial Rojo Extra Fuerte Occidental.

Es el trigo de uso general y es más duro que primavera roja occidental. Es de media proteína y proporciona gran fuerza a la masa, así como una mayor estabilidad. Es utilizado para mezclas en pan de molde, bollos, y productos similares.

- Primavera roja occidental.

Es la variedad de trigo más importante del oeste de Canadá, ya que constituye aproximadamente un 60% del total de acres sembrados. Su alto contenido proteínico es de 11.5 a 13.5%, por lo que resulta ideal para la molienda y panificación. Su atributo más importante es la calidad para la mezcla, uniformidad y disponibilidad. Es utilizada para la producción de pan tipo francés, fideos y harinas para pan sin levadura.

- Invierno rojo occidental.

Es un grano de media proteína. Es ideal para la elaboración de cierto tipo de fideos (McFarlane, 2001).

6.2.9 Productos derivados del trigo

El trigo desde su cosecha hasta llegar a la boca del consumidor son generalmente sujetos a múltiples operaciones o segmentos industriales, entre los cuales destacan la industria almacenadora, molinos e industrias procesadoras de fracciones de molienda en productos procesados (figura 5). El uso general de los cereales puede dividirse en tres grandes categorías: a) uso del grano entero o decorticado; b) uso de los productos de molienda seca y húmeda; c) industrialización del grano entero o fracciones de molienda por medio de procesos de panificación, fermentación, almidón y manufactura de botanas y cereales para desayuno (Saldivar. 2009).

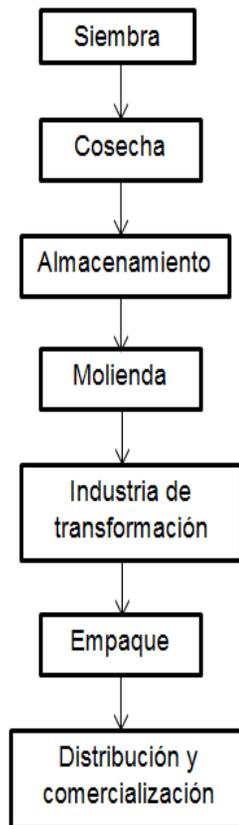


Figura 5: Diagrama de flujo generalizado sobre los pasos que sufre un cereal desde su cosecha hasta llegar a la boca del consumidor.

Tabla 4: Nutrientes contenidos en 100 g de cereales seleccionados

Alimento	Energía (kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)
Harina de maíz entera	353	9.3	3.8	10	2.5	0.30	0.10	1.8
Harina de maíz refinada	368	9.4	1.0	3	1.3	0.26	0.08	0.10
Arroz pulido	361	6.5	1.0	4	0.5	0.08	0.02	1.5
Arroz precocido	364	6.7	1.0	7	1.2	0.20	0.08	2.6
Trigo entero	323	12.6	1.8	36	4.0	0.30	0.07	5.0
Harina de trigo blanca	341	9.4	1.3	15	1.5	0.10	0.03	0.7
Mijo var junco	341	10.4	4.0	22	3.0	0.30	0.22	1.7
Sorgo	345	10.7	3.2	26	4.5	0.34	0.15	3.3

Por cada 100 g. de trigo entero, se obtienen importantes micronutrientes necesarios para la alimentación humana, como se observa en la figura 7 (Schenker *et al.*, 2006):



Figura 7: Micronutrientes necesarios para la alimentación humana.

6.2.11 Enriquecimiento de las harinas de trigo en México

- La industria molinera de trigo mexicana fortifica las harinas de trigo, adicionando vitaminas como la Niacina (B3), Riboflavina (B2), Tiamina (B1), Ácido fólico, Hierro y Zinc.
- Esto contribuye al combate de algunos de los padecimientos más importantes, como la desnutrición y la anemia, además de la anencefalia y la columna bífida, enfermedades del tubo neural que afectan a los bebés durante el proceso de gestación o embarazo por falta de ácido fólico (Badui, 2013).
- El consumo pan, galletas, sopas de pasta y tortillas de harina de trigo, contribuye a mejorar la salud y la calidad de vida de la población mexicana

6.3 Harina

6.3.1 Definición

La harina es el polvo que se obtiene de la molienda del grano de trigo maduro, entero o quebrado, limpio, sano y seco, en el que se elimina gran parte de la cascarilla (salvado) y el germen. El resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada.

La harina contiene entre un 65 y un 70% de almidones, pero su valor nutritivo fundamental está en su contenido, ya que tiene del 9 al 14% de proteínas; siendo las más importantes la gliadina y la gluteína, además de contener otros componentes como celulosa, grasos y azúcar.

La molienda de trigo consiste en separar el endospermo que contiene el almidón de las otras partes del grano. El trigo entero rinde más del 72% de harina blanca y el resto es un subproducto. En la molienda, el grano de trigo se somete a diversos tratamientos antes de convertirlo en harina (Matissek *et al.*, 2004).

6.3.2 Clasificación y uso

Para clasificar las harinas se utilizan los siguientes valores:

- W. Es la fuerza que tiene la harina.
- P/L. Índica el equilibrio de la harina y ayuda a saber qué tipo de trabajo panadero es más adecuado para cada harina.
- Valor P. (Tenacidad). Es la absorción que tiene la harina sobre el agua.
- Valor L. (Extensibilidad). Es la capacidad que tiene la harina para ser estirada cuando se mezcla con agua.
- La absorción es un dato de mucha importancia en panificación y depende de la calidad del gluten.
- Falling Number. Es para medir indirectamente la actividad alfa-amilásica existente en la harina.
- Maltosa. Es el azúcar existente en la harina sobre el que actúa la levadura para producir gas carbónico durante el proceso de fermentación.

Por consiguiente es necesario relacionar todos los valores y no limitarse a uno solo, ya que puede darse el caso de que dos harinas tengan el mismo W pero diferente P/L, y por lo tanto su comportamiento en panificación será muy distinto (Kent, 2002).

Tabla 5: Usos de la Harina Extrafina

CARACTERISTICAS	USOS
W=270-330	Panes muy ricos y bollería especial.
P/L=0.9-1.3	
P=100-130	
L=90-120	
Gluten Seco=9-12%	
Falling Number=320-380 seg.	
Índice de Maltosa=2-2.4	

Tabla 6: Usos de la Harina Fina

CARACTERISTICAS	USOS
W=180-270	Para panes especiales. Fermentación larga y proceso frío, de bollería y panadería.
P/L=0.5-0.7	
P=50-90	
L=100-120	
Gluten Seco=0.9-11.5%	
Falling Number=320-380 seg.	
Índice de Maltosa=1.8-2.2	

Tabla 7: Usos de la Harina Semifina

CARACTERISTICAS	USOS
W=110-180	Para procesos medios y largos de fermentación. Croissant Hojaldres Bizcochos
P/L=0.4-0.6	
P=40-65	
L=100-120	
Gluten Seco=8-11%	
Falling Number=27-330 seg.	
Índice de Maltosa=1.8-2.2	

Tabla 8: Usos de la Harinas Suaves (galleteras)

CARACTERISTICAS	USOS
W=80-110	Para panificaciones muy rápidas y muy mecanizadas. Con una fermentación máxima de 90 minutos También se pueden usar para magdalenas y otras elaboraciones abiscochadas.
P/L=0.2-0.3	
P=30-40	
L=60-75	
Gluten Seco=7-9%	
Falling Number=250-300 seg.	
Índice de Maltosa=1.6-1.8	

6.3.3 Cualidades nutrimentales

Casi la totalidad de las harinas de trigo mexicanas están fortificadas con vitaminas como la niacina (B3), riboflavina (B2), tiamina (B1), ácido fólico, hierro y zinc.

El Gobierno Federal y los industriales molineros de trigo mexicanos, pretenden incrementar el combate contra la desnutrición y la anemia que son los padecimientos más graves del país, además de combatir otras enfermedades específicas como la anencefalia, columna bifida que afecta a los bebés durante el proceso de gestación o embarazo, o incluso pretende atender problemas de crecimiento.

Con la adición o fortificación de las harinas, fundamentalmente las mujeres y los niños al consumir pan, galletas, sopas de pasta y tortillas de harina de trigo, mejorarán su alimentación, ya que contienen:

Vitamina B1 (tiamina), necesaria para el funcionamiento del sistema nervioso y ayuda a liberar la energía de los carbohidratos. Vitamina B2 (riboflavina), ayuda a formar glóbulos rojos y material genético. Vitamina B3 niacina, necesaria para el funcionamiento del sistema nervioso y digestivo. Hierro, que permite eliminar o disminuir problemas de anemia ferropiva. Zinc, el cual contribuye al mejor desarrollo o crecimiento en los niños, es necesario para el metabolismo y la digestión. Ayuda a sanar heridas y a reparar los tejidos. Ácido fólico o folacina, que permite disminuir problemas de anencefalia o del tubo neural (columna bifida), en el periodo de gestación, por lo que se recomienda la ingesta por parte de las madres embarazadas (Schenker *et al.*, 2006).

Por lo anterior, la Industria Molinera de Trigo de México, recomienda mejorar la dieta alimenticia consumiendo los nuevos y nutritivos panes, galletas, sopas de pastas y tortillas, hechas con harina de trigo mexicana

6.3.4 Determinación de humedad en las harinas de trigo

Todos los alimentos contienen agua en mayor o menor grado, y puede aparecer de dos formas: como agua libre que se libera con facilidad por evaporación o secado y como agua ligada, que se encuentra combinada químicamente a la proteína.

Conocer la humedad de los alimentos permite determinar su composición centesimal, facilitar su elaboración, prolongar su conservación y, especialmente, impedir que el producto sea adulterado.

Algunos productos, como mantequillas, margarinas, leche en polvo y queso tienen regulado un máximo legal, otros como el trigo requieren una cantidad determinada para la molienda, y por supuesto, la presencia excesiva de agua puede dañar materias primas como el azúcar y la sal.

6.4 Métodos de secado

Los métodos de secado son los más comunes para valorar el contenido de humedad en los alimentos; se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas. Aunque estos métodos dan buenos resultados que pueden interpretarse sobre bases de comparación, es preciso tener presente que a) algunas veces es difícil eliminar por secado toda la humedad presente; b) a cierta temperatura el alimento es susceptible de descomponerse, con lo que se volatilizan otras sustancias además de agua, y c) también pueden perderse otras materias volátiles aparte de agua. (Saldivar, 2009).

6.4.1 Importancia

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 sanitaria.

6.4.2 Método por secado de estufa

La determinación de secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles. El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra. (Hoseney, 2016).

Notas sobre las determinaciones de humedad en estufa.

1. Los productos con un elevado contenido en azúcares y las carnes con un contenido alto de grasa deben deshidratarse en estufa de vacío a temperaturas que no excedan de 70°C.
2. Los métodos de deshidratación en estufa son inadecuados para productos, como las especias, ricas en sustancias volátiles distintas del agua.
3. La eliminación del agua de una muestra requiere que la presión parcial de agua en la fase de vapor sea inferior a la que alcanza en la muestra; de ahí que sea necesario cierto movimiento del aire; en una estufa de aire se logra abriendo parcialmente la ventilación y en las estufas de vacío dando entrada a una lenta corriente de aire seco.
4. La temperatura no es igual en los distintos puntos de la estufa, de ahí la conveniencia de colocar el bulbo del termómetro en las proximidades de la muestra. Las variaciones pueden alcanzar hasta más de tres grados en los tipos antiguos, en los que el aire se mueve por convección. Las estufas más modernas de este tipo están equipadas con eficaces sistemas, que la temperatura no varía un grado en las distintas zonas.
5. Muchos productos son, tras su deshidratación, bastante higroscópicos; es preciso por ello colocar la tapa de manera que ajuste tanto como sea posible

inmediatamente después de abrir la estufa y es necesario también pesar la cápsula tan pronto como alcance la temperatura ambiente; para esto puede precisarse hasta una hora si se utiliza un desecador de vidrio.

6. La reacción de pardeamiento que se produce por interacción entre los aminoácidos y los azúcares reductores libera agua durante la deshidratación y se acelera a temperaturas elevadas. Los alimentos ricos en proteínas y azúcares reductores deben, por ello, desecarse con precaución, de preferencia en una estufa de vacío a 60°C. (Cand, 2009).



Figura 8: Estufa de secado

6.4.3 Determinación de humedad por método rápido (pfeuffer).

La determinación de humedad por el equipo Pfeuffer, consiste en un método sencillo el cual arroja resultados exactos. Este consiste en poner la muestra en la cámara de medición. Cerrar la cámara de medición, seleccionar el producto, pulsar el botón de medición y leer el resultado.

El equipo puede medir las humedades de los granos y harinas de los mismos. En el caso del grano la muestra es molida y homogeneizada. Equipado con un programa de medición de temperatura en productos a granel (Wiley, 2005).



Figura 9: Equipo Pfeuffer.

6.4.4 Ventajas y desventajas

Tabla 9: Ventajas y desventajas de los métodos para determinar humedad.

METODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Estufa de secado	Es un método convencional Es conveniente Es preciso Pueden meter varias muestras Se llega a la temperatura deseada rápidamente.	La temperatura va fluctuar debido al tamaño de la partícula, peso de la muestra, posición de la muestra en el horno, etc. Es difícil remover el agua ligada Pérdida de sustancias volátiles durante el secado Descomposición de la muestra, ejemplo: azúcar.
Pfeuffer	Manejo sencillo Resultados de medición exactos Corrección de temperatura automática Alto rango de medición	La medición varía según la cantidad de la muestra. Varía según la homogenización.

6.4.5 Norma Oficial Mexicana (NOM)

1. Son regulaciones técnicas para productos, procesos o servicios.
2. Son de carácter obligatorio.

Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008

NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece las disposiciones y especificaciones sanitarias que deben cumplir el transporte y almacenamiento de cereales destinados para consumo humano, así como el proceso de las harinas de cereales, sémolas o semolinas, alimentos preparados a base de cereales, de semillas comestibles, de harinas, de sémolas o semolinas o sus mezclas y los productos de panificación.

1.2 No son objeto de esta norma, las botanas y los alimentos a base de cereales para lactantes y niños de corta edad.

1.3 Esta Norma Oficial Mexicana establece los nutrimentos que se deben adicionar y restituir en las harinas de trigo y de maíz nixtamalizado y su nivel de adición, exceptuándose las utilizadas para: frituras, como texturizantes o espesantes y base para harinas preparadas.

1.4 Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en el Territorio Nacional para las personas físicas o morales que se dedican al proceso o importación de los productos objeto de esta Norma destinados a los consumidores en el Territorio Nacional (Anderson, 2004).

Las harinas según la norma oficial deben cumplir con las siguientes especificaciones:

Determinación	Límite máximo
Humedad	15%
Materia extraña	No más de 50 fragmentos de insectos, no más de un pelo de roedor y estar exentos de excretas, en 50 g de producto.

7. DESARROLLO EXPERIMENTAL

✓ Procedimiento

Método por Estufa de Secado (Figura 10)

- Llevar las charolas a peso constante
- Pesar la charola sin muestra
- Pesar 2 ± 0.004 gramos de muestra
- Tapar las charolas con muestra
- Ajustar la temperatura a $130\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Transportar las muestras a la estufa de secado
- Realizar el secado en un lapso de 1 hora
- Enfriar las muestras en el desecador
- Pesar las muestras
- Registrar los resultados.

METODO POR SECADO EN



Poner las charolas a peso constante

Pesar la charola sin la muestra

Pesar 2 gramos de muestra



Llevar las muestras a la estufa de secado

Ajustar la temperatura (130 °C)

Colocar tapa a la charola

Esperar el tiempo necesario para secar el material

Dejar enfriar las muestras

Pesar las muestras



Finalmente obtener resultados

Figura 10: Diagrama de Flujo del Método de Secado en Estufa

Método Rápido Equipo Pfeuffer (Figura 11)

- Llevar la muestra a la cámara de medición (previamente homogenizada)
- Cerrar cámara
- Seleccionar muestra a medir (en este caso Harina de Trigo)
- Pulsar el botón de medición
- Finalmente leer el resultado.

METODO RAPIDO EQUIPO

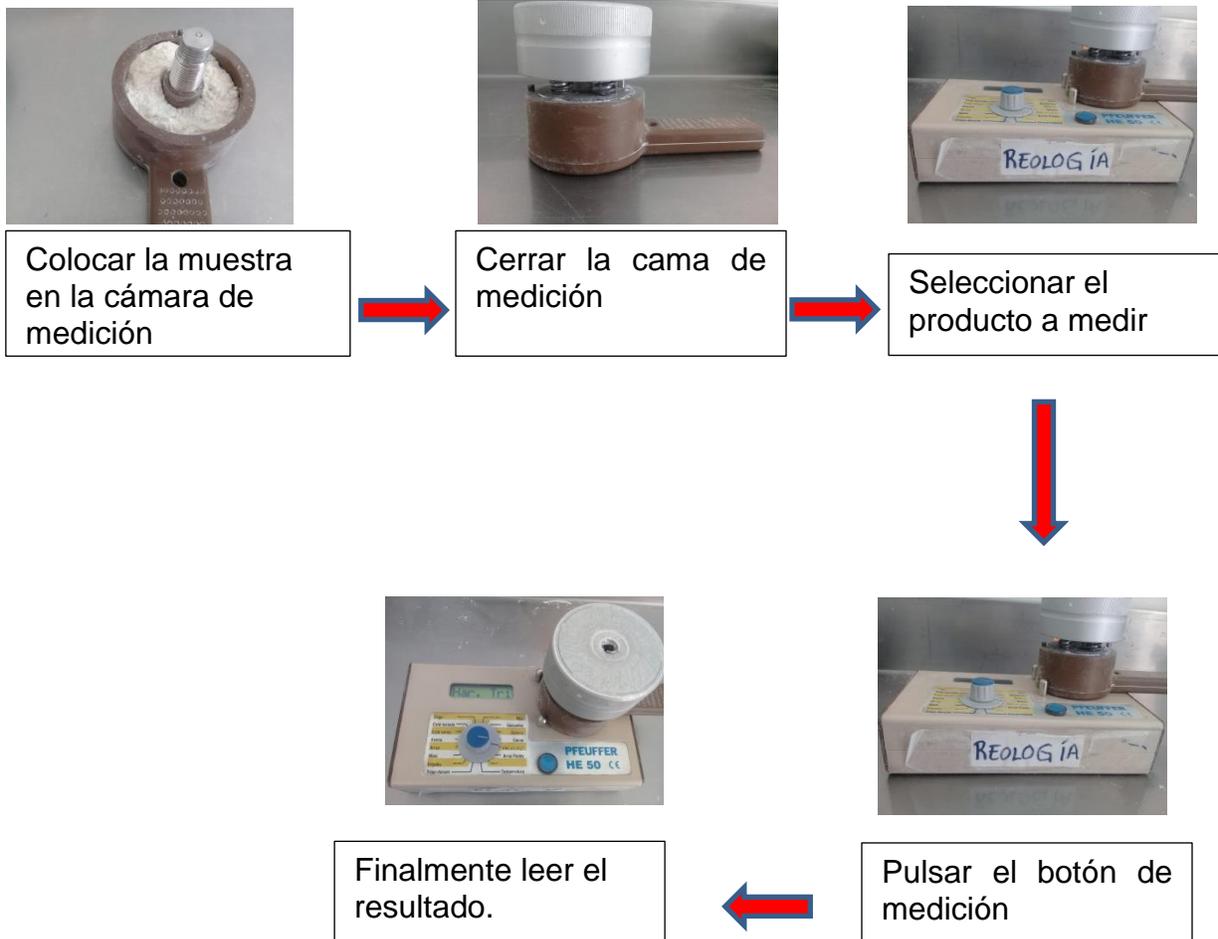


Figura 11: Diagrama de Flujo del Método Rápido (Pfeuffer)

8. RESULTADOS

Tabla 10. Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de febrero del 2019.

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		CLAVE DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA MUESTRA	PESO (g) DE LA CHAROLA CON MUESTRA	% HUMEDAD (NOM 247)	PROMEDIO % HUMEDAD (NOM 247)
02/02/2019	T1	23	7.8518	1.9997	9.5948	12.84	
02/02/2019	T1	19	8.0131	2.0003	9.7576	12.79	12.81
03/02/2019	T1	34	7.7781	2.0003	9.5196	12.94	
03/02/2019	T1	17	8.1182	1.9999	9.8601	12.9	12.92
03/02/2019	T2	9	7.4228	1.9998	9.1665	12.81	
03/02/2019	T2	13	7.455	2.0001	9.1996	12.77	12.79
04/02/2019	T1	16	7.7704	1.9999	9.5159	12.72	
04/02/2019	T1	4	7.7958	1.9996	9.5418	12.68	12.70
05/02/2019	T3	25	7.3406	1.9999	9.0819	12.93	
05/02/2019	T3	44	7.8322	2.0001	9.5731	12.96	12.94
07/02/2019	T3	46	7.4879	2.0002	9.2286	12.97	
07/02/2019	T3	5	7.3491	2.0000	9.0886	13.03	13.00
08/02/2019	T1	33	7.146	1.9997	8.8857	13.00	
08/02/2019	T1	16	7.7709	2.0000	9.5106	13.02	13.01
11/02/2019	T3	35	7.2421	1.9999	8.9836	12.92	
11/02/2019	T3	39	7.7482	1.9998	9.4888	12.96	12.94
14/02/2019	T3	C	7.1816	2.0003	8.9226	12.96	
14/02/2019	T3	56	7.9132	2.0001	9.6538	12.97	12.97
17/02/2019	T1	A	7.2688	2.0003	9.0152	12.69	
17/02/2019	T1	25	7.3404	2.0001	9.086	12.72	12.71
18/02/2019	T2	23	7.8519	2.0003	9.5985	12.68	
18/02/2019	T2	40	7.6869	2.0002	9.4348	12.61	12.65
19/02/2019	T3	21	7.2975	2.0002	9.0394	12.91	
19/02/2019	T3	A	7.2691	1.9999	9.0092	12.99	12.95

Tabla 10. Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de febrero del 2019 (continuación).

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		CLAVE DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA MUESTRA	PESO (g) DE LA CHAROLA CON MUESTRA	% HUMEDAD (NOM 247)	PROMEDIO % HUMEDAD (NOM 247)
20/02/2019	T3	A	7.2689	1.9999	9.0073	13.08	
20/02/2019	T3	1	7.7221	1.9999	9.4622	12.99	13.03
21/02/2019	T1	7	7.7501	1.9998	9.4907	12.96	
21/02/2019	T1	25	7.3410	1.9998	9.0829	12.90	12.93
22/02/2019	T3	56	7.9131	1.9996	9.6569	12.79	
22/02/2019	T3	17	8.1177	2.0000	9.861	12.83	12.81
26/02/2019	T2	39	7.7481	2.0000	9.4945	12.68	
26/02/2019	T2	5	7.3479	1.9998	9.0938	12.70	12.69
26/02/2019	T1	23	7.8521	2.0000	9.5999	12.61	
26/02/2019	T1	38	7.8003	1.9999	9.5482	12.60	12.61
26/02/2019	T3	41	7.7302	2.0001	9.4661	13.21	
26/02/2019	T3	8	7.6546	2.0003	9.3915	13.17	13.19
27/02/2019	T3	34	7.7793	1.9999	9.5187	13.03	
27/02/2019	T3	4	7.7959	2.0003	9.5358	13.02	13.02
28/02/2019	T3	40	7.6875	1.9998	9.4319	12.77	
28/02/2019	T3	49	7.7514	1.9999	9.4945	12.84	12.81
28/02/2019	T1	3	8.1364	1.9996	9.8727	13.17	
28/02/2019	T1	B	7.5941	1.9998	9.3303	13.18	13.17
28/02/2019	T2	36	7.8024	2.0002	9.5469	12.78	
28/02/2019	T2	20	8.0599	2.0000	9.8038	12.81	12.79

Tabla 11: Determinación del porcentaje de humedad por método rápido (equipo pfeuffer) en harina para galletas del mes de febrero del 2019.

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		%HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER)
02/02/2019	T1	13.2
03/02/2019	T1	13.2
03/02/2019	T2	13.0
04/02/2019	T1	12.9
05/02/2019	T3	13.4
07/02/2019	T3	13.3
08/02/2019	T1	13.4
11/02/2019	T3	13.3
14/02/2019	T3	13.3
17/02/2019	T1	12.9
18/02/2019	T2	12.9
19/02/2019	T3	13.3
20/02/2019	T3	13.4
21/02/2019	T1	13.1
22/02/2019	T3	13.4
26/02/2019	T2	12.9
26/02/2019	T1	12.8
26/02/2019	T3	13.5
27/02/2019	T3	13.4
28/02/2019	T3	13.0
28/02/2019	T1	13.5
28/02/2019	T2	13.1

COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

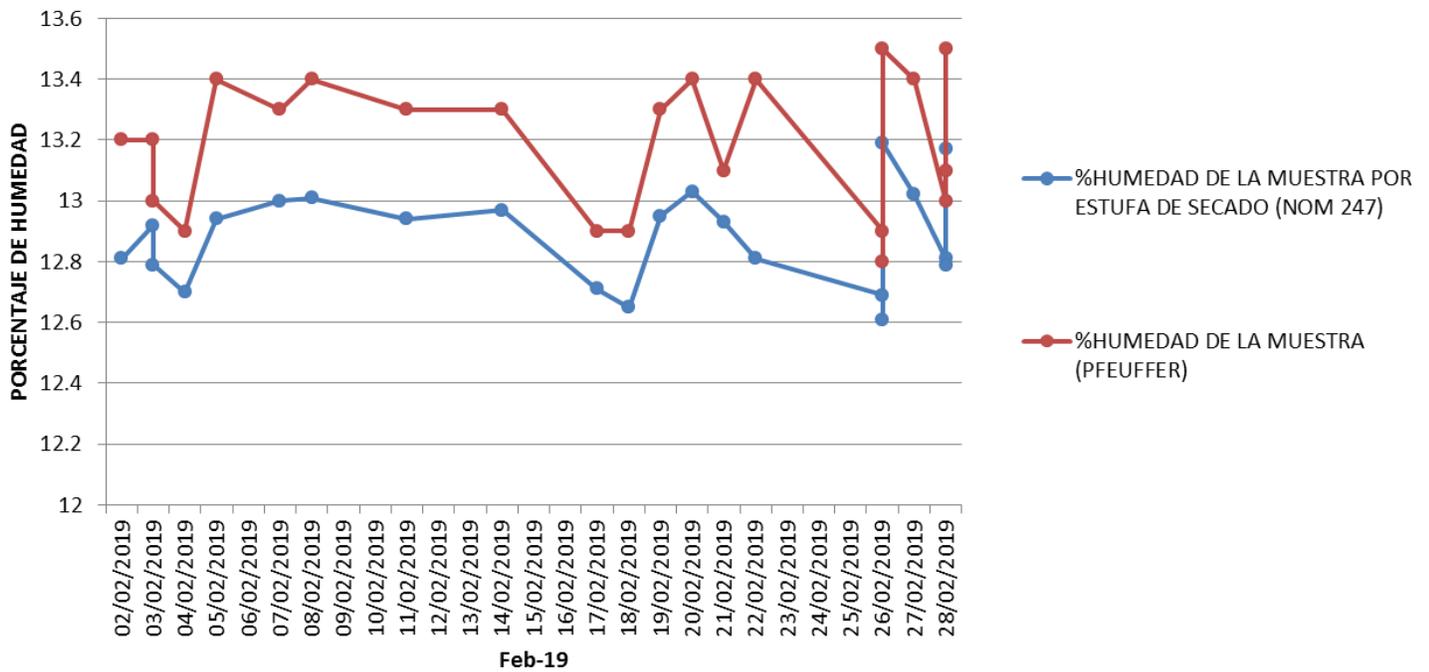


Figura 12. Grafica del comportamiento de porcentaje de humedad cuantificada por el método de secado en estufa y el método de secado rápido.

Tabla 12: Diferencia del porcentaje de humedad por secado en estufa y método rápido.

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		%HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER)	%HUMEDAD DE LA MUESTRA POR ESTUFA DE SECADO (NOM 247)	DIFERENCIA DE %HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER) Y % HUMEDAD (NOM 247)
02/02/2019	T1	13.2	12.81	0.39
03/02/2019	T1	13.2	12.92	0.28
03/02/2019	T2	13.0	12.79	0.21
04/02/2019	T1	12.9	12.70	0.20
05/02/2019	T3	13.4	12.94	0.46
07/02/2019	T3	13.3	13.00	0.30
08/02/2019	T1	13.4	13.01	0.39
11/02/2019	T3	13.3	12.94	0.36
14/02/2019	T3	13.3	12.97	0.33
17/02/2019	T1	12.9	12.71	0.19
18/02/2019	T2	12.9	12.65	0.25
19/02/2019	T3	13.3	12.95	0.35
20/02/2019	T3	13.4	13.03	0.37
21/02/2019	T1	13.1	12.93	0.17
22/02/2019	T3	13.4	12.81	0.59
26/02/2019	T2	12.9	12.69	0.21
26/02/2019	T1	12.8	12.61	0.19
26/02/2019	T3	13.5	13.19	0.31
27/02/2019	T3	13.4	13.02	0.38
28/02/2019	T3	13.0	12.81	0.19
28/02/2019	T1	13.5	13.17	0.33
28/02/2019	T2	13.1	12.79	0.31

Tabla 13. Parámetros estadísticos para el muestreo de humedad en galletas, por el método de secado en estufa y el método rápido durante el mes de Febrero.

Promedio	13.19	12.88	0.31
Media	13.19	12.88	0.29
Mediana	13.25	12.93	0.31
Moda	13.40	12.81	0.21
Desviación estándar	0.22	0.16	0.10
Rango	0.70	0.58	0.42
Mínimo	12.80	12.61	0.17
Máximo	13.50	13.19	0.59
Suma	290.20	283.44	6.76
Cuenta	22	22	22
coeficiente de correlación	0.90		

Tabla 14: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de marzo del 2019.

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		CLAVE DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA MUESTRA	PESO (g) DE LA CHAROLA CON MUESTRA	% HUMEDAD (NOM 247)	PROMEDIO % HUMEDAD (NOM 247)
03/03/2019	T2	2	8.1003	2.0002	9.8399	13.03	
03/03/2019	T2	A	7.2694	2.0004	9.0105	12.96	13.00
05/03/2019	T1	49	7.7517	2.0004	9.4921	13.00	
05/03/2019	T1	56	7.9137	2.0001	9.6542	12.98	12.99
05/03/2019	T2	8	7.6551	1.9999	9.3996	12.77	
05/03/2019	T2	20	8.0593	2.0000	9.8051	12.71	12.74
06/03/2019	T3	23	7.8528	2.0003	9.5934	12.98	
06/03/2019	T3	C	7.1821	2.0000	8.9240	12.91	12.94
06/03/2019	T2	32	8.3284	1.9996	10.0682	12.99	
06/03/2019	T2	41	7.7305	2.0003	9.4711	12.98	12.99
08/03/2019	T1	23	7.8522	2.0003	9.5964	12.80	
08/03/2019	T1	56	7.9138	1.9998	9.6575	12.81	12.80
08/03/2019	T2	13	7.4510	1.9998	9.1916	12.96	
08/03/2019	T2	B	7.5949	2.0000	9.3347	13.01	12.99
11/03/2019	T1	14	7.9968	2.0003	9.7428	12.71	
11/03/2019	T1	20	8.0599	2.0003	9.8068	12.67	12.69
11/03/2019	T3	27	7.7281	2.0001	9.4709	12.86	
11/03/2019	T3	15	8.1453	2.0003	9.8892	12.82	12.84
12/03/2019	T1	20	8.0616	1.9998	9.8047	12.84	
12/03/2019	T1	A	7.2700	2.0003	9.0142	12.8	12.82
13/03/2019	T1	20	8.0608	2.0002	9.7959	13.25	
13/03/2019	T1	A	7.2703	2.0000	9.0055	13.24	13.25
13/03/2019	T2	8	7.6524	2.0000	9.393	12.97	
13/03/2019	T2	15	8.1448	1.9997	9.8856	12.95	12.96
13/03/2019	T3	34	7.7764	2.0000	9.5223	12.71	
13/03/2019	T3	48	8.1721	2.0001	9.9184	12.69	12.70

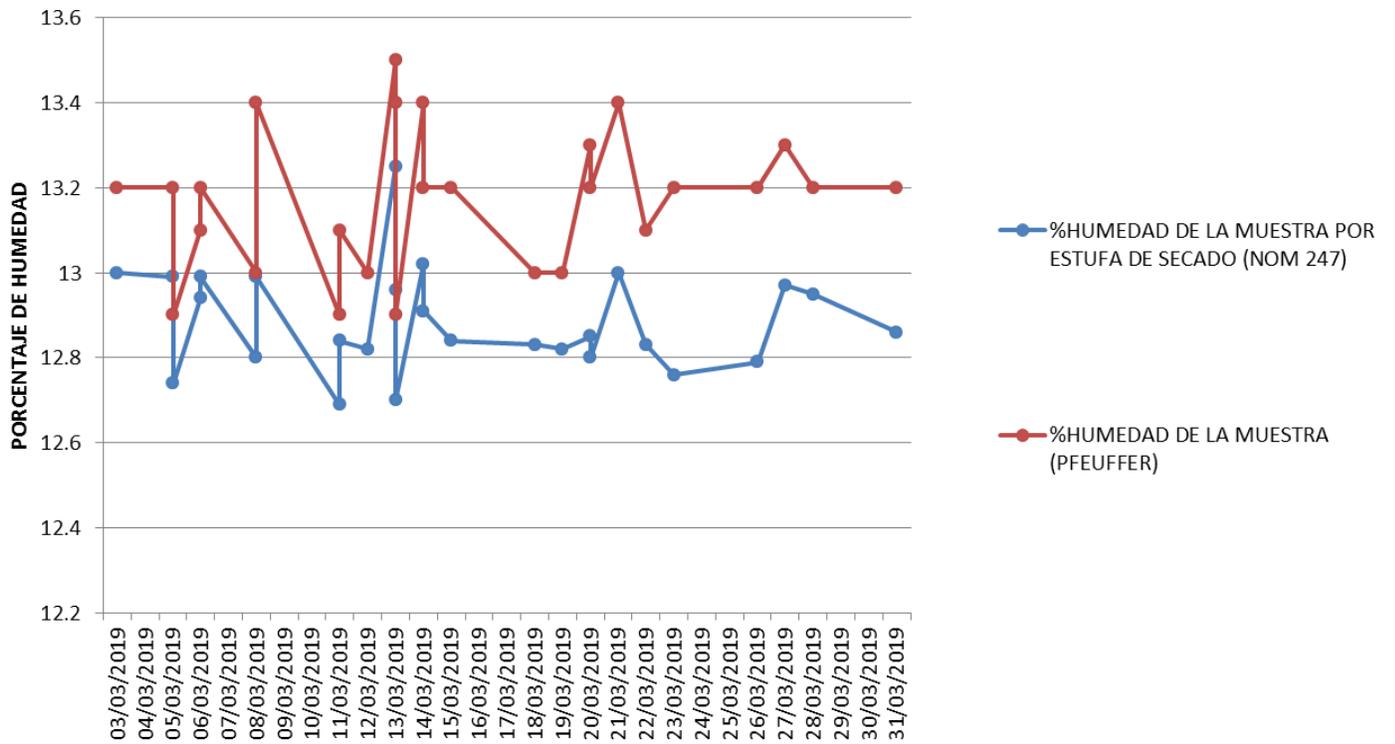
Tabla 14: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de marzo del 2019 (continuación).

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		CLAVE DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA MUESTRA	PESO (g) DE LA CHAROLA CON MUESTRA	% HUMEDAD (NOM 247)	PROMEDIO % HUMEDAD (NOM 247)
14/03/2019	T2	13	7.4510	2.0002	9.1909	13.01	
14/03/2019	T2	4	7.7963	2.0000	9.5359	13.02	13.02
14/03/2019	T3	5	7.3479	1.9996	9.0887	12.94	
14/03/2019	T3	36	7.8026	2.0000	9.5452	12.87	12.91
15/03/2019	T1	38	7.8018	2.0003	9.545	12.85	
15/03/2019	T1	1	7.7226	1.9996	9.4657	12.83	12.84
18/03/2019	T1	27	7.7282	2.0003	9.4721	12.82	
18/03/2019	T1	13	7.4510	2.0001	9.1941	12.85	12.83
19/03/2019	T2	11	7.7713	2.0000	9.5156	12.79	
19/03/2019	T2	6	8.2191	1.9998	9.9619	12.85	12.82
20/03/2019	T1	3	8.1365	1.9999	9.8792	12.86	
20/03/2019	T1	29	7.4064	1.9998	9.1496	12.83	12.85
20/03/2019	T3	56	7.9133	2.0002	9.6578	12.78	
20/03/2019	T3	1	7.7222	1.9997	9.4658	12.81	12.80
21/03/2019	T3	41	7.7305	1.9997	9.4711	12.96	
21/03/2019	T3	6	8.2185	2.0004	9.958	13.04	13.00
22/03/2019	T2	37	8.1232	1.9999	9.8661	12.85	
22/03/2019	T2	38	7.8011	2.0000	9.5448	12.82	12.83
23/03/2019	T1	31	7.507	2.0002	9.2518	12.77	
23/03/2019	T1	29	7.4077	1.9996	9.1523	12.75	12.76
26/03/2019	T1	40	7.6873	1.9996	9.4315	12.77	
26/03/2019	T1	35	7.2428	2.0000	8.9865	12.82	12.79
27/03/2019	T2	9	7.4209	2.0001	9.1604	13.03	
27/03/2019	T2	39	7.7481	2.0002	9.4899	12.92	12.97
28/03/2019	T3	44	7.8324	1.9997	9.5736	12.93	
28/03/2019	T3	19	8.0135	2.0001	9.7541	12.97	12.95
31/03/2019	T3	24	8.0972	2.0004	9.8406	12.85	
31/03/2019	T3	44	7.8324	2.0000	9.5751	12.86	12.86

Tabla 15: Determinación del porcentaje de humedad por método rápido (equipo pfeuffer) en harina para galletas del mes de marzo del 2019.

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		%HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER)
03/03/2019	T2	13.2
05/03/2019	T1	13.2
05/03/2019	T2	12.9
06/03/2019	T3	13.1
06/03/2019	T2	13.2
08/03/2019	T1	13.0
08/03/2019	T2	13.4
11/03/2019	T1	12.9
11/03/2019	T3	13.1
12/03/2019	T1	13.0
13/03/2019	T1	13.5
13/03/2019	T2	13.4
13/03/2019	T3	12.9
14/03/2019	T2	13.4
14/03/2019	T3	13.2
15/03/2019	T1	13.2
18/03/2019	T1	13.0
19/03/2019	T2	13.0
20/03/2019	T1	13.3
20/03/2019	T3	13.2
21/03/2019	T3	13.4
22/03/2019	T2	13.1
23/03/2019	T1	13.2
26/03/2019	T1	13.2
27/03/2019	T2	13.3
28/03/2019	T3	13.2
31/03/2019	T3	13.2

COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD



Mar-19

Figura 13. Grafica del comportamiento de porcentaje de humedad cuantificada por el método de secado en estufa y el método de secado rápido.

Tabla 16: Diferencia del porcentaje de humedad por secado en estufa y método rápido.

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		%HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER)	%HUMEDAD DE LA MUESTRA POR ESTUFA DE SECADO (NOM 247)	DIFERENCIA DE %HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER) Y % HUMEDAD (NOM 247)
03/03/2019	T2	13.2	13.00	0.20
05/03/2019	T1	13.2	12.99	0.21
05/03/2019	T2	12.9	12.74	0.16
06/03/2019	T3	13.1	12.94	0.16
06/03/2019	T2	13.2	12.99	0.21
08/03/2019	T1	13.0	12.80	0.20
08/03/2019	T2	13.4	12.99	0.41
11/03/2019	T1	12.9	12.69	0.21
11/03/2019	T3	13.1	12.84	0.26
12/03/2019	T1	13.0	12.82	0.18
13/03/2019	T1	13.5	13.25	0.25
13/03/2019	T2	13.4	12.96	0.44
13/03/2019	T3	12.9	12.7	0.20
14/03/2019	T2	13.4	13.02	0.38
14/03/2019	T3	13.2	12.91	0.29
15/03/2019	T1	13.2	12.84	0.36
18/03/2019	T1	13.0	12.83	0.17
19/03/2019	T2	13.0	12.82	0.18
20/03/2019	T1	13.3	12.85	0.45
20/03/2019	T3	13.2	12.80	0.40
21/03/2019	T3	13.4	13.00	0.40
22/03/2019	T2	13.1	12.83	0.27
23/03/2019	T1	13.2	12.76	0.44
26/03/2019	T1	13.2	12.79	0.41
27/03/2019	T2	13.3	12.97	0.33
28/03/2019	T3	13.2	12.95	0.25
31/03/2019	T3	13.2	12.86	0.34

Tabla 17. Parámetros estadísticos para el muestreo de humedad en galletas, por el método de secado en estufa y el método rápido durante el mes marzo.

Promedio	13.17	12.89	0.29
Media	13.17	12.89	0.27
Mediana	13.20	12.85	0.26
Moda	13.20	12.99	0.20
Desviación estándar	0.17	0.12	0.10
Rango	0.60	0.56	0.29
Mínimo	12.90	12.69	0.16
Máximo	13.50	13.25	0.45
Suma	355.70	347.94	7.76
Cuenta	27	27	27
coeficiente de correlación	0.80		

Tabla 18: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de abril del 2019.

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		CLAVE DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA MUESTRA	PESO (g) DE LA CHAROLA CON MUESTRA	% HUMEDAD (NOM 247)	PROMEDIO % HUMEDAD (NOM 247)
01/04/2019	T3	33	7.1457	1.9996	8.8879	12.87	
01/04/2019	T3	4	7.7968	2.0004	9.5388	12.92	12.89
02/04/2019	T3	56	7.9136	2.0004	9.6588	12.76	
02/04/2019	T3	4	7.7969	2.0002	9.5430	12.70	12.73
02/04/2019	T2	11	7.7713	2.0004	9.5156	12.80	
02/04/2019	T2	43	7.6841	1.9996	9.4286	12.76	12.78
03/04/2019	T2	13	7.4510	2.0000	9.1935	12.88	
03/04/2019	T2	A	7.2695	1.9998	9.0127	12.83	12.85
03/04/2019	T3	2	8.1009	1.9998	9.8429	12.89	
03/04/2019	T3	24	8.0976	1.9999	9.8395	12.90	12.90
04/04/2019	T1	9	7.4215	2.0001	9.1679	12.68	
04/04/2019	T1	50	7.5121	2.0000	9.2579	12.71	12.70
04/04/2019	T3	40	7.6860	2.0001	9.4218	13.21	
04/04/2019	T3	4	7.7963	2.0003	9.5335	13.15	13.18
05/04/2019	T3	16	7.7691	2.0003	9.5070	13.12	
05/04/2019	T3	9	7.4212	2.0000	9.1598	13.07	13.09
06/04/2019	T3	11	7.7709	2.0000	9.5141	12.84	
06/04/2019	T3	25	7.3398	2.0000	9.0841	12.79	12.81
07/04/2019	T3	14	7.9967	2.0002	9.7385	12.92	
07/04/2019	T3	13	7.4510	1.9999	9.1933	12.88	12.90
08/04/2019	T3	40	7.6862	2.0002	9.4333	12.65	
08/04/2019	T3	32	8.3280	1.9996	10.0730	12.73	12.69
08/04/2019	T2	48	8.1724	1.9999	9.9103	13.10	
08/04/2019	T2	15	8.1454	2.0000	9.8844	13.05	13.08
08/04/2019	T2	47	7.3120	2.0001	9.0520	13.00	
08/04/2019	T2	46	7.4876	1.9999	9.2290	12.93	12.96
09/04/2019	T2	43	7.6844	2.0000	9.4233	13.06	
09/04/2019	T2	25	7.3400	2.0002	9.0799	13.01	13.03
10/04/2019	T1	50	7.5110	2.0001	9.2541	12.85	
10/04/2019	T1	C	7.1814	1.9999	8.9256	12.79	12.82

Tabla 18: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de abril del 2019 (continuación).

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		CLAVE DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA MUESTRA	PESO (g) DE LA CHAROLA CON MUESTRA	% HUMEDAD (NOM 247)	PROMEDIO % HUMEDAD (NOM 247)
10/04/2019	T2	1	7.7213	1.9999	9.4601	13.06	
10/04/2019	T2	4	7.7961	2.0002	9.5354	13.04	13.05
11/04/2019	T3	15	8.1450	2.0001	9.8899	12.76	
11/04/2019	T3	17	8.1169	2.0001	9.8608	12.81	12.78
11/04/2019	T1	4	7.7962	1.9998	9.5395	12.83	
11/04/2019	T1	8	7.6527	2.0001	9.3960	12.84	12.83
11/04/2019	T2	50	7.5118	1.9997	9.2541	12.87	
11/04/2019	T2	48	8.1728	2.0000	9.9165	12.81	12.84
13/04/2019	T3	27	7.7272	2.0000	9.4712	12.80	
13/04/2019	T3	47	7.3108	1.9999	9.0545	12.81	12.81
14/04/2019	T1	13	7.4503	2.0001	9.1917	12.93	
14/04/2019	T1	37	8.1234	1.9999	9.8653	12.90	12.92
14/04/2019	T2	2	8.0991	2.0000	9.8382	13.05	
14/04/2019	T2	20	8.0586	2.0001	9.7985	13.01	13.03
14/04/2019	T3	A	7.2677	1.9999	9.0102	12.87	
14/04/2019	T3	12	7.9287	2.0000	9.6719	12.84	12.86
15/04/2019	T3	7	7.7490	2.0000	9.4888	13.01	
15/04/2019	T3	6	8.2169	1.9997	9.9575	12.96	12.98
21/04/2019	T2	46	7.4870	2.0000	9.2267	13.02	
21/04/2019	T2	17	8.1166	2.0001	9.8571	12.98	13.00
23/04/2019	T1	12	7.9283	1.9999	9.6717	12.83	
23/04/2019	T1	13	7.4507	2.0000	9.1947	12.80	12.81
24/04/2019	T3	23	7.8518	1.9997	9.5939	12.88	
24/04/2019	T3	19	8.0131	2.0003	9.7569	12.82	12.85
25/04/2019	T2	34	7.7781	2.0003	9.5186	12.99	
25/04/2019	T2	17	8.1182	1.9999	9.8591	12.95	12.97
25/04/2019	T3	27	7.7273	1.9998	9.4673	12.99	
25/04/2019	T3	46	7.4872	2.0000	9.2278	12.97	12.98
28/04/2019	T1	25	7.3406	1.9999	9.0819	12.93	
28/04/2019	T1	44	7.8322	2.0001	9.5731	12.96	12.94
28/04/2019	T2	16	7.7704	1.9999	9.5119	12.92	

Tabla 18: Determinación del porcentaje de humedad por secado en estufa en harina para galletas del mes de abril del 2019 (continuación).

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		CLAVE DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA CHAROLA	PESO (g) DE LA MUESTRA	PESO (g) DE LA CHAROLA CON MUESTRA	% HUMEDAD (NOM 247)	PROMEDIO % HUMEDAD (NOM 247)
28/04/2019	T2	4	7.7958	1.9996	9.5358	12.98	12.95
28/04/2019	T3	9	7.4228	1.9998	9.1656	12.85	
28/04/2019	T3	13	7.4550	2.0001	9.1995	12.78	12.82
29/04/2019	T1	46	7.4879	2.0002	9.2317	12.82	
29/04/2019	T1	5	7.3491	2.0000	9.0938	12.77	12.79
29/04/2019	T2	33	7.1460	1.9997	8.8870	12.94	
29/04/2019	T2	16	7.7709	2.0000	9.5099	13.05	12.99

Tabla 19: Determinación del porcentaje de humedad por método rápido (equipo pfeuffer) en harina para galletas del mes de abril del 2019.

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		%HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER)
01/04/2019	T3	13.4
02/04/2019	T3	13.0
02/04/2019	T2	13.1
03/04/2019	T2	13.2
03/04/2019	T3	13.3
04/04/2019	T1	13.1
04/04/2019	T3	13.5
05/04/2019	T3	13.3
06/04/2019	T3	13.1
07/04/2019	T3	13.2
08/04/2019	T3	13.0
08/04/2019	T2	13.4
08/04/2019	T2	13.2
09/04/2019	T2	13.5
10/04/2019	T1	13.2
10/04/2019	T2	13.5
11/04/2019	T3	13.0
11/04/2019	T1	12.9
11/04/2019	T2	13.1
13/04/2019	T3	13.0
14/04/2019	T1	13.2
14/04/2019	T2	13.4
14/04/2019	T3	13.2
15/04/2019	T3	13.4
21/04/2019	T2	13.3
23/04/2019	T1	13.1
24/04/2019	T3	13.2
25/04/2019	T2	13.2
25/04/2019	T3	13.4
28/04/2019	T1	13.4
28/04/2019	T2	13.4
28/04/2019	T3	13.2
29/04/2019	T1	13.1
29/04/2019	T2	13.4

COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

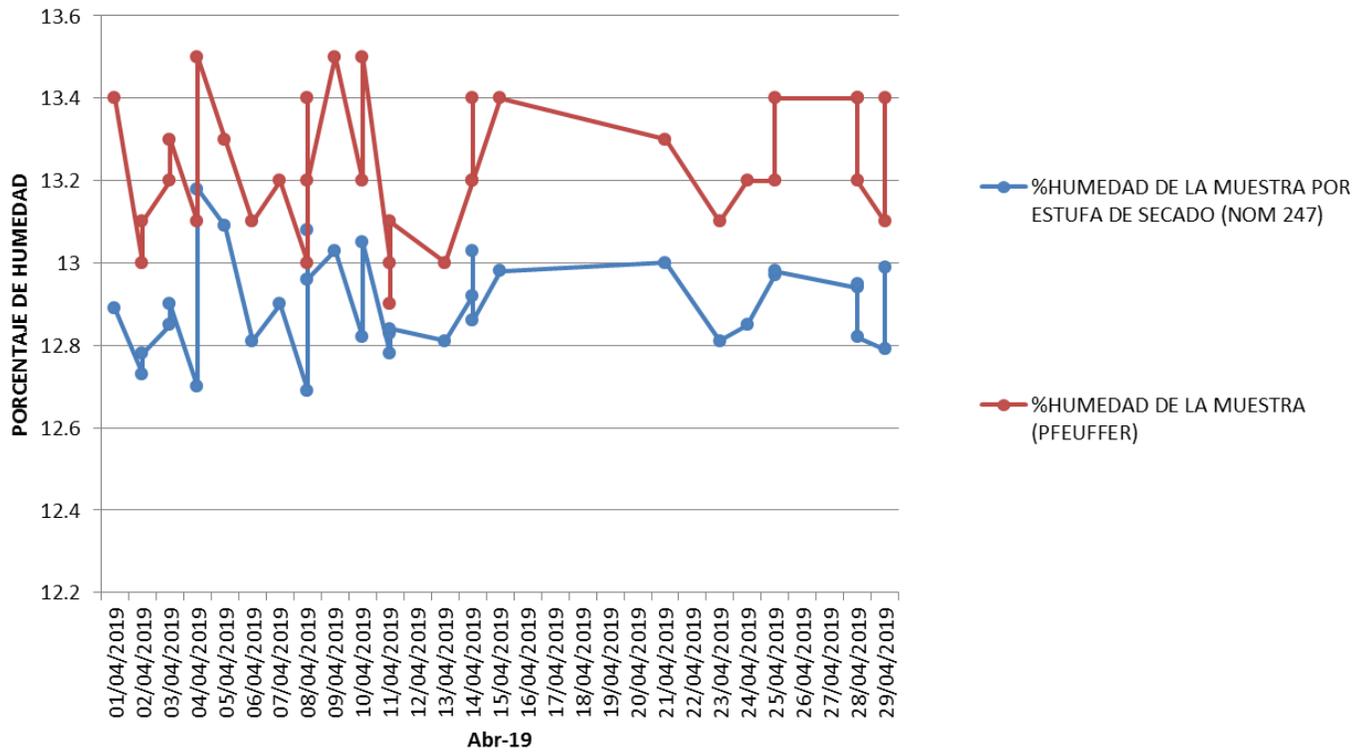


Figura 14. Grafica del comportamiento de porcentaje de humedad cuantificada por el método de secado en estufa y el método de secado rápido.

Tabla 20: Diferencia del porcentaje de humedad por secado en estufa y método rápido.

MUESTRA (LOTE / NOMBRE)		%HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER)	%HUMEDAD DE LA MUESTRA POR ESTUFA DE SECADO (NOM 247)	DIFERENCIA DE %HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER) Y % HUMEDAD (NOM 247)
01/04/2019	T3	13.4	12.89	0.51
02/04/2019	T3	13.0	12.73	0.27
02/04/2019	T2	13.1	12.78	0.32
03/04/2019	T2	13.2	12.85	0.35
03/04/2019	T3	13.3	12.90	0.40
04/04/2019	T1	13.1	12.70	0.40
04/04/2019	T3	13.5	13.18	0.32
05/04/2019	T3	13.3	13.09	0.21
06/04/2019	T3	13.1	12.81	0.29
07/04/2019	T3	13.2	12.90	0.30
08/04/2019	T3	13.0	12.69	0.31
08/04/2019	T2	13.4	13.08	0.32
08/04/2019	T2	13.2	12.96	0.24
09/04/2019	T2	13.5	13.03	0.47
10/04/2019	T1	13.2	12.82	0.38
10/04/2019	T2	13.5	13.05	0.45
11/04/2019	T3	13.0	12.78	0.22
11/04/2019	T1	12.9	12.83	0.07
11/04/2019	T2	13.1	12.84	0.26
13/04/2019	T3	13.0	12.81	0.19
14/04/2019	T1	13.2	12.92	0.28
14/04/2019	T2	13.4	13.03	0.37
14/04/2019	T3	13.2	12.86	0.34
15/04/2019	T3	13.4	12.98	0.42
21/04/2019	T2	13.3	13.00	0.30
23/04/2019	T1	13.1	12.81	0.29
24/04/2019	T3	13.2	12.85	0.35
25/04/2019	T2	13.2	12.97	0.23
25/04/2019	T3	13.4	12.98	0.42
28/04/2019	T1	13.4	12.94	0.46
28/04/2019	T2	13.4	12.95	0.45
28/04/2019	T3	13.2	12.82	0.38
29/04/2019	T1	13.1	12.79	0.31
29/04/2019	T2	13.4	12.99	0.41

Tabla 21. Parámetros estadísticos para el muestreo de humedad en galletas, por el método de secado en estufa y el método rápido durante el mes de Abril.

Promedio	13.23	12.90	0.33
Media	13.23	12.90	0.32
Mediana	13.20	12.89	0.32
Moda	13.20	12.81	0.32
Desviación estándar	0.16	0.12	0.09
Rango	0.60	0.49	0.44
Mínimo	12.90	12.69	0.07
Máximo	13.50	13.18	0.51
Suma	449.90	438.61	11.29
Cuenta	34	34	34
coeficiente de correlación	0.83		

Tabla 22: Comparación de los parámetros estadísticos de los diferentes meses

	FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	%HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER)	%HUMEDAD DE LA MUESTRA POR ESTUFA DE SECADO (NOM 247)	DIFERENCIA DE %HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER) Y % HUMEDAD (NOM 247)	%HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER)	%HUMEDAD DE LA MUESTRA POR ESTUFA DE SECADO (NOM 247)	DIFERENCIA DE %HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER) Y % HUMEDAD (NOM 247)	%HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER)	%HUMEDAD DE LA MUESTRA POR ESTUFA DE SECADO (NOM 247)	DIFERENCIA DE %HUMEDAD DE LA MUESTRA (PFEUFFER) Y % HUMEDAD (NOM 247)
Promedio	13.19	12.88	0.31	13.17	12.89	0.29	13.23	12.90	0.33
Media	13.19	12.88	0.29	13.17	12.89	0.27	13.23	12.90	0.32
Mediana	13.25	12.93	0.31	13.2	12.85	0.26	13.20	12.90	0.32
Moda	13.4	12.81	0.21	13.2	12.99	0.2	13.20	12.81	0.32
Desviación estándar	0.22	0.16	0.10	0.17	0.12	0.10	0.16	0.12	0.09
Rango	0.70	0.58	0.42	0.60	0.56	0.29	0.60	0.49	0.44
Mínimo	12.80	12.61	0.17	12.90	12.69	0.16	12.90	12.69	0.07
Máximo	13.50	13.19	0.59	13.50	13.25	0.45	13.50	13.18	0.51
Suma	290.2	283.44	6.76	355.7	347.94	7.76	449.90	438.61	11.29
Cuenta	22	22	22	27	27	27	34.00	34.00	34.00
coeficiente de correlación	0.90			0.80			0.83		

Los resultados obtenidos en este proyecto, nos muestran las diferentes humedades obtenidas de los meses, Febrero, Marzo y Abril. Por los dos métodos diferentes, por estufa de secado y método rápido. Los cuales están divididos por meses y por método para poder hacer una mejor comparación.

Debido a los índices de correlación (tabla 22) con valores de 0.80 a 0.90, existe una correlación positiva alta, como lo es este caso. Esto quiere decir que existe estrecha relación entre ambos métodos, que se asemejan en cuanto a los valores, de los cuales hay muy poca variación y los dos están dentro del rango. La variación que hay entre ambos métodos es de 0.3% la cual es mínima.

De acuerdo a la desviación estándar podemos corroborar que la variación entre ambos métodos es mínima que va desde 0.12 a 0.22. En el método rápido tenemos que el mes de febrero tiene una desviación estándar de 0.22, marzo 0.17 y abril 0.16. En el método por secado en estufa tenemos que el mes de febrero tiene una desviación estándar de 0.16, marzo 0.12 y abril 0.12. Entonces respecto a la desviación estándar tenemos que el método más efectivo es por estufa de secado, la cual tiene menos variación. Debido a que los valores entre un método y otro se traslapan numéricamente en los meses evaluados, no hay diferencia significativa, por lo que ambos métodos son confiables en la determinación de la humedad en la harina.

Con base a la literatura revisada para la elaboración del proyecto se menciona los límites permisibles para la humedad en harinas. Cabe mencionar que la harina trabajada, en este caso es harina para galletas cumple con la humedad establecida por la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos.

Por consiguiente y respecto a lo mencionado anteriormente, en la tabla 22 se muestran la diferencia entre ambos métodos de acuerdo a cada mes. En los cuales se puede observar que no hay diferencia significativa, ya que el rango va de 0.29 a 0.44. Esto quiere decir que ambos métodos son confiables.

Cabe mencionar que de acuerdo a la humedad de la muestra obtenida por método de estufa de secado, el cual se trabaja por duplicado, en ocasiones hay más

variación entre una muestra y otra. En el cual pueden influir varios factores como son: el pesado, el clima, el tiempo de la muestra en la estufa, la colocación de la tapa a la charola, así como también el tiempo que se le da para que la muestra enfrié de lo contrario afecta en los resultados.

Es importante señalar que de acuerdo al método rápido también depende como se utiliza el equipo y de la cantidad de muestra que a este se le aplique, de lo contrario también influye en los resultados. Cabe recalcar que para monitorear las diferentes muestras es necesario que se encargue solo una persona, desde el comienzo hasta el término.

9. CONCLUSIÓN

De acuerdo a la evaluación realizada se determinó que la diferencia entre el método por secado en estufa y el método rápido es mínima. Por lo tanto no hay diferencia significativa y ambos métodos son confiables.

Por otra parte al inicio del proyecto, se realizó previamente una capacitación, para el conocimiento y el manejo de los equipos a utilizar en dicho laboratorio. Con el fin de tener un buen manejo sobre el proceso.

Cabe destacar que, para la evaluación de ambos métodos solamente se trabajó con una harina es específico, la cual es harina para galletas como se mencionó al inicio. La cual se analizó, los diferentes lotes y turnos de la misma, para recabar lo mayor cantidad de resultados posibles y así poder realizar una mejor comparación.

Al término del análisis de ambos métodos se prosiguió al análisis de los resultados de los métodos mencionados. Para este caso se utilizó el Excel como método estadístico, del cual se pudo determinar la diferencia significativa de los métodos.

La calidad del producto es muy importante, de tal manera este debe de estar monitoreándose y analizando muy de cerca para que el consumidor quede satisfecho al consumirlo. En este caso lo que realmente importaba saber, es la diferencia de humedad entre uno y otro método. Lo cual se llevó acabo con los análisis correspondientes y fue así como se concluyó que no hay diferencia significativa.

Por lo tanto los objetivos planteados al inicio se cumplieron satisfactoriamente. Se logró determinar la diferencia de humedad entre los métodos de las harinas utilizando un método estadístico para su comprobación.

10. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Durante la realización y evaluación del proyecto se enfrentan con diferentes dificultades al inicio del mismo. Los cuales se van resolviendo y mejorando durante la estancia, lo cual es uno de los principales retos. De igual manera se obtienen competencias a desarrollar. En el caso de este proyecto se obtuvieron las siguientes:

- Adaptabilidad en la empresa, permanecer eficaz en el medio, así como enfrentarse con nuevos retos, tareas y personas.
- Análisis de problemas, poder identificar un problema no es fácil. Sin embargo una vez adaptándose y conociendo la información relevante y las posibles causas del mismo es una tarea fácil.
- Compromiso, es muy importante establecer un compromiso en la empresa, lo cual es un esfuerzo extra, aunque no siempre en beneficio propio.
- Tolerancia al estrés, trabajar en una empresa dedicada a los alimentos y encarga de la calidad del mismo, es un trabajo al cual se le dedica mucho tiempo y esfuerzo. Sin embargo es necesario mantener siempre firme el carácter ante la acumulación de tareas o responsabilidades.
- Trabajo en equipo, independientemente de los intereses personales, es necesario poder trabajar el equipo, para obtener un beneficio entre ambas partes, siendo este un buen resultado para todos.

11. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Alberione E. *Calidad Fisicoquímica del grano de 20 genotipos de Triticale y 3 de Trigo, en 6 Localidades del Valle de Toluca*. Tesis de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista Universidad Autónoma del Estado de México. Cerrillo Piedras Blancas, Toluca. 2010.
2. Cand R. C. *Hechos y características del trigo*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, Texcoco. 2009.
3. Caviglia O.P. *Evaluación de la Calidad de Harina de Trigo (Triticum vulgare) para la industria de panificación*. Tesis de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Industrial. Universidad Autónoma del Estado de México. Cerrillo Piedras Blancas, Estado de México. 2007.
4. Giovanni Quaglia. *Ciencia y Tecnología de la Panificación* (2ª edición). Acribia. España. 2004.
5. Gómez D. 2007. *De tales panes, tales harinas: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. Hugo Báez.
6. Günter Vollmer, Gunter Josst, Dieter Schenker, Wolfgang Sturm y Norbert Vreden. *Elementos de Bromatología Descriptiva* (2ª edición). Acribia. España. 2006).
7. Hanson Borlaug y Anderson. *Calidad industrial del trigo: interacción genotipo x ambiente*. Actas del VI Congreso Nacional de trigo. Bahía Blanca, Argentina. 2004.
8. Hosney, R. C. *Interacción genotipo por ambiente sobre caracteres de calidad comercial e industrial en trigo pan (Triticum aestivum L.)*. Tesis de Maestría. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 2016.
9. Ian McFarlane. *La Automatización de la Fabricación de Alimentos y Bebidas* (1ª edición). A. Madrid Vicente Ediciones. España. 2001.
10. John Scade. *Cereales* (1ª edición). Acribia. España. 2002.
11. Limusa Wiley. *Química de los Alimentos Manual de Laboratorio* (1ª edición). Acribia. Mexico. 2005.

12. Mondragón, S, L. *Parámetros de estabilidad para evaluar trigo cristalino en el Estado de México*. Tesis de licenciatura de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista Universidad Autónoma del Estado de México. 2006.
13. N. L. Kent. *Tecnología de los cereales* (2ª edición). Acribia. España. 2003.
14. Norman N. Potter y Joseph H. Hotchkiss. *Ciencia de los Alimentos* (5ª edición). Acribia. España. 2007.
15. R. L. Earle. *Ingeniería de los Alimentos* (1ª edición). Acribia. España. 2001.
16. Reinhard Matissek, Frank-M. Schnepel y Gabriele Steiner. *Análisis de los Alimentos* (2ª edición). Acribia. España. 2004.
17. Rodríguez A. J. A. *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*. Ed. Acribia. 2014.
18. Sagarpa: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Agropecuaria. *Alimento para Humanos, Harina de Trigo*. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. 2010.
19. Salvador Badui Dergal. *Química de los Alimentos* (5ª edición). Pearson. Mexico. 2013.
20. Secofi: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. *Avance genético en parámetros de calidad panadera en trigo (*Triticum aestivum* L.) combinando mejoramiento convencional y selección asistida por marcadores moleculares en poblaciones segregantes*. Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile. 2011
21. Sergio R. Othón Serna Saldivar. *Química Almacenamiento e Industrialización de los Cereales* (2ª edición). AGT Editor. México. 2009.
22. Slafer, G.A. y Calderini D. F. *Herramientas fisiológicas para el mejoramiento de rendimiento en trigo. Seminario Internacional sobre Estrategias y Metodologías Utilizadas en el Mejoramiento de Trigo*. D.F. 2009.
23. Stanley P. Cauvain y Linda S. Young. *Fabricación de Pan* (1ª edición). Acribia. España. 2002.
24. Surco A. J. C. y Alvarado A. J. A. *Harinas Compuestas de Sorgo Trigo para Panificación*. México. Revista Boliviana de Química. 2010.

- 25.** Villaseñor M. H. E. *Calidad industrial de trigos harineros mexicanos para temporal. I. Comparación de variedades y causas de la variación.* Revista Fitotecnia Mexicana. 2008
- 26.** Youden M. y Steiner I. *Productos de Panadería, Ciencia, Tecnología y Práctica* (2ª edición). España. Acribia. 2007.