



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Ingeniería Bioquímica

Especialidad en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

**“ESTABLECER EL FACTOR DIFERENCIAL DEL EQUIPO PFEUFFER PARA
CADA LÍNEA DE PRODUCCIÓN CON DIFERENTES VARIABLES EN LA
PLANTA LA ITALIANA S. A DE C. V. EN IRAPUATO”**

Residente

Alejandra Elizabeth Roman Alcocer

Asesor

I.B.Q. Margarita Marcelin Madrigal

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Diciembre 2016

INDICE

Capítulo 1.	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 MARCO TEORICO.....	6
1.4.1 PASTAS ALIMENTICIAS.....	6
1.4.2 HUMEDAD.....	8
1.4.2.1 Humedad en los alimentos.....	10
1.4.3 DISTRIBUCION Y CONTENIDO DE AGUA EN LOS ALIMENTOS.....	16
1.4.4 ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS.....	22
1.4.5 MOLIENDA.....	23
1.4.6 TAMIZADO.....	26
Capítulo 2..	28
5. PROBLEMAS A RESOLVER.....	29
Capítulo 3.	30
6. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS.....	31
6.1 Recolección de muestras.....	31
6.2 Trituración de muestras.....	31
6.3 Determinación de humedad en base a la norma NOM-247-ssa1-2008.....	32
6.4 Determinación de humedad con el equipo Pfeuffer.....	32
6.5 Análisis granulométrico.....	33
6.6 Determinación del factor diferencial.....	33
Capítulo 4.	34
7. RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
7.1 Determinación por el método por norma NOM-247-SSA1-2008 el porcentaje de humedad absoluta de las pastas y variación de los porcentajes de humedad con diferentes variables.....	35
7.2 Determinación del porcentaje de humedad, empleando en equipo Pfeuffer.....	39
7.3 Comparación de los resultados de humedad obtenidos con los dos métodos.....	41
7.4. Determinación del factor diferencial del equipo Pfeuffer sobre el método en base a la norma oficial NOM-247-SSA1-2008.....	42

Capítulo 5.	45
8. CONCLUSIONES.....	46
9. RECOMENDACIONES.....	47
Capítulo 6.	48
10. COMPETENCIAS ADQUIRIDAS.....	49
Capítulo 7.	50
11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	51
12. ANEXOS.....	52

Capítulo 1.

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los principales componentes en la mayoría de los alimentos cuando no han sufrido ninguna alteración, encontrados en su estado natural; mientras que en los alimentos procesados el contenido de agua se reduce para prolongar su conservación, impidiendo el desarrollo de microorganismos y otras reacciones de deterioro químicas o enzimáticas, así como mantener su textura y consistencia. De forma general, se puede afirmar que un alimento cuanto mayor porcentaje de agua tenga en su composición más susceptible es al deterioro.

El contenido de agua de un alimento está determinado por la relación entre el contenido de humedad del producto y la humedad relativa del aire que lo rodea. En las industrias alimenticias se determina constantemente y se establecen especificaciones y límites máximos que señalan el porcentaje de humedad que se debe cumplir respecto a la normatividad vigente.

La determinación de la humedad puede ser determinada con cualquier método que proporcione buena repetibilidad con resultados comparables, siempre que ese mismo procedimiento se siga estrictamente en cada ocasión.

En el Grupo Industrial La Italiana S. A. de C. V. industria productora de pastas alimenticias producen grandes cantidades de pastas para satisfacer la demanda de sus consumidores, ofreciendo productos inocuos con un alto índice de calidad, además de conservarse a temperatura ambiente durante un largo tiempo, teniendo una vida de anaquel de hasta tres años; manteniéndose así competitivos en el mercado nacional e internacional.

En la producción industrial de la pasta muchos parámetros contribuyen para dar una buena calidad al producto. Generalmente la buena calidad de una pasta alimenticia está dada por su superficie suave y sin fisuras, diámetro y color uniforme, mantener su forma después de la cocción, con textura firme (Al dente) y no presentar pegajosidad.

Uno de los principales factores que contribuyen al buen aseguramiento de la calidad está dado por el control de humedad en su procesamiento y en el producto terminado.

Por lo que transforma una mezcla de materias primas con un porcentaje de 30-32% de humedad a un producto con 12-14% de humedad para prolongar su tiempo de conservación, impidiendo el deterioro físico, químico y microbiológico.

En esta empresa se evalúa el porcentaje de humedad siguiendo el método especificado en la norma oficial NOM-247-SSA1-2008, siendo un procedimiento largo abarcando varias horas, y un segundo método de determinación empleando un instrumento de medición llamado Equipo Pfeuffer, otorgando un resultado de humedad en segundos.

Ya que la humedad puede ser uno de los más importantes análisis en los alimentos, y al mismo tiempo uno de los más difíciles al proporcionar resultados exactos y precisos, se evaluó la eficiencia de cada uno de los métodos mediante análisis estadísticos como ANOVA y Prueba T, para comprobar si existen diferencias significativas con la aplicación de estos métodos.

Para determinar dichas diferencias también se evaluó la influencia de factores como la molienda que proporcionaron los Molinos del área de Producción y Calidad, con muestras de lote testigo y de línea de producción.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente La Italiana S.A. de C.V. determina el porcentaje de humedad con dos métodos distintos, lo cual implica que se tengan valores de humedad con un rango de mayor o menor precisión. Uno de los métodos que se emplean para medir el porcentaje de humedad es en base a la metodología descrita en la norma oficial NOM-247-SSA1-2008. Sin embargo, este método por lo general requiere alrededor de 3 horas para conseguir el resultado de esta determinación.

En la industria alimentaria es necesaria la utilización de métodos rápidos para la determinación de humedad, de tal forma que se obtengan resultados eficientes procurando reducir el tiempo en el que se obtendrá el valor del contenido de humedad, empleando acciones de inmediato si el producto terminado contiene un alto porcentaje de humedad; propiciando el desarrollo de microorganismos, mala estabilidad, poca resistencia a la sobrecocción y apelmazamiento, o por lo contrario, bajo porcentaje de humedad absoluta en la que se requerirá de más contenido en masa para cumplir con las cantidades de peso especificadas en las presentaciones de envase de estas pastas, provocando mayor consumo de materia prima y energía, tiempos de producción y suministros para su elaboración originando pérdidas económicas de hasta medio millón de pesos anualmente.

De manera que cuentan con un segundo método, utilizando un aparato como instrumento de medición de humedad, llamado Pfeuffer. Con este equipo el porcentaje de humedad se obtiene aproximadamente en 5 segundos ya que no requiere de mucha manipulación.

Actualmente, el método para determinar la humedad por medio del equipo Pfeuffer, no tiene un protocolo definido, lo cual implica que se trabaje con menor o mayor precisión. Por lo tanto, es necesario comparar el método de determinación de humedad estandarizado y el método por el analizador de humedad mediante el equipo Pfeuffer, para aumentar la eficiencia del resultado de humedad y tener mejor control en la calidad del producto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar los métodos empleados para la determinación de humedad (método de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008 y equipo Pfeuffer), aplicados a productos de pasta alimenticia tipo Spaghetti.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar por el método oficial NOM-247-SSA1-2008 el porcentaje de humedad absoluta de las pastas
2. Evaluar la variación de los porcentajes de humedad con diferentes variables.
3. Determinar el porcentaje de humedad de las pastas, utilizando el equipo Pfeuffer.
4. Comparar y evaluar los resultados de humedad obtenidos entre los dos métodos.
5. Establecer el factor diferencial del equipo Pfeuffer que no represente una diferencia significativa, con el método de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008.

1.4 MARCO TEORICO

1.4.1 PASTAS ALIMENTICIAS

1.4.1.1 Definición

La pasta es uno de los alimentos más consumidos y mejor aceptados en el mundo debido a su tiempo de vida útil, aporte nutricional y bajo costo de comercialización, así como diferentes estilos para preparar las pastas.

El termino general para describir a una pasta alimenticia se define como el producto obtenido mediante el proceso de secado de una masa no fermentada, formada por sémolas, semolinas o harinas que proceden del trigo durum (*Triticum durum*) o trigo suave (*Triticum aestivum*) y agua potable (Gil, 2010).

Sin embargo, las pastas que pueden calificarse de mejor calidad son las elaboradas a base de sémola de trigo duro y agua como las producidas por el Grupo Industrial La Italiana.

Por otro lado, existen pastas a las que se le incorporan aditivos opcionales para aumentar su color, consistencia y valor nutritivo como: gluten, soya, huevos, leche, verduras y hortalizas desecadas o conservadas y suplementos de vitaminas y minerales (Gil, 2010). Con el propósito de conseguir una amplia variedad de tipos de pastas clasificados de la siguiente manera.

1.4.1.2 Clasificación de las pastas alimenticias producidas en la italiana.

Debido a la incorporación de diversos tipos de pastas en el mercado es conveniente señalar su clasificación, para situar las características en común y diferencias que se establecen en un conjunto específico de pastas.

Las pastas alimenticias se dividen en dos grandes grupos, en pastas secas y frescas, de las que se derivan distintas clasificaciones en función a las materias primas que la constituyen, su aplicación y forma.

1. Pastas enriquecidas

Denominadas por la adición de suplementos de vitaminas y minerales que se perdieron durante el proceso de elaboración de la pasta, o la incorporación de verduras y/o hortalizas como el jitomate, las espinacas o acelgas todas ellas previamente desecadas.

2. Pastas fortificadas

A las pastas alimenticias que se le añaden aditivos que originalmente no contienen, como las proteínas (Marconi y Carcea, 2001), para aumentar de igual manera su aporte nutricional y otras características físicas; por ejemplo: la soja, leche, gluten y huevo que le aportara más color y más consistencia a la pasta.

3. Pastas dietéticas

Elaboradas con harina integral, cuya composición es salvado de trigo, sémola y agua.

4. Pastas con forma

Cada tipo de pasta ofrece diferentes sensaciones y texturas al paladar dependiendo de su grosor, composición o de si es lisa o estriada; satisfaciendo las exigencias de los consumidores. (Pagani et al., 2007)

Por esta razón, las pastas alimenticias pueden clasificarse en función a sus diferentes formas con las que pueden ser elaboradas.

Así pues, podemos dividirlos generalmente en distintos grupos, con respecto a los formatos de pastas producidos en el Grupo Industrial La Italiana.

a) Fideos

Los fideos son un tipo de pasta con forma de cuerdas finas. Una de las pastas favoritas de los mexicanos. Pueden ser frescas o secas y se elaboran con sémola de trigo duro y agua.

b) Menudas

Son un tipo de pasta de muy diámetro pequeño con forma especial con o sin fibra.

c) Largas

Son pastas con forma de fideos largos o cintas largas que incluyen diferentes variedades (Gil, 2010).

El Spaghetti es un tipo de pasta larga, el grosor del spaghetti suele cambiar y por lo tanto se les denomina de forma diferente, entre spaghetтини, spaghetti o spaghettoni, de más finos a más gruesos. De entre medio milímetro y dos milímetros aproximadamente. La pasta es la misma pero la experiencia del tacto e incluso las elaboraciones que se hacen con ellas cambian.

En cuanto al largo, los espaguetis originales, que todavía pueden comprarse en algunos sitios, son de 50 cm, pero al hacerse más complicada su elaboración y distribución se ha reducido su tamaño hasta unos 25 cm de largo.

d) Fantasía

Son pastas de cortas, pueden ser lisas con textura suave o estriadas.

e) Huecas

Son pastas cortas, al igual que las pastas de fantasía, estas pueden ser lisas o con estrías paralelas, con o sin fibra, en forma de surcos, codos, espiral entre otras.

1.4.2 HUMEDAD

La humedad puede existir en diferentes tipos, dependiendo específicamente de lo que se requiere determinar.

- *Humedad absoluta (Y)*

Es una mezcla aire-agua, la humedad absoluta se define como la masa de vapor de agua por unidad de masa de aire seco. Esta definición solo depende de la presión parcial (P_A) del vapor de agua en el aire y la presión total (P). si (A) es agua y (B) aire y M_A y M_B sus pesos moleculares respectivamente:

$$Y = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de aire seco}} = \frac{M_A (P_A)}{M_B (P - P_A)}$$

- *Humedad de saturación (Ys)*

Aire saturado es aquel en el cual el vapor de agua está en equilibrio con el agua líquida en las condiciones prevaletientes de presión y temperatura. En esta mezcla la presión parcial de vapor del agua en la mezcla aire-agua es igual a la presión de vapor (P_{vA}) del agua para la temperatura establecida. Por consiguiente, la humedad de saturación es:

$$Y_s = \frac{M_A (P_{vA})}{M_B (P - P_{vA})}$$

- *Porcentaje de humedad*

Es la relación de la humedad real (Y) del aire y la humedad (Y_s) que tendría el aire si estuviera saturado en las mismas condiciones de presión y temperatura.

$$H_p = \frac{Y}{Y_s} \times 100$$

- Humedad relativa

La cantidad de saturación de una mezcla de aire-vapor de agua también puede expresarse como la relación de la presión parcial a la presión de vapor del agua, a la misma temperatura

$$Hr = \frac{P_A}{P_{VA}} \times 100$$

1.4.2.1 Humedad en los alimentos

La determinación del contenido de humedad de los alimentos es una de las más importantes y ampliamente usadas en el proceso y control de los alimentos ya que indica la cantidad de agua involucrada en la composición de los mismos. El contenido de humedad se expresa generalmente como porcentaje.

La determinación de humedad se realiza en la mayoría de los alimentos por la determinación de la pérdida de masa que sufre un alimento cuando se somete a una combinación tiempo – temperatura adecuada. El residuo que se obtiene se conoce como sólidos totales o materia seca.

Existen varias razones por las cuales, la mayoría de las industrias de alimentos determinan la humedad, las principales son las siguientes:

- El comprador de materias primas no desea adquirir agua en exceso.
- El agua, si está presente por encima de ciertos niveles, facilita el desarrollo de los microorganismos.

- Para la mantequilla, margarina, leche desecada y queso está señalado el máximo legal.
- Los materiales pulverulentos se aglomeran en presencia de agua, por ejemplo, azúcar y sal.
- La humedad de trigo debe ajustarse adecuadamente para facilitar la molienda.
- La cantidad de agua presente puede afectar la textura.
- La determinación del contenido en agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos.

Los métodos pueden ser clasificados como por secado, destilación, por métodos químicos e instrumentales (Sissons, 2004)

1.4.2.1 Utilidad de la determinación

Conocer la composición del alimento y su relación con el peso seco. (H de C). Permite conocer las posibilidades de deterioro junto con al Aw. Es útil en el caso de materiales que deben someterse a molienda.

En algunos alimentos existe un límite legal. Es un modo sencillo de controlar etapas de elaboración.

- Causas de error
 - a) eliminación incompleta del agua
 - b) descomposición de azúcares por la
 - c) temperatura inadecuada
 - d) oxidación de aceites
 - e) eliminación de otros principios volátiles

1.4.2.2 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 lo siguiente:

- Algunas veces es difícil eliminar por secado toda la humedad presente
- A cierta temperatura el alimento es susceptible de descomponerse, con lo que se volatilizan otras sustancias además de agua
- También pueden perderse otras materias volátiles aparte de agua. (Pearson, 1993)

a) Comparación entre métodos para determinar humedad

1. Secado en 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. (Nollet, 1996).

1.1. Aspectos importantes de la determinación de humedad en estufa.

- 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.

- Los métodos de deshidratación en estufa son inadecuados para productos, como las especias, ricas en sustancias volátiles distintas del agua.
- 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.
- 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.
- Muchos productos son, tras su deshidratación, bastante higroscópicos; es reciso 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.
- 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. (Hart, 1991)

Ventajas:

- Es un convencional
- Es conveniente
- Es rápido u preciso
- Se pueden acomodar varias muestras
- Se llega rápidamente a la temperatura deseada

Desventajas

- La temperatura va fluctuar debido al tamaño de la partícula, peso de la muestra, posición de la muestra en el horno
- Es difícil remover el agua ligada
- Perdida de sustancias volátiles durante el secado
- Descomposición de la muestra

2. *Secado en estufa de vacío*

Ventajas:

- Se calienta a baja temperatura
- Se previene la descomposición de la muestra
- Es bueno para compuestos volátiles orgánicos
- Calentamiento y evaporación constante y uniforme

Desventajas:

- La eficiencia es baja para alimentos con alta humedad
- No se pueden analizar tanta muestra como en la estufa convencional

3. Destilación azeotrópica

Ventajas:

- Determina el agua directamente y no por pérdida de peso
- El dispositivo es sencillo de manejar
- Es más preciso que el secado en estufa
- Toma poco tiempo
- Se previene la oxidación de la muestra
- No se afecta la humedad ambiente (Nollet, 1996).

Desventajas:

- Baja precisión del dispositivo para medir
- Los disolventes inmiscibles como tolueno son inflamables
- Se puede registrar alto residuo debido a la destilación de componentes solubles en agua, como glicerol y alcohol
- Cualquier impureza puede generar resultados erróneos
- La precisión en la determinación del volumen es limitada

4. Secado en termobalanza

Ventajas:

- Es un método semiautomático y automático
- La muestra no es removida por lo tanto el error de pesada es mínimo
- El tamaño de la muestra es pequeño

Desventajas:

- Es excelente para la investigación, pero no es práctico.

5. Método de Karl Fischer

Ventajas:

- Es un método estándar para ensayos de humedad
- Precisión y exactitud más altos que otros métodos
- Es útil para determinar agua en grasa y aceites previniendo que la muestra se oxide
- Una vez que el dispositivo se monta la determinación toma pocos minutos

Desventajas

- Los reactivos deben ser RA para preparar el reactivo de Fischer
- El punto de equivalencia de titulación puede ser difícil de determinar
- El reactivo de Fischer es inestable y debe estandarizarse in situ
- El dispositivo de la titulación debe protegerse de la humedad atmosférica debido a la excesiva sensibilidad del reactivo a la humedad (Nollet, 1996).

1.4.3 DISTRIBUCION Y CONTENIDO DE AGUA EN LOS ALIMENTOS

En muchas ocasiones al agua no se le considera como un nutrimento, como sucede con los hidratos de carbono, las proteínas y los lípidos, ya que su molécula no sufre cambios químicos durante su aprovechamiento metabólico. Sin embargo, es un hecho que, sin esta molécula, ni las enzimas ni los ácidos nucleicos responsables de la actividad biológica de toda la célula no podrían llevar a cabo su vital función.

Es tan importante, que la vida en nuestro planeta se origina en el agua, además de ser sino el principal, uno de los constituyentes fundamentales en los alimentos. Su importancia radica en que sirve de vehículo para sustancias reaccionantes como los sistemas enzima-sustrato, además de ser clave en el desarrollo de los microorganismos, principales agentes de deterioro de los alimentos (Badui, 2006).

La disminución del agua presente en un alimento ha sido una estrategia utilizada desde la antigüedad para conservar la calidad durante los periodos de almacenamiento.

Las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas interaccionan de formas diferentes con el agua; mientras que los dos primeros la retienen por puentes de hidrogeno y las grasas la rechazan, lo que provoca que el agua no este uniformemente distribuida. Esta situación de heterogeneidad se presenta en productos procesados debido a que sus componentes se encuentran en distintas formas de dispersión.

En general, el contenido de agua de un alimento se refiere, a toda el agua de manera global que puede contener un producto. No obstante, existen diferentes estados energéticos en los que se encuentra el agua, es decir, no toda el agua de un producto tiene las mismas propiedades fisicoquímicas.

Así pues, valorando dichas consideraciones se ha conducido a emplearse términos como agua ligada y agua libre, para hacer referencia a la forma y al estado energético que dicho líquido guarda en un alimento.

1.4.3.1 Agua libre y agua ligada

Se considera que el agua ligada es aquella porción que no congela a -20°C , por lo que también se le llama agua no congelable; su determinación se puede efectuar mediante el análisis térmico-diferencial, por resonancia magnética nuclear, etcétera. Por otra parte, el agua libre, también llamada agua congelable y agua capilar, es la que se volatiliza fácilmente, se pierde en el calentamiento, se congela primero y es la principal responsable de la actividad del agua.

Más que disminuir la cantidad total de agua en un alimento, el objetivo de los procesos de deshidratación es disminuir la actividad acuosa (a_w), la cual es una medida de la disponibilidad del agua para las reacciones químicas y bioquímicas, y para el desarrollo de los microorganismos.

El agua libre sería la única disponible para el crecimiento de microorganismos o para intervenir en las transformaciones hidrolíticas, químicas, enzimáticas, etc., puesto que el agua ligada está unida a la superficie sólidas y no puede intervenir en estos procesos.

En el agua libre se encuentra en macrocapilares y forma parte de las soluciones que disuelven las sustancias de bajo peso molecular, es la más abundante, fácil de congelar y evaporar, y su eliminación reduce la actividad del agua a 0.8.

El agua ligada se localiza en diferentes capas más estructuradas y en microcapilares; es más difícil de quitar que la anterior, pero al lograrlo se obtienen valores de la actividad del agua de aproximadamente 0.25. Esta fracción correspondería, junto con la monocapa, al agua "ligada".

Por último, existe otro tipo de agua que equivale a la capa monomolecular y es la más difícil de eliminar en los procesos comerciales de secado; en algunos casos se puede reducir parcialmente en la deshidratación, pero esto no es recomendable, ya que, además de que se requiere mucha energía y se daña el alimento, su presencia ejerce un efecto protector, sobre todo contra las reacciones de oxidación de lípidos, porque actúa como barrera del oxígeno (Badui, 2006).

Los microorganismos necesitan la presencia de agua, en una forma disponible, para crecer y llevar a cabo sus funciones metabólicas. La mejor forma de medir la disponibilidad de agua es mediante la actividad de agua (a_w). Sólo esta fracción de agua es capaz de propiciar estos cambios y es aquella que tiene movilidad o disponibilidad.

Con base en este valor empírico que se puede predecir la estabilidad y la vida útil de un producto, y no con su contenido de agua; refleja el grado de interacción con los demás constituyentes, además de que se relaciona con la formulación, el control de los procesos de deshidratación y rehidratación, la migración de la humedad en el almacenamiento y muchos otros factores.

Si se considera una solución ideal, de las que no existen muchas en alimentos, con solutos en muy reducida concentración, este término puede expresarse de la siguiente manera:

$$a_a = \frac{f}{f^\circ} = \frac{P}{P_o} = \frac{HR}{100} = \frac{M_a}{M_a + M_s}$$

donde:

f : fugacidad del disolvente de la solución

f° : fugacidad del disolvente puro

HR: humedad relativa

p : presión de vapor del agua del alimento

P_o : presión de vapor del agua pura

M_s : moles de soluto (g/pm)

M_a : moles de agua (g/18)

P/P_o : presión de vapor relativa

Termodinámicamente, la fugacidad es una medida de la tendencia de un líquido a escaparse de una solución; en virtud de que el vapor de agua se comporta aproximadamente como un gas ideal, se puede emplear la presión de vapor en lugar de la fugacidad. Es decir, en forma ideal, la a_a es directamente proporcional a la presión de vapor relativa según la ecuación anterior.

Sin embargo, los alimentos, con sus múltiples constituyentes e interacciones con el agua, no se comportan como tal y se desvían de estas consideraciones, de tal forma que la a_w es aproximadamente proporcional a la presión de vapor relativa (Badui, 2006).

Por esta razón, se ha sugerido usar la presión de vapor relativa como medida más exacta, en lugar de la a_w .

A pesar de esto, y al igual que el pH, la a_w se sigue empleando por sus beneficios prácticos, por la facilidad de su medición y por el bajo costo de los equipos requeridos.

Por tal motivo, la Secretaría de Salud de México (SSA), la FDA de Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea, la usan para categorizar la seguridad de los alimentos. En los estudios de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP, de las siglas en inglés Hazard Analysis and Critical Control Points), generalmente se le considera como un punto crítico.

1.4.3.2 Actividad de agua y microorganismos

Los alimentos con baja a_w se conservan en óptimas condiciones durante períodos más largos de tiempo. Por el contrario, aquellos cuya actividad de agua es elevada están sometidos a contaminación microbiológica y su conservación es mucho más delicada. Por lo que, en alimentos más perecederos se utilizan técnicas de conservación como la evaporación, secado o liofilización para aumentar así su vida útil.

La actividad de agua es un parámetro que establece el inicio o final del crecimiento de muchos microorganismos. La mayoría de patógenos requieren una a_w por encima de 0.96 para poder multiplicarse.

Sin embargo, otros pueden existir en valores inferiores. Algunos hongos son capaces de crecer en valores inferiores a 0.6.

1.4.3.3 Clasificación de posibles microorganismos crecientes en diferentes A_w

Cuando un microorganismo se encuentra en un sustrato con una actividad de agua menor que la que necesita, su crecimiento se detiene. Esta detención del crecimiento no suele llevar asociada la muerte del microorganismo, sino que éste se mantiene en condiciones de resistencia durante un tiempo más o menos largo. En el caso de las esporas, la fase de resistencia puede ser considerada prácticamente ilimitada.

La gran mayoría de los microorganismos requiere unos valores de actividad del agua muy altos para poder crecer. Sin embargo, los valores mínimos de actividad para diferentes tipos de microorganismos son los siguientes:

- a) $a_w = 0.98$: Pueden crecer casi todos los microorganismos patógenos y dar lugar a alteraciones y toxiinfecciones alimentarias. Los alimentos más susceptibles son la carne o pescado fresco y frutas o verduras frescas, entre otros.
- b) $a_w = 0.93 - 0.98$: Hay poca diferencia con el anterior. En alimentos con esta a_w pueden formarse un gran número de microorganismos patógenos. Los alimentos más susceptibles son los embutidos fermentados o cocidos, quesos de corta maduración, carnes curadas enlatadas, productos cárnicos o pescado ligeramente salados o el pan, entre otros.
- c) $a_w = 0.85 - 0.93$: A medida que disminuye la a_w , también lo hace el número de patógenos que sobreviven. En este caso, como bacteria, solo crece *S. aureus*, que puede dar lugar a toxiinfección alimentaria. Sin embargo, los hongos aún pueden crecer. Como alimentos más destacados figuran los embutidos curados y madurados, el jamón serrano o la leche condensada.
- d) $a_w = 0.60 - 0.85$: Las bacterias ya no pueden crecer en este intervalo; si hay contaminación se debe a microorganismos muy resistentes a una baja actividad de agua, los denominados osmófilos o halófilos. Puede darse el caso en alimentos como los frutos secos, los cereales, mermeladas o quesos curados.

- e) $a_w < 0.60$: No hay crecimiento microbiano, pero sí puede haber microorganismos como residentes durante largos periodos de tiempo. Es el caso del chocolate, la miel, las galletas o los dulces.

1.4.4 ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS

Los diversos métodos de conservación se basan en el control de una o más de las variables que influyen en la estabilidad, es decir, actividad del agua, temperatura, pH, disponibilidad de nutrimentos y de reactivos, potencial de oxido-reducción, presión y presencia de conservadores. En este sentido, la a_w es de fundamental importancia, y con base en ella se puede conocer el comportamiento de un producto.

Mientras más alta sea la a_w y más se acerque a 1.0, que es la del agua pura, mayor será su inestabilidad. Por el contrario, los alimentos estables a temperatura ambiente (excepto los tratados térmicamente y comercialmente estériles, como los enlatados), son bajos en a_w , como sucede con los de humedad intermedia en los que el crecimiento microbiano es retardado.

El contenido de agua por sí solo no proporciona información sobre la estabilidad de un alimento y, por eso, productos con la misma humedad, presentan distintas vidas de anaquel; dicha estabilidad se predice mejor con la a_w .

La estabilidad de las vitaminas está influida por la a_w de los alimentos de baja humedad; las hidrosolubles se degradan poco a valores de 0.2-0.3, que equivale a la hidratación de la monocapa, y se ven más afectadas con el aumento de la a_w .

Por el contrario, en los productos muy secos no existe agua que actúe como filtro del oxígeno y la oxidación se produce fácilmente. La a_w influye en el oscurecimiento no enzimático aun cuando cada azúcar tiene un distinto poder reductor que afecta la velocidad de la reacción.

En general, la energía de activación y la temperatura requeridas se reducen a medida que aumenta la actividad del agua; la velocidad se acelera de 3 a 6, cuando la a_w pasa de 0.35 a 0.65 y hasta tres veces por cada 10°C de incremento.

Sin embargo, cuando se concentran los alimentos se abate la a_w , pero también se concentran los reactivos, lo que favorece la reacción por un mayor contacto; al reducir aún más el agua, se pierde movilidad de los reactivos y se inhibe la reacción y por eso, en alimentos muy concentrados con azúcares, es más factible la caramelización que las reacciones de Maillard.

Debido a la influencia del binomio a_w temperatura, en el secado es recomendable reducir la temperatura del aire al final del proceso para prevenir el oscurecimiento.

1.4.5 MOLIENDA

El objetivo principal de la molienda es reducir el tamaño de las partículas de una muestra sólida. Aunado a ello, el tamizado siendo un proceso mecánico de separación es una operación de suma importancia para determinar la eficiencia de dicha molienda, al reportarse en base a una medida de malla por la que pasan o quedan retenidas las partículas, porque sus orificios son de tamaño menor que el anterior. Teniendo así el perfil de distribución de las partículas en el tamizado de manera gráfica.

Estas partículas más bien, son fracciones de tamaño no especificado porque, aunque se conoce el límite superior e inferior de su tamaño, se desconoce su tamaño real. Como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula, solamente se agrupan las partículas por rangos de tamaño.

La reducción de tamaño causa un aumento del área y una reducción en la distancia donde la humedad debe viajar dentro de la partícula para alcanzar su superficie

1.4.5.1 Métodos de reducción

Los métodos de reducción más empleados en las máquinas de molienda son compresión, impacto, frotamiento de cizalla y cortado.

- Compresión: Reducir sólidos duros a tamaños menores, con presión arriba y abajo.
- Impacto: Romper por golpe, produce tamaños gruesos, medianos y finos.
- Frotación o cizalla: Produce partículas finas, puede ser con un serrucho.
- Cortado: Se realizan cortes con tamaños prefijados.

1.4.5.2 Clases de máquinas para molienda

- Molino de martillo

La reducción de tamaño de las partículas se consigue mediante el impacto entre los martillos en rotación, las partículas y un deflector montado en la cubierta del molino. Este molino también es adecuado para el secado y molienda criogénica (Micrón, 2013). El material puede ser alimentado por un alimentador de tornillo de velocidad variable, por alimentación neumática o alimentación por gravedad. Estos molinos son de alta eficiencia y están diseñados para la reducción del tamaño de productos blandos a semi-duros y están disponibles en varios tamaños ya que este molino está presente en todo tipo de empresa.

Ventajas

- a) Alta capacidad de producción, alta proporción de trituración
- b) Estructura simple y fácil de operar.
- c) Bajo costo de inversión, facilidad de operación (Balcázar Díaz y Guamba Díaz, 2009)

Desventajas

- a) La calidad de la molienda no es buena si los granos presentan humedad
- b) La molienda no es tan fina a comparación con otros equipos
- d) Pueden existir atascamientos entre la carcasa y los martillos si la separación entre los mismos no es la adecuada (Balcázar Díaz y Guamba Díaz, 2009)

- Molino de discos

El molino de discos emplea fuerzas de impacto y consiste en dos discos, lisos o dentados, que están enfrentados y giran con velocidades opuestas; el material a moler cae por gravedad entre ambos.

Este tipo de molinos ha ido evolucionando hacia el molino que hoy conocemos como molino de Rodillos. Los más utilizados en el ámbito industrial son: los de Bolas y Barras, y los de Rodillos (XSM, 2011). Esquemáticamente, los dos primeros mencionados pueden concebirse como un cilindro horizontal que gira alrededor de su eje longitudinal, conteniendo en su interior elementos moledores, los cuales se mueven libremente; el material a moler ingresa por un extremo del cilindro, es molido por fricción y percusión de los elementos moledores y sale por el extremo opuesto con un tamaño menor. Los cuerpos de molienda son grandes y pesados con relación a las partículas de mena.

Ventajas

- a) Puede reducir fácilmente el tamaño de las partículas secas o húmedas
- b) El sistema de alimentación no es complicado y se puede añadir agua para facilitar su molienda
- c) Es de fácil manipulación y mantenimiento

Desventaja

- a) El tamaño de partículas no es homogéneo
- b) Produce contaminación del producto final
- c) Su costo es elevado por la complejidad en su construcción

1.4.6 TAMIZADO

Hay diversos métodos para medir el tamaño de las partículas, cuyos resultados dependen de la diferencia o intervalos de los tamaños, de sus propiedades físicas y de las características permitidas de desecación o humedad.

Sin embargo, el método más sencillo para la clasificación granulométrica en el laboratorio es el tamizado y consiste en pasar el material sucesivamente por una serie de tamices o cedazos que posean orificios o mallas progresivamente decrecientes.

Suele considerarse como de tamaño igual a la media aritmética de la abertura de ambos tamices, éste valor representa el "tamaño medio" o diámetro medio" y se representa por D_m (Mc Cabe, Smith y Harriot, 2015)

Es evidente que una curva de distribución granulométrica solo pueda aproximar la situación real del tamaño de las partículas. Esto se debe a varias razones, incluyendo las limitaciones físicas para obtener muestras estadísticamente representativas, la limitación impuesta por la utilización de mallas de forma rectangular para medir partículas de forma irregular y el número limitado de tamices utilizados en el análisis. La exactitud del análisis es más cuestionable aún para las partículas finas (más fino que el tamiz No. 180) que para las partículas más gruesas

El tamaño de partícula es especificado por la medida reportada en malla por la que pasa o bien por la que queda retenida, así se puede tener el perfil de distribución de los gránulos en el tamizador de manera gráfica. La forma gráfica es generalmente

la más usada y existen muchos métodos en los que se realiza una presentación semilogarítmica, la cual es particularmente informativa.

4.2.4.1. LIMTES DEL TAMIZADO

Para supervisar la calidad del material basada en tamaño de partícula se ha utilizado por décadas el análisis de tamiz. Para el material grueso, los tamaños que se extienden abajo al acoplamiento #100 (el 150 μ m), un análisis de tamiz y una distribución de tamaño de partícula es exactos y constantes.

Sin embargo, para el material que es más fino de 100 endientan, el tamizar seco es perceptiblemente menos exacto. Esto es porque la energía mecánica requerida para hacer que las partículas pasan con una abertura y los efectos superficiales de la atracción entre la partícula y el aumento de la pantalla como las disminuciones del tamaño de partícula. El análisis de tamiz asume que toda la partícula será alrededor o casi redonda y pasará con las aberturas cuadradas. Para las partículas alargadas y planas un análisis de tamiz no rendirá resultados confiables, pues el tamaño de partícula divulgado será basado en una asunción de tamaños similares en tres dimensiones.

Capítulo 2.

5. PROBLEMAS A RESOLVER

La conservación de la calidad de los productos alimenticios que ofrece La Italiana ha sido dada al mantenerse en constante información sobre las nuevas aplicaciones tecnológicas, buscando suministrar alimentos inocuos y de calidad, logrando la mejora continua al cumplir con las normas regulatorias y estándares reconocidos nacional e internacionalmente para garantizar la satisfacción del cliente.

El departamento del área de calidad evalúa continuamente factores que intervienen en la calidad de las pastas como la humedad. Sin embargo, esta determinación compleja no proporciona resultados precisos y rápidos al seguir la normatividad oficial, dejando en espera la toma de decisiones adecuadas al tener un resultado fuera del límite. Lo que conlleva a generarse grandes pérdidas económicas anualmente. Por consiguiente, se determina la humedad con un equipo de medición que otorga resultados en segundos, minimizando dichas pérdidas.

Retomando que la determinación de la humedad es un análisis que ciertamente no brinda resultados exactos, se encontraron diferencias en los resultados que otorga el equipo Pfeuffer sobre el método por Norma que es el método oficial para reportar el porcentaje de humedad de los productos alimenticios.

Al proponer un factor diferencial entre ellos se obtendrá un porcentaje de humedad puntual con respecto a la Norma, propiciando resultados eficientes y rápidos minimizando realmente gastos de tiempo, energía, costos y talento humano

Capítulo 3.

6. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS

6.1 *Recolección de muestras*

Tomar muestras aleatorias del producto terminado de línea de producción y en lote testigo del Spaghetti.

6.2 *Trituración de muestras*

Moler muestras salidas de línea de producción y lote testigo en cada uno de los molinos de las áreas de Producción y Calidad.

6.2.1 *Molino del área de calidad*

- Ajustar el tamaño de partícula en la posición 0 usando la perilla de ajuste de la distancia del disco en el molino.
- Encender el molino presionando el botón de arranque.
- Cerrar el control de alimentación y vierta la muestra en el embudo
- Abrir el control de alimentación aprox. 3 cm, que alimenta cuidadosamente la muestra en el molino.
- Cuando todos los granos hayan pasado por el molino, cerrar el control de alimentación completamente y permitir que el molino funcione otros 5 segundos para limpiar la cámara de molienda
- Apagar el molino
- Retirar el recipiente de muestra y cepille cualquier comida que se adhiera en las paredes de la salida de la cámara de molienda en el recipiente.
- Mezclar bien la muestra y guardarla en un recipiente hermético.
- Abrir la puerta de la cámara de fresado y limpiar los discos, la cámara de fresado y la salida

6.2.2 *Molino del área de producción*

- Encender el molino presionando el botón de inicio
- Verter la muestra en la entrada de alimentación
- Una vez triturada toda la muestra dejar que el molino funcione por 5 segundos
- Apagar el molino

- Retirar el recipiente de muestra y taparlo herméticamente
- Abrir la carcasa del molino y limpiarlo para la siguiente muestra a triturar

6.3 *Determinación de humedad en base a la norma NOM-247-ssa1-2008.*

- Pesar 2 g de muestras en una caja de aluminio la cual previamente se ha secado por una hora a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y enfriada en desecador durante una hora.
- Colocar la caja con la muestra dentro de la estufa y secar durante una hora a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$. El tiempo debe empezar a contar a partir de que la temperatura en la estufa con la muestra alcance los $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$. La caja deberá estar semitapada.
- Después de una hora, tapar la caja dentro de la estufa. Sacar la caja y colocarla en el desecador y dejarla enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente (aproximadamente una hora).
- Una vez que se haya enfriado pesarla y reportar la pérdida de peso como humedad, y el residuo de la muestra como Sólidos Totales.

6.4 *Determinación de humedad con el equipo Pfeuffer*

6.4.1 Llenado de la celda de medición.

- Llenar la medida de 11 mL hasta el borde con la muestra triturada.
- Remover la parte superior de la unidad insertándole la llave de cricket hasta que enganche, colocando el pesillo del cricket hacia la derecha y desenroscando a parte superior de la unidad.
- Vaciar el contenido de la medida uniformemente en la parte inferior de la celda de medición y colocar la unidad superior sobre la celda. Colocar el pestillo del cricket a la izquierda y enroscar hasta el tope.
- Tan pronto como el dentado toque a los granos, volcar la celda de medición al lado y enroscar mediante movimientos giratorios cortos con la llave de cricket.
- Encastrar la celda de medición con el mango a la derecha en los pines de conexión que posee la carcasa del equipo.

6.4.2 Procedimiento de medición

- Seleccionar el producto apropiado usando el selector giratorio.
- Presionar el botón de medición (medir). Esta acción conecta el HE 50 y comienza el proceso de medición.
- Después de 5 segundos aproximadamente, se despliega en la pantalla el resultado.

6.4.3 Limpieza de la celda de medición

- El material húmedo debe ser removido de la celda de medición inmediatamente después de la medición.
- Para abrir la celda de medición se debe colocar el pestillo del cricket hacia la derecha, volcar la celda de medición al lado y desenroscar la parte superior mediante movimientos giratorios cortos.
- Use el cepillo de uñas para limpiar la parte superior de la celda de medición y el pincel duro o blando según a humedad y el pegado para limpiar la parte inferior.

6.5 Análisis granulométrico

- Pesar 50 g de muestra en una balanza analítica
- Pilar los tamices con apertura de malla en um de 500, 400, 300 y 180 en orden descendente y finalmente colocar el plato colector
- Depositar la muestra en la pila de tamices
- Seleccionar la opción de 5 minutos en el rotor para el tamizado de la muestra
- Retirar cada tamiz de la pila y pesar la muestra retenida en cada uno

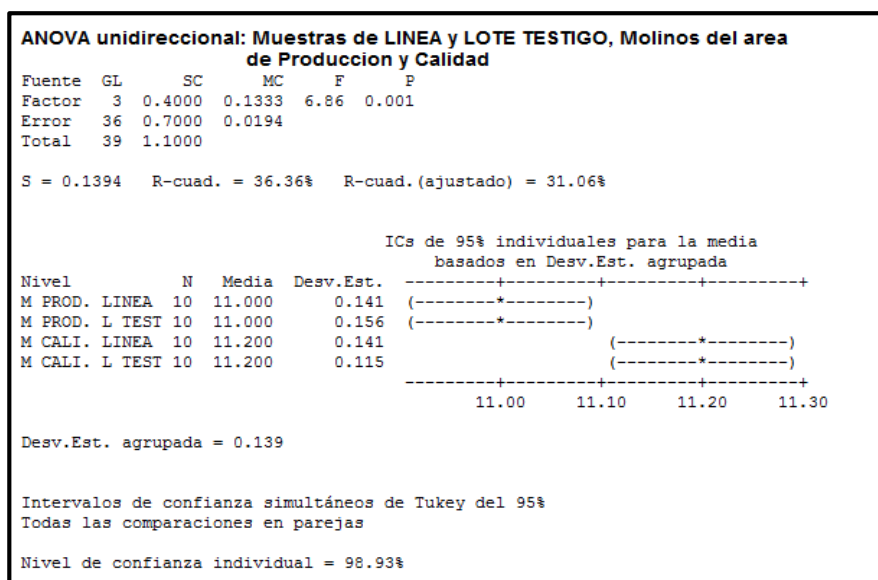
6.6 Determinación del factor diferencial

- Emplear un programa de análisis estadístico para determinar el factor diferencial de los diferentes tipos de formato de pasta.
- En consecuencia, definir el molino y equipo Pfeuffer conveniente para determinar la humedad absoluta de las pastas.

Capítulo 4.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Determinación por el método por norma NOM-247-SSA1-2008 el porcentaje de humedad absoluta de las pastas y variación de los porcentajes de humedad con diferentes variables.



Cuadro 1. Porcentaje de Humedad de muestras de Línea y Lote Testigo con molinos del área de Producción y Calidad

Se evaluó el porcentaje de humedad con 10 repeticiones de cada muestra por el método por Norma con distintos molinos y muestras de línea y lote testigo.

Con el análisis de varianza ANOVA, en el cuadro 2 se puede comparar el valor de p con el nivel de significancia (α) de los porcentajes de humedad obtenidos con el molino de producción, representando si los resultados de humedad son iguales o diferentes entre ellos para determinar su fiabilidad, rechazando o aceptando la hipótesis nula (H_0).

Se determinó que el valor p con un resultado de 0.001 es menor al nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ rechazando la hipótesis nula, manifestando que los datos obtenido son diferentes con un intervalo de confianza individual del 98.93%.

Esta hipótesis se puede comprobar ya que se obtuvo 11% de humedad en muestras de línea y testigo con la utilización del molino de producción. Y 11.2% de humedad con el molino de Calidad en ambos tipos de muestra de Spaghetti, con un nivel de confianza del 95%. De modo que, no existe diferencia significativa entre los dos tipos de muestras ya que, cuando las muestras han salido de línea y llevadas al almacenamiento como lote testigo, han alcanzado su estabilidad.

De esta manera ya no hay más liberación de humedad en el ambiente, y la humedad se ha distribuido homogéneamente en toda la pasta hasta la superficie, así el producto puede permanecer con esta humedad en buenas condiciones ambientales, al no haber más difusión de humedad en la pasta.

Sin embargo, aunque mínima, existe una diferencia entre la eficiencia de los dos molinos al otorgar humedades del 11 y 11.2%. A causa de esto, se realizó un análisis granulométrico para determinar la eficiencia de molienda de cada molino (ver Fig. 1). En donde se observó que el molino del área de Producción genera mayor cantidad de partículas gruesas al retener más cantidad de partículas en el primer tamiz, con una apertura de malla de 500 μm y menor cantidad de partículas finas en el plato colector con un diámetro menor a 100 μm . A diferencia del molino de calidad que genera menor cantidad de partículas gruesas y ligeramente más cantidad de partículas finas.

Por lo tanto, se consideró que la cantidad del tamaño de partículas que otorga cada molino incide en la diferencia de humedades obtenidas.

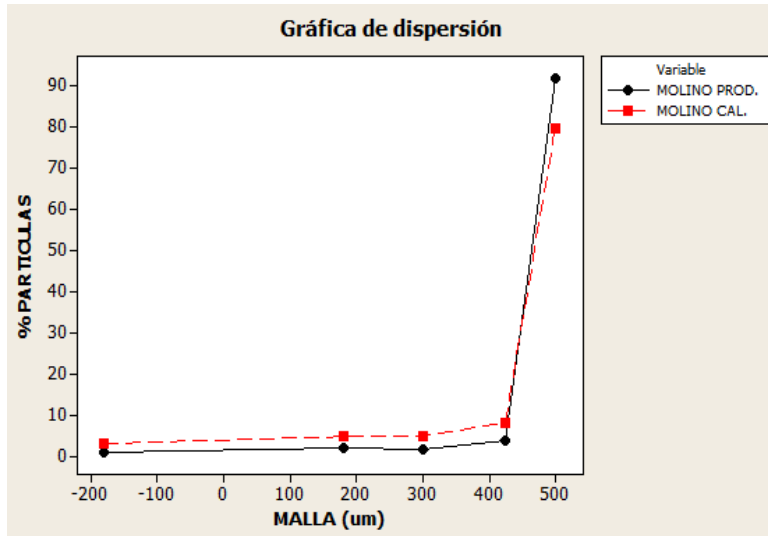


Fig. 1. Análisis granulométrico de los molinos del área de Producción y Calidad

Esta diferencia de cantidad de partículas puede ser considerada en que, la fuerza de impacto de los molinos sobre la muestra no fue la misma en ambos, dado a que el molino de producción es un molino de martillo y el de calidad un molino de discos. Deduciendo que el molino del área de Calidad ejerce mayor fuerza de impacto sobre el Spaghetti, ya que se obtuvo menor cantidad de partículas gruesas.

Por otra parte, se consideró que la molienda de muestras para determinar el porcentaje de humedad no puede ser ejercida por diferentes tipos de molinos, lo que ocasionaría resultados inseguros. Por esta razón, se atribuye la selección de un único molino para triturar las muestras del producto terminado.

Se encontró que el valor p es igual a 1.0, y el nivel de significancia dado es igual a 1-95% del intervalo de confianza de Turkey, siendo $\alpha = 0.05$.

Por lo tanto, se determinó que el valor de p es mayor que el nivel de significancia, y no se debe rechazar la hipótesis nula, que describe como iguales a las 10 repeticiones de cada tipo de muestra con el molino de producción.

ANOVA unidireccional: Molino del area de Producción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.0000	0.0000	0.00	1.000
Error	18	0.4000	0.0222		
Total	19	0.4000			

S = 0.1491 R-cuad. = 0.00% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
M PROD. LINEA	10	11.000	0.141	(-----*-----)
M PROD. L TES	10	11.000	0.156	(-----*-----)

Desv.Est. agrupada = 0.149

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 95.00%

Cuadro 2. Análisis de varianza del porcentaje de humedad empleando el molino del área de Producción

En el molino de calidad (ver cuadro 3.) se obtuvo el mismo valor de $p = 1.0$ al no rechazar la hipótesis nula, caracterizando a los porcentajes de humedad de las 10 repeticiones de cada muestra como iguales con el mismo nivel de significancia de 0.05

ANOVA unidireccional: Molino del area de Calidad

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.0000	0.0000	0.00	1.000
Error	18	0.3000	0.0167		
Total	19	0.3000			

S = 0.1291 R-cuad. = 0.00% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
M CALI. LINEA	10	11.200	0.141	(-----*-----)
M CALI. L TES	10	11.200	0.115	(-----*-----)

Desv.Est. agrupada = 0.129

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 95.00%

Cuadro 3. Análisis de varianza del porcentaje de humedad empleando el molino del área de Calidad

Ya que en ambos molinos se proporcionan resultados repetibles estadísticamente iguales, se estimó la varianza de esos datos al medir su dispersión alrededor de su media. Puesto que la varianza (s^2) para el molino de producción es de 0.4 y para el de calidad 0.3, se propone establecer al molino del área de calidad como el molino más fiable, ya que con él se consigue menor de varianza en el porcentaje de humedad con su molienda, aumentando la precisión del análisis de humedad y disminuyendo el número de defectos.

7.2 Determinación del porcentaje de humedad, empleando en equipo Pfeuffer

La determinación de humedad con el equipo Pfeuffer del área de producción y calidad se aplicó en las pastas de línea empleando el molino del área de Calidad, ya que se necesita el resultado de esta determinación en menor tiempo, al que se obtiene por el método basado en la Norma.

Para obtener un resultado con mayor certeza en el porcentaje de humedad, se requiere un equipo Pfeuffer que otorgue la confiabilidad de que los datos reproducidos sean viables al no suponer varianzas considerables.

Con el análisis de varianza ANOVA, se determinaron estadísticamente las variaciones de humedad que se consiguen con ambos equipos (ver cuadro 4).

ANOVA unidireccional: Equipos Pfeuffer del area de Produccion y Calidad					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.00000	0.00000	0.00	1.000
Error	18	0.03800	0.00211		
Total	19	0.03800			

S = 0.04595 R-cuad. = 0.00% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada					
Nivel	N	Media	Desv.Est.		
PFEUFFER PROD.	10	12.7100	0.0568	(------*-----)	
PFEUFFER CALI.	10	12.7100	0.0316	(------*-----)	
				12.688	12.704 12.720 12.736

Desv.Est. agrupada = 0.0459

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Nivel de confianza individual = 95.00%

Cuadro 4. Análisis de varianza de los equipos Pfeuffer del área de Producción y Calidad

Analizando el cuadro 4, se entiende que el valor p de 1.0 es mayor al nivel de significancia de 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, de que los datos en los ambos Pfeuffer son iguales, con un nivel de confianza de 95%. Sin embargo, se observan diferencias entre la desviación estándar de cada equipo, con 0.0565 para el Pfeuffer de Producción y 0.0316 para el de Calidad.

Puesto que, con el Pfeuffer de Calidad se tuvo menor desviación estándar, es decir, una menor variación de datos con respecto a su media, a diferencia del Pfeuffer de Producción que resultó tener más dispersión de datos. Así pues, el Pfeuffer más adecuado al conceder mejor confiabilidad en el porcentaje de humedad del Spaghetti, fue el equipo Pfeuffer del área de Calidad

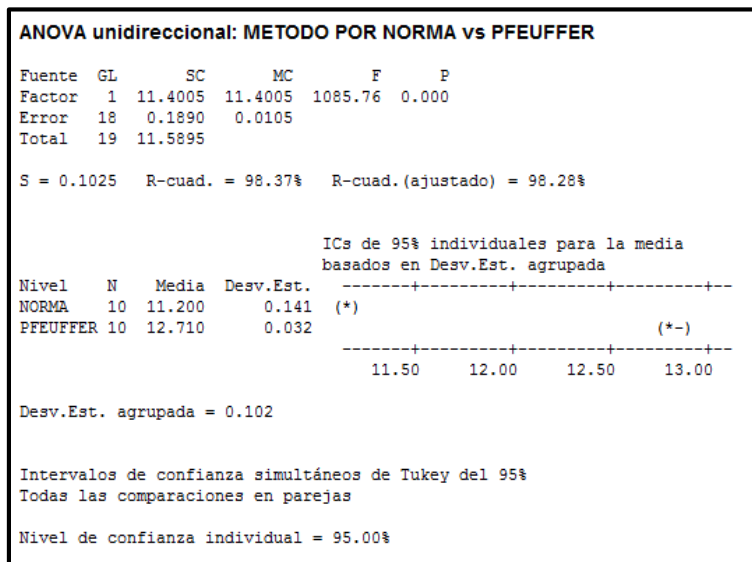
Cabe señalar que la celda de medición del HE 50 modelo de ambos Pfeuffer es dentada, únicamente el Pfeuffer del área de calidad se encontraba en esas condiciones, ya que el Pfeuffer de Producción contaba con una celda de medición lisa, puesto que había sido reparada por rotura de dicha celda. Por lo cual, se puede decir que esta mínima diferencia de resultados está dada por la modificación en el diseño de la celda de medición de muestra.

7.3 Comparación de los resultados de humedad obtenidos con los dos métodos.

Aunque se haga uso de un equipo de medición de humedad como un método rápido para obtener un resultado, únicamente se emplea para minimizar pérdidas, ya que la normatividad especifica que el porcentaje de humedad debe ser dado en base al método por Norma en el Grupo Industrial La Italiana.

Así mismo, se compararon los resultados de humedad que proporciona cada método. En el cuadro 5 se observa que el valor de p siendo 0 es menor que el nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula al concordar que el promedio de las 10 repeticiones de cada método no son iguales.

Esto se puede observar a simple vista, dado a que la media de los resultados de humedad para el método por norma es de 11.2% y para el equipo Pfeuffer de 12.71%



Cuadro 5. Comparación de resultados del porcentaje de humedad entre dos métodos

Según Pfeuffer Mess und prüfgeräte, compañía fabricante del HE 50 modelo de los Pfeuffer asegura que este equipo es clasificado como el medidor de humedad de cereales y productos molidos más universal y preciso, en base a evaluaciones hechas por Alemania y otros países.

Sin embargo, se observó que existe una desigualdad entre el resultado de humedad que ofrece este equipo sobre el método por Norma.

7.4. Determinación del factor diferencial del equipo Pfeuffer sobre el método en base a la norma oficial NOM-247-SSA1-2008

En la figura 2 con ayuda de una gráfica de valores individuales, podemos notar la desigualdad que existe entre estos métodos expresada con una línea de conexión entre las medias de cada método, con un intervalo de confianza del 95%

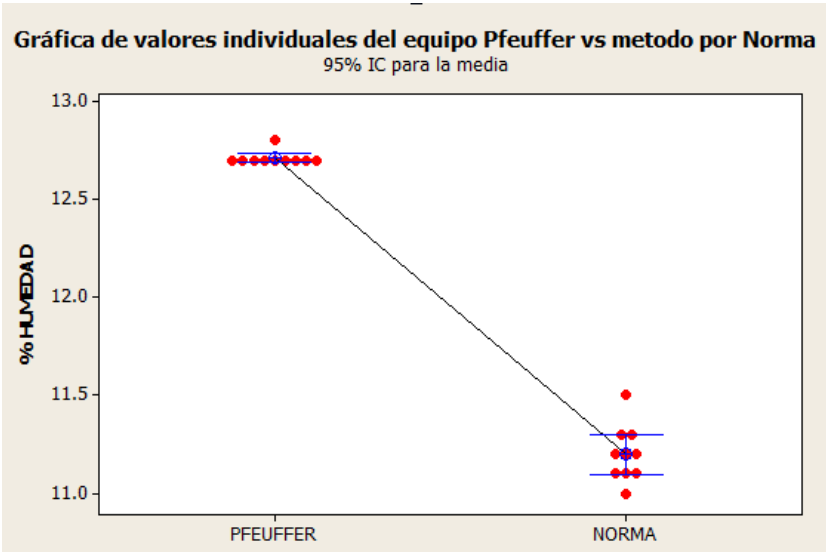


Fig. 2. Diferencia de medias del porcentaje de humedad del equipo Pfeuffer y el método por Norma

La medida de la línea de conexión establece el rango de dicha diferencia, para su determinación se realizó una Prueba T de dos muestras para encontrar la amplitud de varianza que influye en la desigualdad de estos métodos (ver cuadro 6).

Se determinó que, la diferencia que ejerce el equipo Pfeuffer sobre el método por Norma es de 1.51 con un intervalo de confianza de 95%, revelando que el valor de humedad que proporciona este equipo no es preciso con el valor de humedad que se obtiene por Norma, mostrando solo una aproximación, haciendo que los valores del HE50 no sean lo suficientemente confiables para ser reportados.

Prueba T e IC de dos muestras: equipo Pfeuffer vs metodo por Norma				
T de dos muestras para el equipo Pfeuffer vs metodo por Norma				
				Media del Error estándar
	N	Media	Desv.Est.	
PFEUFFER	10	12.7100	0.0316	0.010
NORMA	10	11.200	0.141	0.045
Diferencia = Pfeuffer(area de calidad) - Norma(molino del area de Calidad)				
Estimado de la diferencia: 1.5100				
IC de 95% para la diferencia: (1.4063, 1.6137)				
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 32.95 Valor P = 0.000 GL = 9				

Cuadro 6. Evaluación de la diferencia de dos métodos

Para definir si realmente existe la diferencia específica de 1.5 del Pfeuffer sobre la Norma, se realizaron 5 comprobaciones en las que con una gráfica de valores individuales representada en la figura 3 observando que, de las 5 comprobaciones realizadas 3 de ellas fueron de 1.5 y dos diferentes a este resultado con 1.4 y 1.6, dando una desviación estándar de 0.0707 (ver cuadro 7).

La relación que existe entre el factor diferencial determinado con la media de las comprobaciones se denota como una línea de conexión continua por lo que, la media de los resultados de comprobación es similar al factor diferencial.

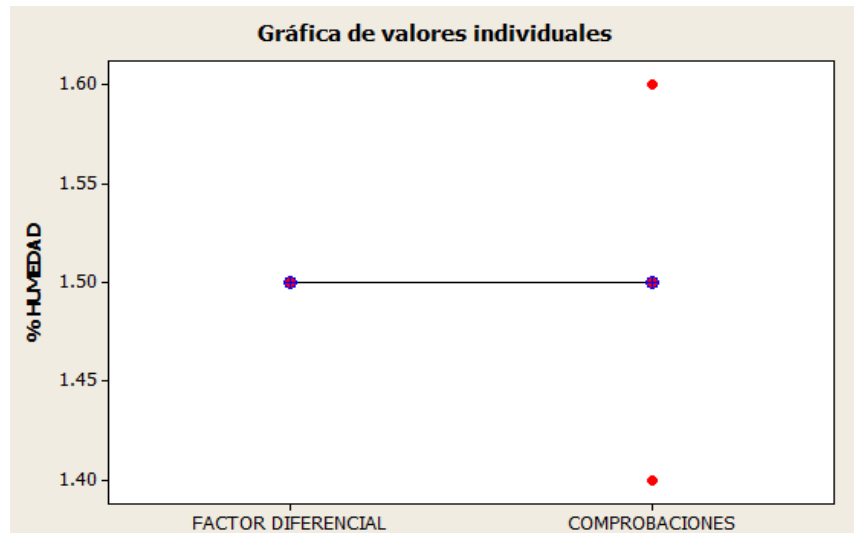


Fig. 3. Comprobación del factor diferencial

En definitiva, se realizó un análisis de Prueba T (ver cuadro 7) para verificar estadísticamente la igualdad del factor diferencial con las 5 comprobaciones realizadas. El estimado de la diferencia del factor diferencial con la media de las comprobaciones fue de 0, con un intervalo de confianza del 95%, afirmando lo que se observó en la figura 3.

Prueba T e IC de dos muestras: FACTOR DIFERENCIAL, COMPROBACIONES				
T de dos muestras para FACTOR DIFERENCIAL vs. COMPROBACIONES				
				Media del Error estándar
	N	Media	Desv.Est.	
FACTOR DIFERENCIAL	5	1.500	0.000	0.000
COMPROBACIONES	5	1.500	0.0707	0.032
Diferencia = μ (FACTOR DIFERENCIAL) - μ (COMPROBACIONES)				
Estimado de la diferencia: 0.000				
IC de 95% para la diferencia: (-0.0876, 0.0880)				
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 0.01 Valor P = 0.995 GL = 4				

Cuadro 7. Análisis de varianza del factor diferencial y sus comprobaciones

Así mismo, se estimó que el factor diferencial de 1.5 es efectivo para aplicarlo a las muestras de Spaghetti salidas de línea.

Capítulo 5.

8. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que:

- No existe diferencia significativa en el porcentaje de humedad del Spaghetti salido de línea de producción, con una muestra de lote testigo ya que ha alcanzado su estabilización.
- Se determinó que el tipo de molino es un factor influyente en la determinación de humedad, dado a que en la trituración de las muestras a medir se obtuvo distinta cantidad de partículas gruesas, influenciada por la fuerza de impacto de cada molino.
- También se encontró que, existe nula diferencia en los resultados de humedad, cuando en uno de los equipos Pfeuffer del mismo modelo ha sufrido modificaciones en su diseño de medición original
- Se pudo comprobar que efectivamente existe diferencia significativa al implementar dos métodos de determinación de humedad, y que el resultado de humedad que otorga el equipo Pfeuffer es solamente una aproximación al resultado obtenido con el método por Norma.
- El factor diferencial determinado es efectivo para incluirse como diferencia en el resultado del equipo Pfeuffer sobre el método por Norma.

9. RECOMENDACIONES

- Para el molino del área de calidad, se recomienda no moler más de 15 g, para evitar cualquier pérdida de humedad
- Alimentar al molino del área de Calidad con un máximo de 5 g de muestra por segundo
- Cumplir específicamente el procedimiento de la determinación de humedad de acuerdo a la norma NOM-247-SSA1-2008.
- Para la determinación de humedad con el equipo Pfeuffer, llenar precisamente hasta el borde la medida de 11 ml con muestra
- Limpiar uniformemente la celda de medición del Pfeuffer para no afectar la siguiente muestra a medir.
- Asegurarse que el suministro de energía del equipo Pfeuffer sea el correcto para medir la humedad.

Capítulo 6.

10. COMPETENCIAS ADQUIRIDAS

- Conocimiento de la realidad laboral de las empresas y el desarrollo de las habilidades en un entorno profesional
- Aplicación de los conocimientos adquiridos en la práctica real de una empresa y toma de decisiones para la resolución de problemas.
- Participación de forma activa en un equipo de trabajo para un objetivo en común.
- Organización de las actividades a realizar.
- Manejo y manipulación de equipos de laboratorio.
- Análisis y redacción de forma clara y precisa el informe de un proyecto de residencia.

Capítulo 7.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Víctor Manuel Rodríguez Rivera, Edurne Simón Magro. (2008). Bases de la alimentación humana. España: NETBIBLO.
- Z. N. Juárez, M. E. Bárcenas - Pozos, L. R. Hernández. (2014). El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. En Programa del Doctorado en Ciencias de los Alimentos (81-83). Puebla, México: Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de las Américas Puebla.
- Dra. Luz María Paucar Menacho. (2009). Anatomía, Morfología y Fisiología de granos y semillas. En Tecnología de Granos y Cereales (1-7). Universidad Nacional del Santa.
- María Dolores Ruiz López. (2010). Tratado de Nutrición, Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos, 2da Edición. Madrid, España: Editorial Medica Panamericana.
- Salvador Badui Vergal. (2006). Distribución del agua en los alimentos y estabilidad de los alimentos. En Química de los Alimentos (13 - 21). México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Juliette Arroyo M., María Alejandra M. Santiago F., Pablo V.. (2013). Molienda, equipos y operación. En Operaciones con sólidos (6 - 7). Facultad de Ingeniería Química: Universidad de América.
- Facultad de Química UNAM. (2010). INTRODUCCIÓN AL CURSO EXPERIMENTAL DE PROCESOS DE SEPARACIÓN. En Procesos de Separación I (10 - 15). UNAM

12. ANEXOS

- Cálculos para determinar el porcentaje de humedad

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(A - B) \times 100}{W}$$

% Sólidos Totales = 100 - % Humedad

En donde:

A = Peso de la caja con muestra en g

B = Peso de la caja con muestra desecada en g

W = Peso de la muestra en g

- Resultados de los porcentajes de humedad

No.	PiCH	Pm	PCHm	%H
1	8.9349	2	10.7147	11.0
2	11.5664	2	13.3455	11.0
3	9.5059	2	11.2882	10.9
4	11.4992	2	13.2728	11.3
5	11.2981	2	13.0806	10.9
6	11.1449	2	12.9294	10.8
7	11.2806	2	13.0581	11.1
8	11.3856	2	13.1634	11.1
9	8.9081	2	10.6894	10.9
10	11.5118	2	13.2916	11.0
			PROM	11.0

Tabla 1. Porcentaje de humedad por Norma del Spaghetti de línea con el molino de Producción

MOLINO DEL AREA DE CALIDAD

No.	PiCH	Pm	PCHm	%H
1	8.7441	2	10.5228	11.1
2	11.513	2	13.2937	11.0
3	11.5177	2	13.2958	11.1
4	11.345	2	13.1158	11.5
5	8.9436	2	10.7175	11.3
6	11.1668	2	12.9402	11.3
7	11.3482	2	13.1241	11.2
8	9.2194	2	10.9963	11.2
9	11.4262	2	13.2035	11.1
10	11.1467	2	12.9236	11.2
			PROM	11.2

Tabla 2. Porcentaje de humedad por Norma del Spaghetti de línea con el molino de Calidad

MOLINO DE PRODUCCION

No.	Pfeuffer CALIDAD	Pfeuffer PRODUCCION
1	12.6	12.6
2	12.7	12.7
3	12.7	12.6
4	12.6	12.7
5	12.7	12.6
6	12.7	12.6
7	12.7	12.6
8	12.6	12.7
9	12.6	12.6
10	12.6	12.6
PROM	12.65	12.63

Tabla 3. Porcentaje de Humedad del Spaghetti de línea con los equipos Pfeuffer

MOLINO DE CALIDAD

No.	Pfeuffer CALIDAD	Pfeuffer PRODUCCION
1	12.8	12.7
2	12.8	12.7
3	12.7	12.7
4	12.7	12.7
5	12.7	12.8
6	12.7	12.7
7	12.7	12.7
8	12.7	12.7
9	12.7	12.7
10	12.6	12.7
		12.71
		12.71

Tabla 4. Porcentaje de Humedad del Spaghetti de línea con los equipos Pfeuffer

MOLINO DEL AREA DE PRODUCCION

#CH	PiCH	Pm	PCHm	%H
1	11.1669	2	12.9447	11.1
2	11.5184	2	13.2936	11.2
3	11.1494	2	12.9289	11.0
4	8.7464	2	10.5306	10.8
5	9.2184	2	10.9967	11.1
6	9.5054	2	11.2841	11.1
7	11.1449	2	12.9224	11.1
8	11.5108	2	13.296	10.7
9	8.9164	2	10.6978	10.9
10	11.3445	2	13.1241	11.0
			PROM	11.0

Tabla 5. Porcentaje de humedad por Norma del Spaghetti de muestra testigo con el molino de Producción

MOLINO DEL AREA DE CALIDAD

#CH	PiCH	Pm	PCHm	%H
1	11.1685	2	12.9451	11.2
2	11.297	2	13.0683	11.4
3	8.9097	2	10.686	11.2
4	11.2794	2	13.0556	11.2
5	11.3837	2	13.1573	11.3
6	8.9044	2	10.682	11.1
7	11.5674	2	13.3469	11.0
8	11.4967	2	13.2716	11.3
9	8.943	2	10.7211	11.1
10	9.0183	2	10.7944	11.2
			PROM	11.2

Tabla 6. Porcentaje de humedad por Norma del Spaghetti de muestra testigo con el molino de Calidad

MOLINO DEL AREA DE PRODUCCION	No.	P1	P2
	1	12.5	12.5
	2	12.5	12.6
	3	12.5	12.6
	4	12.5	12.7
	5	12.5	12.6
	6	12.4	12.6
	7	12.5	12.6
	8	12.4	12.6
	9	12.4	12.6
	10	12.4	12.6
	12.46	12.6	

Tabla 7. Porcentaje de Humedad de muestra testigo del Spaghetti con los equipos Pfeuffer

MOLINO DEL AREA DE CALIDAD	No.	P1	P2
	1	12.7	12.9
	2	12.6	12.9
	3	12.6	12.8
	4	12.6	12.8
	5	12.6	12.7
	6	12.6	12.7
	7	12.6	12.7
	8	12.6	12.7
	9	12.5	12.7
	10	12.6	12.7
	12.6	12.76	

Tabla 8. Porcentaje de Humedad de muestra testigo del Spaghetti con los equipos Pfeuffer

- Cálculos para determinar el porcentaje de partículas retenidas en cada tamiz

$$\% \text{ PARTICULAS} = \frac{A \times 100}{B}$$

Donde

A= Peso de las partículas retenidas en el tamiz

B = peso total de las partículas tamizadas

GRANULOMETRIA				
MALLA	Molino de Producción	%	Molino de Calidad	%
500	45.5493	91.6355845	39.4443	79.4690
425	1.8828	3.78779649	4.0032	8.0653
300	0.7278	1.4641801	2.3461	4.7267
180	1.0637	2.13994005	2.3426	4.7197
PC	0.4834	0.97249884	1.4986	3.0193
	49.707	100	49.6348	100

Tabla 9. Análisis granulométrico de dos tipos de molinos

