

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

RECONOCIMIENTO DE VALIDEZ OFICIAL DE ESTUDIOS DE NIVEL SUPERIOR, SEGÚN
ACUERDO SECRETARIAL 15018, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA
FEDERACIÓN EL 29 DE NOVIEMBRE DE 1976.



**CONTROL DEL PROCESO DE LA
ELABORACIÓN DE PASTA PARA
BOTANA PARA EVITAR RUPTURAS
EN EL PELLET**

**INFORME SOBRE
EXPERIENCIA PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A
HUGO ALEJANDRO MUÑOZ LÓPEZ
TLAQUEPAQUE, JALISCO
JUNIO DE 2011**

ÍNDICE GENERAL

JUSTIFICACIÓN	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTOS DE ACCIONES REALIZADAS	9
MÉTODOS Y RECURSOS EMPLEADOS	16
OBJETIVOS ALCANZADOS	17
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PELLETT QUE PRESENTA FRACTURA	1
FIGURA 2. DIAGRAMA DE FLUJO	3
FIGURA 3. CONTINUACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO	4
FIGURA 4. CURVA DE HUMEDAD EN EL PRODUCTO (USAR HHT – LW)	5
FIGURA 5. SECUENCIA DE FRACTURA EN EL PELLETT	6
FIGURA 6. DIAGRAMA DE CAUSA – EFECTO	7
FIGURA 7. DIFUSIVIDAD DEL AGUA EN EL PELLETT	10
FIGURA 8. ESQUEMA DEL PRE SECADO	11
FIGURA 9. ESQUEMA DEL SECADOR	11
FIGURA 10. SECUENCIA DE LA NO FRACTURA DEL PELLETT	13
FIGURA 11. FREIDO DE UN PELLETT SIN FRACTURA	14
FIGURA 12. FREIDO DE UN PELLETT FRACTURADO	14
FIGURA 13. PELLETT NO FRACTURADO	17

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DEL SECADO	2
TABLA 2. VARIABLES MODIFICADAS EN EL SECADO	15

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. CURVA DE SECADO DE UN PRODUCTO FRACTURADO	10
GRÁFICA 2. CURVA DE SECADO DE UN PRODUCTO NO FRACTURADO	12

DEDICATORIAS

A Dios por haberme permitido terminar una etapa más de mi vida.

A mi esposa e hija por estar siempre apoyándome en todo momento.

A mis padres por que con su ayuda y dedicación hicieron todo el esfuerzo para que tuviera una carrera universitaria.

A mis hermanos por soportar a un ingeniero más en casa.

A mis tíos Juan Pablo y Patricia por apoyarme en el termino de mis estudios.

A mi mismo por que me caigo muy bien.

JUSTIFICACIÓN

En la elaboración de la pasta para botana hecha a base de harina de trigo, se tienen procesos de mezclado, amasado, extrudido y secado. Al final del último proceso o varios días después de haberse elaborado el pellet, se llega a presentar una fractura o rompimiento (figura 1).

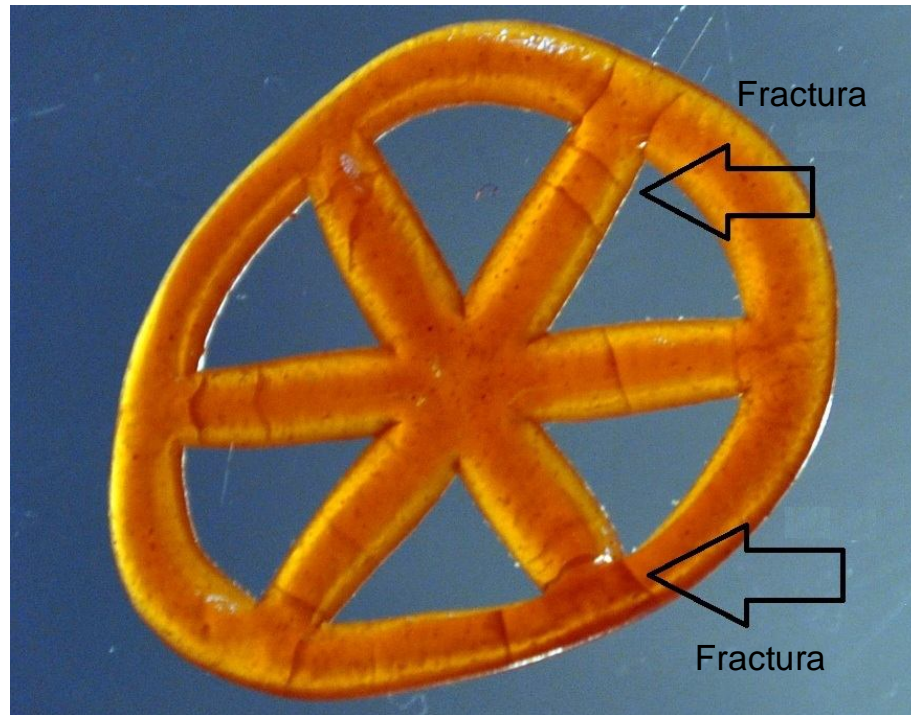


Figura 1. Pellet que presenta fractura.

El proceso para elaborar el pellet presentado por Serna – Saldivar¹ y que se asemeja bastante al proceso (figura 2 y 3), empieza por la incorporación de ingredientes como son el colorante, sal y emulsificantes en un proceso de mezclado, el cual tarda aproximadamente 10 minutos. De este proceso de mezclado se llega a una tolva de dosificación para su incorporación a la amasadora, aquí es donde se aplica agua para poder llegar a tener una gelatinización del almidón en el extrusor. Al pasar por el extrusor la masa se cocina a unas temperaturas de 100 a 135 °C en diferentes secciones del extrusor, después de haberse cocinado pasa a otro extrusor para ser extrudida la masa.

El secado se compone de tres etapas, una un secado rápido (*trabato*) el cual elimina de 2 a 4% de humedad de agua en el producto y un tiempo aproximado de 5 minutos. La segunda etapa (presecador) es un secado que elimina de 3 a 5% de humedad de agua en el producto y un tiempo aproximado de 30 minutos. La tercera parte del secado (secador) elimina de 7 a 10% de humedad de agua en el producto y este tiene variaciones de tiempo de 3.5 a 5.0 horas.

La clasificación de secados² se define en la siguiente tabla.

Tipo de secado	Descripción	Temperatura (°C)	Tiempo (hr)
NT	Normal Temperature	50	14 - 20
HT	High Temperature	75	7 - 10
HHT – LW	High High Temperature – LW	80 – 120	3 – 4.5
HHT - KW	High High Temperature - KW	80 - 120	1.5 – 2.5

Tabla 1. Clasificación del secado.

La extracción de agua debe ser cuidadosamente removida del pellet³ presenta una curva de humedad HHT – LW para pasta de mesa en la cual se apega a lo que se tiene en el proceso, figura 4.

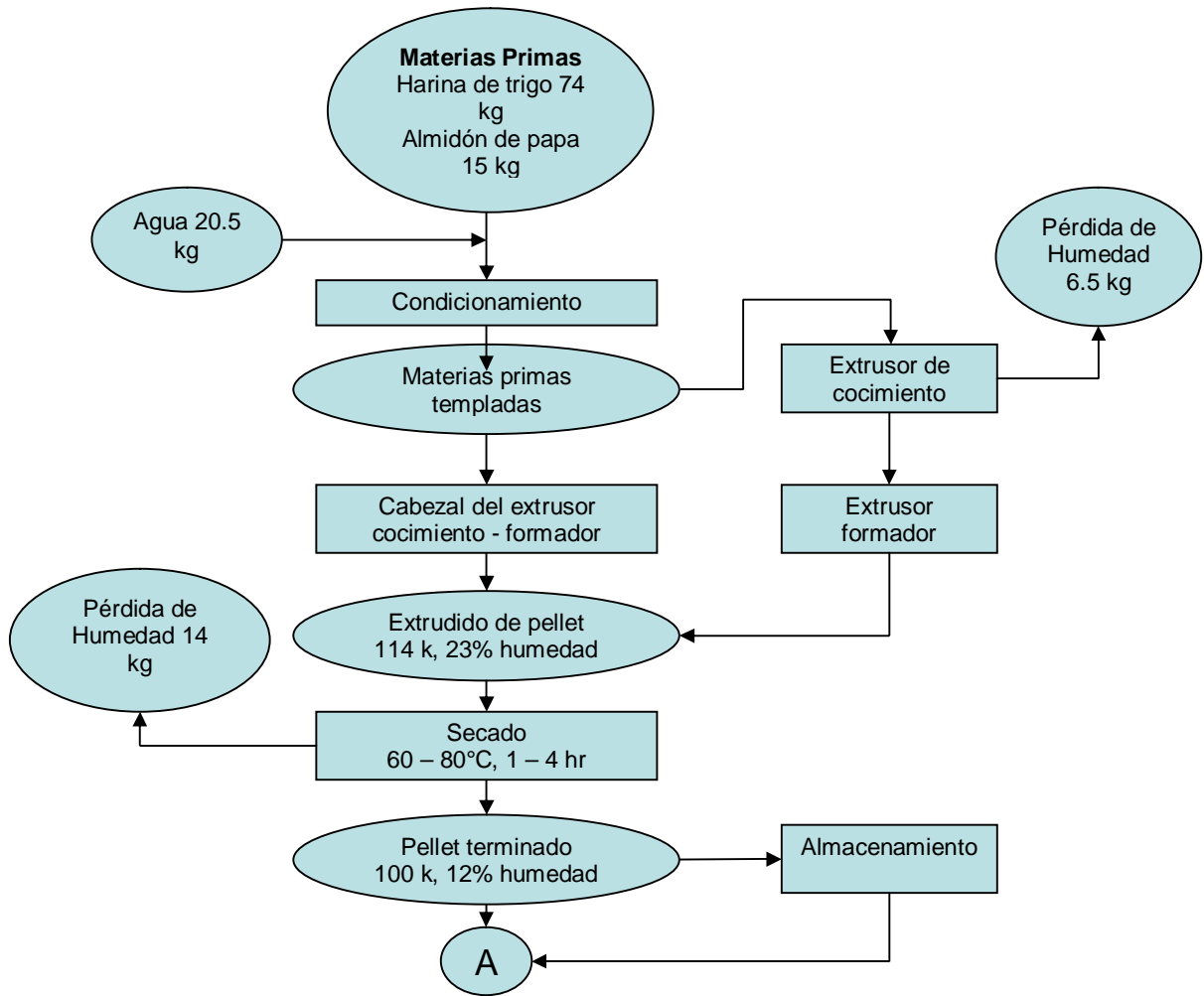


Figura 2. Diagrama de flujo.

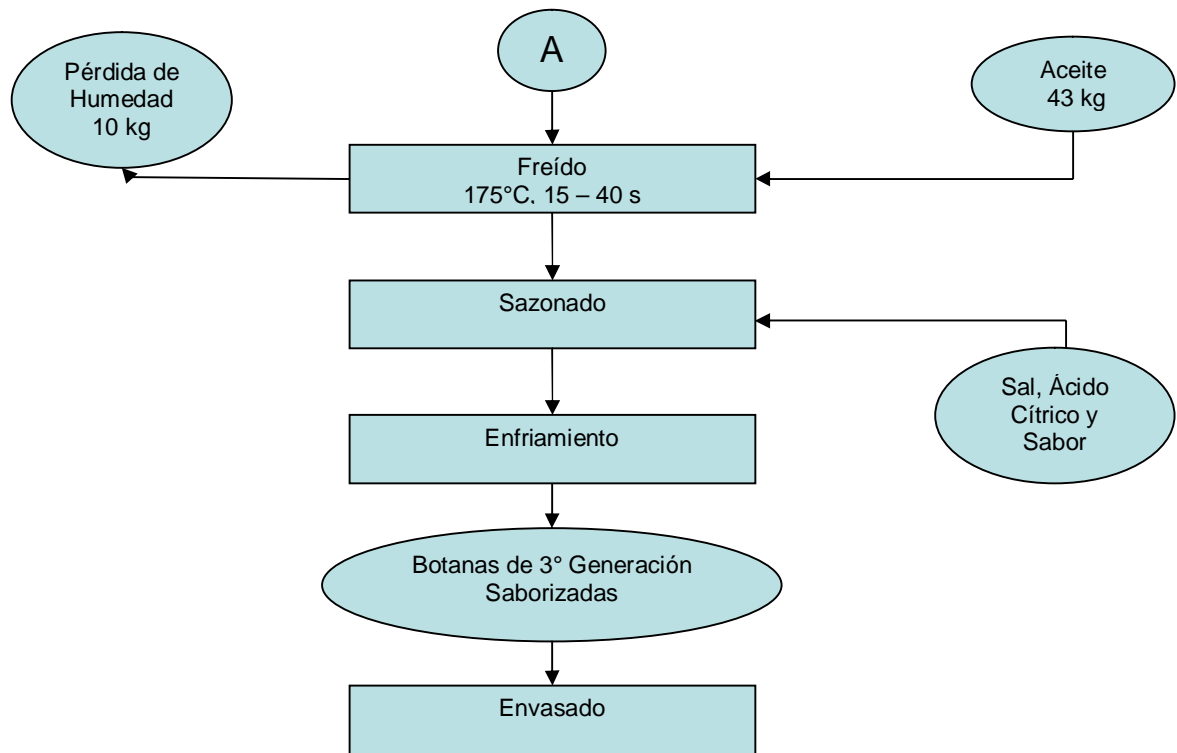


Figura 3. Continuación del diagrama de flujo.

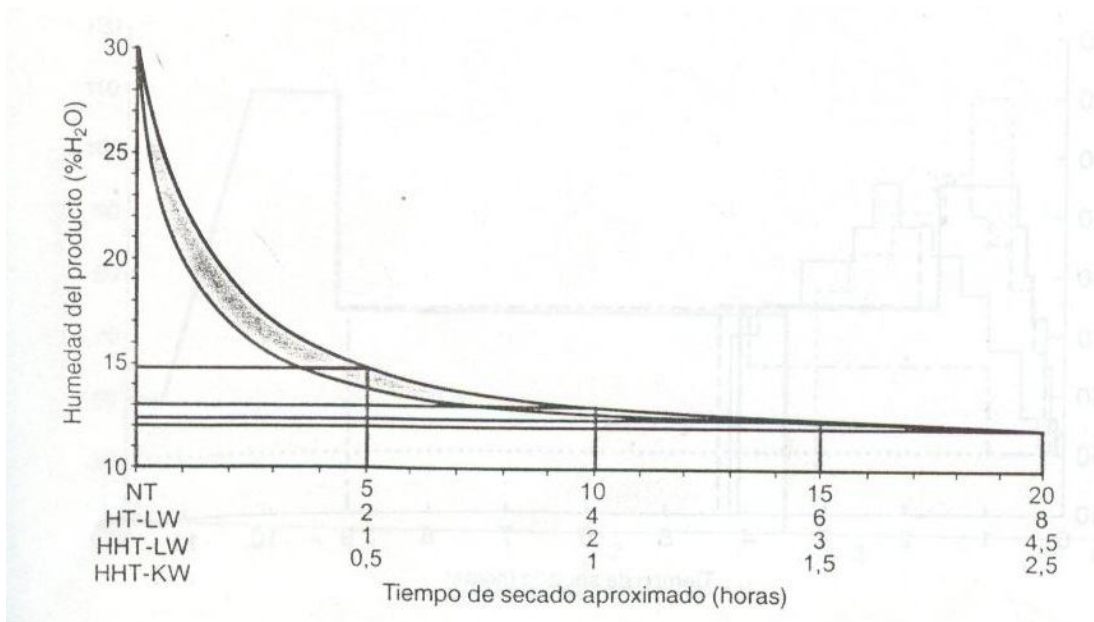


Figura 4. Curva de humedad en el producto (Usar HHT – LW).

La variación de las temperaturas en cada una de las tres etapas del secado, junto con la variación de tiempos de estancia del producto, extracción de humedad y la humedad relativa del medio ambiente, hacen que se tengan diferentes condiciones de secado para los diferentes productos extrudidos, esto dependiendo del tamaño o peso del producto extrudido.

Estas variables, que se pueden controlar, hacen que en el producto terminado en pellet y freído tengan un comportamiento diferente, por lo que la calidad del producto tiene mucha variación y a los clientes les genera problemas de calidad con sus consumidores finales.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Al término de las producciones, al cumplir el tiempo de reposo o semanas después de haberse fabricado el pellet de pasta presenta fisuras y/o rupturas en el pellet como se muestra en la figura 5.

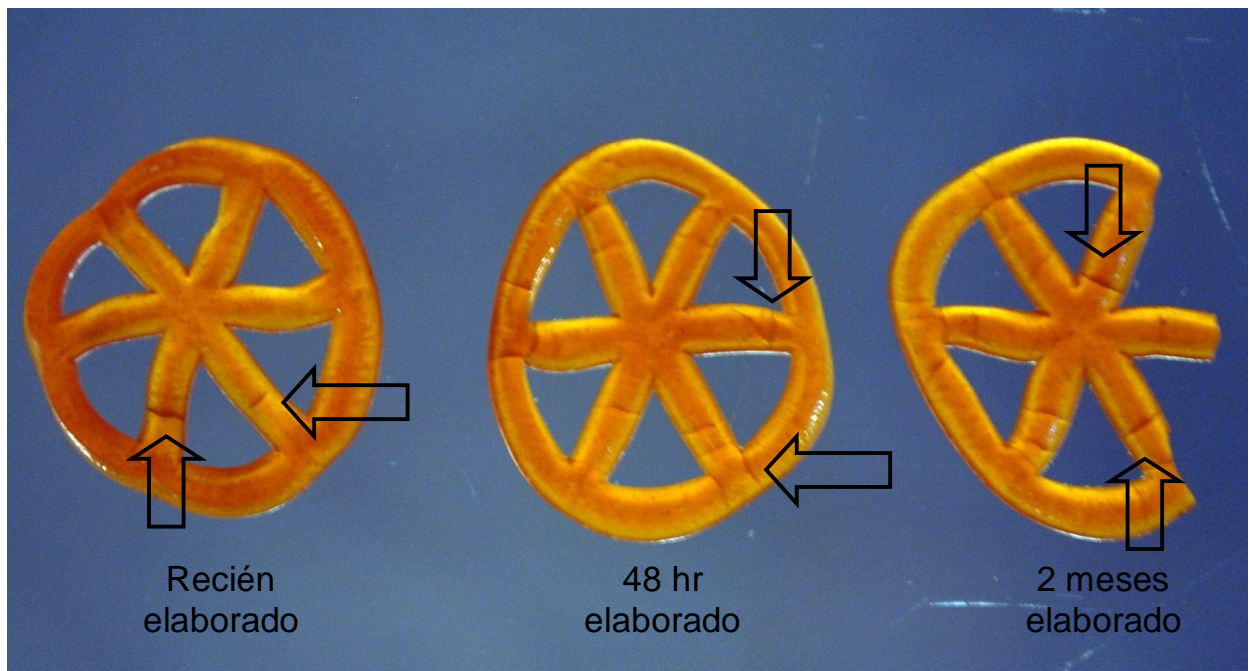


Figura 5. Secuencia de fractura en el pellet.

Al realizar un análisis de causas – efectos (figura 6), se encontraron como posibles variables a atender:

- Diferencias altas del % de humedad del pellet en el proceso del secado.
- Producto muy seco.
- Diferencias altas de la humedad relativa de los pisos del secado.
- Producto disparejo en el corte.

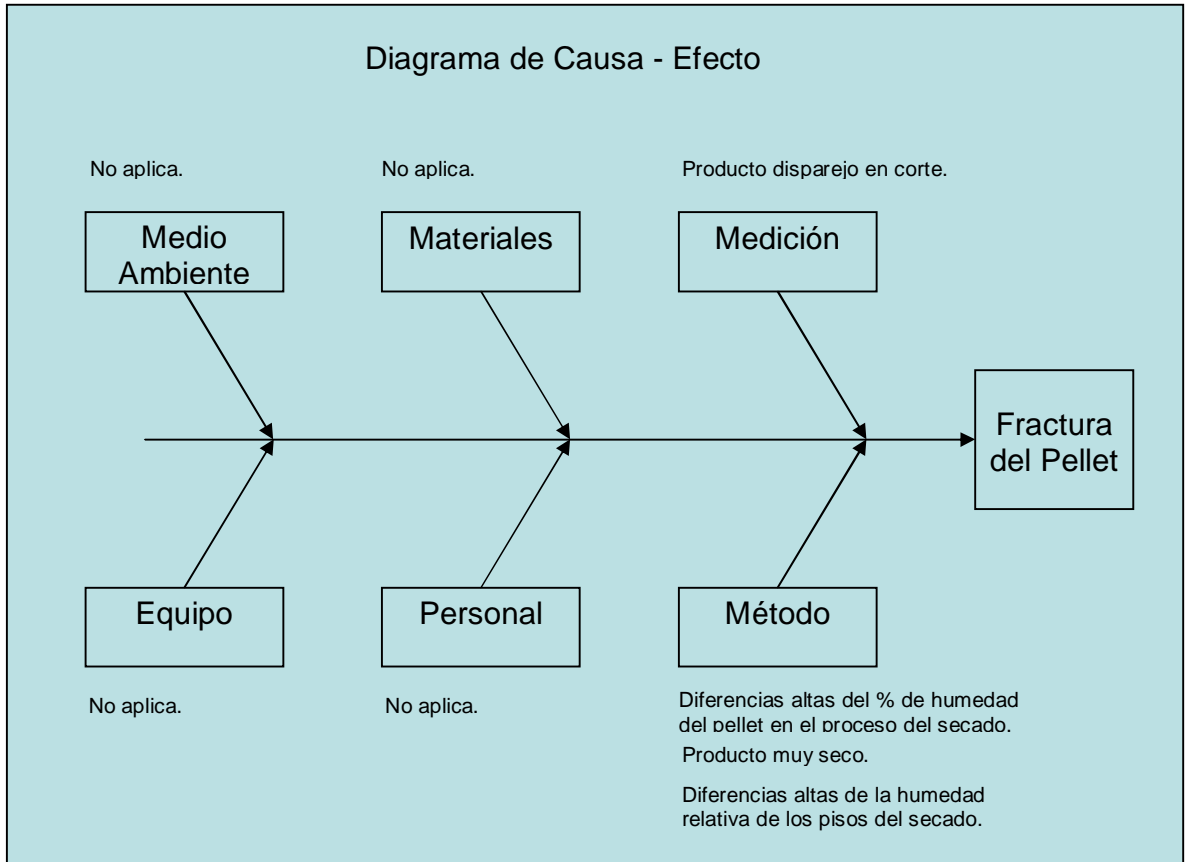


Figura 6. Diagrama de Causa – Efecto.

Las condiciones de secado que se deben de tomar en cuenta para poder remover la humedad del pellet son los tiempos de secado, velocidades de los pisos en el secado y la humedad relativa de los pisos del secado, estas variables son independientes entre si y pueden controlarse en el proceso a través de un sistema de comunicación por PLC's en una computadora central.

La actividad del agua (a_w) es un parámetro estrechamente ligado a la humedad del alimento lo que permite determinar su capacidad de conservación y de propagación microbiana, aparte que es uno de los factores que mas influyen en la estabilidad de los productos alimenticios.

2.1 Diferencias altas del porcentaje de humedad del pellet en el proceso del secado. Las condiciones de secado que se deben tomar en cuenta para remover la humedad del pellet es partiendo que deberá de tener una humedad inicial en la amasadora de aproximadamente 31 – 34 % y terminar con una humedad aproximada de 8.5 – 10 % con una actividad acuosa⁴ menor a 0.6 no se llega a presentar proliferación de microorganismos sin embargo pueden seguir siendo viables por mucho tiempo, la actividad acuosa que se presentan en los pellet es de un a_w 0.36 – 0.42, aparte de ser sometido a un proceso de freído entre 160 – 250 °C dependiendo el producto para su presentación final por lo que la propagación microbiana es nula.

El pellet al llegar a su frontera de región vítrea, se va volviendo cada vez más rígido por lo que la dureza del pellet va aumentando antes de alcanzar a disipar la suficiente cantidad de humedad requerida.

2.2 Producto muy seco.

Al bajar demasiado la humedad del pellet, este llega a tener una mayor tensión en su estructura, por lo que no llega a tener un equilibrio entre la humedad puntual de la superficie y la humedad puntual del centro del pellet. Esta diferencia de tensiones ocasiona que se lleguen a presentar fracturas y dependen de cuantos puntos porcentuales estén por debajo del límite de control inferior (LCI) del valor del porcentaje de humedad.

2.3 Diferencias altas de la humedad relativa de los pisos del secado.

Como se ha comentado, el secador cuenta con controles de humedad relativa para cada piso del secador, al llegar a tener un gradiente de humedad relativa mas alto en cada piso provoca que se llegue a formar una capa más seca dentro del mismo pellet la cual impide la difusividad del agua en el pellet.

2.4 Producto disperejo en el corte.

Al tener una diferencia muy marcada de grosores en el corte del producto, las condiciones del secado llegan a ser demasiado arrebatadas para los productos que su grosor sea menor a los parámetros establecidos, esto por la menor cantidad de masa en el pellet y por lo tanto menor humedad en el mismo.

DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTOS DE ACCIONES REALIZADAS

Para resolver el problema de fractura se analizó el proceso detectando parámetros que no cumplen con lo sugerido por Kill⁵ en la elaboración de pasta de mesa. A excepción del producto disperejo en el corte, las demás posibles causas se pueden solucionar por cambios en las condiciones de operación en el secado por lo que se hicieron varias propuestas para eliminar la fractura.

Según Kill⁶, el tipo de proceso para el secado de los pellet de acuerdo a la maquinaria utilizada es un secado HHT – LW el cual se tiene con tiempo aproximado de 4.5 horas, esto contando desde la extrusión puesto que se pierde humedad a comparación de la adición de agua en la masa. En este caso, la pérdida de humedad desde la extrusión hasta la entrada a la primera parte del secado es casi constante por lo que los movimientos propuestos están hechos en la parte del secado.

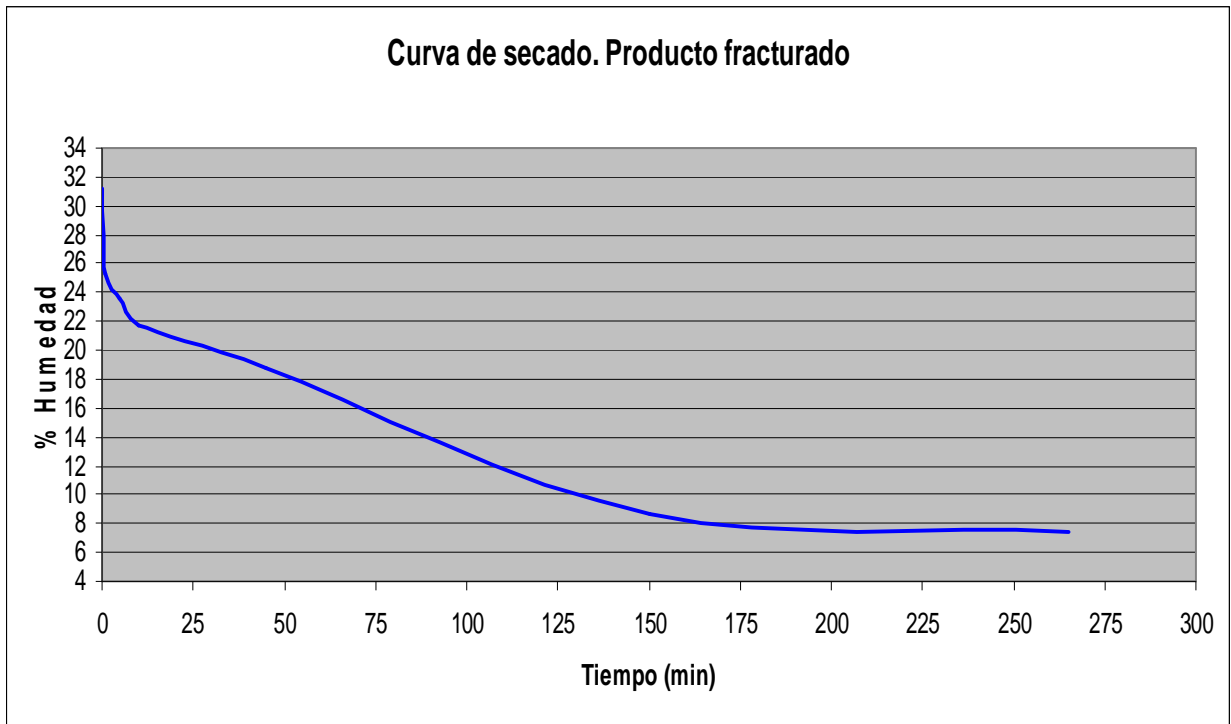
3.1 Producto disperejo en el proceso de corte.

Cuando empieza la producción, se llega a tener un tiempo de estabilización para el producto, este tiempo va de 20 a 45 minutos en donde se llegan a estabilizar las variables en el extrusor como son las temperaturas en el extrusor cocinado o extrusor formador, la humedad de masa y la velocidad del tornillo extrusor formador. En este intervalo de tiempo, el producto no cumple las especificaciones al realizar el corte por lo que no se envasa como producto terminado.

Se ha observado que si la producción de un mismo producto llega a pasar las 12 horas es conveniente que se cambie el premolde y la malla que está en el molde o dado. Esto porque se llega a tapar la malla e impide el correcto flujo de masa a través de la misma y por lo tanto diferencia de flujo en el molde. Esta medida se ha tomado como una buena práctica de producción.

3.2 Condiciones de operación para el secado.

Kill⁷ propone una curva de pérdida de humedad con respecto al tiempo en la cual la mayor parte (un 50% de la pérdida de humedad del secado) se extrae en 1 hora (fig. 4). Analizando las condiciones de operación del secado se encuentra que en la gráfica 1 la humedad llega a ser menor a 8.5% de humedad, a partir de los 207 minutos.



Gráfica 1. Curva de secado de un producto fracturado.

Según recomendaciones en una asesoría de Serna – Saldivar se deben tener al menos dos etapas de estabilización en la curva de secado para permitir que la difusividad del agua en el pellet sea del centro hacia la superficie sin hacer una barrera por haberlo secado drásticamente (figura 7).

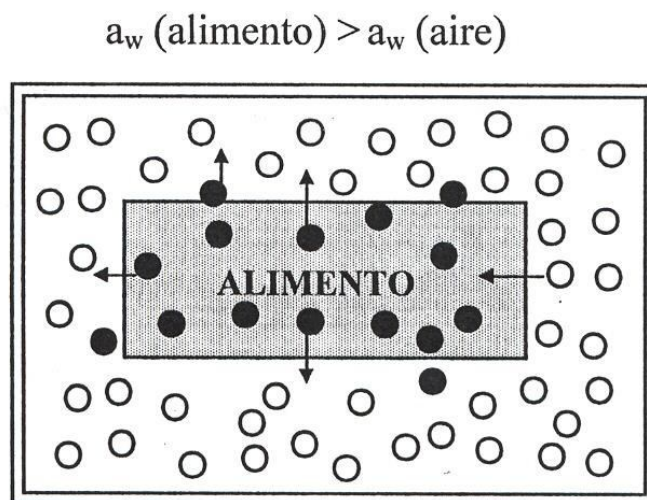


Figura 7. Difusividad del agua en el pellet.

El pre secado y el secador se componen de controles de velocidades, temperaturas y humedades como se muestra en las figuras 8 y 9 respectivamente:

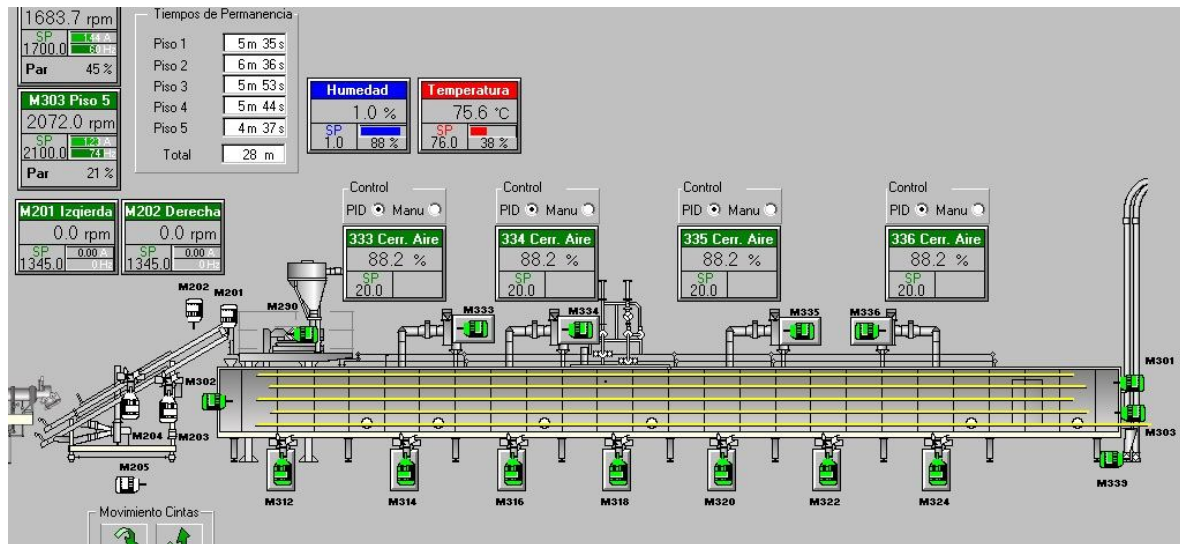


Figura 8. Esquema del pre secado.

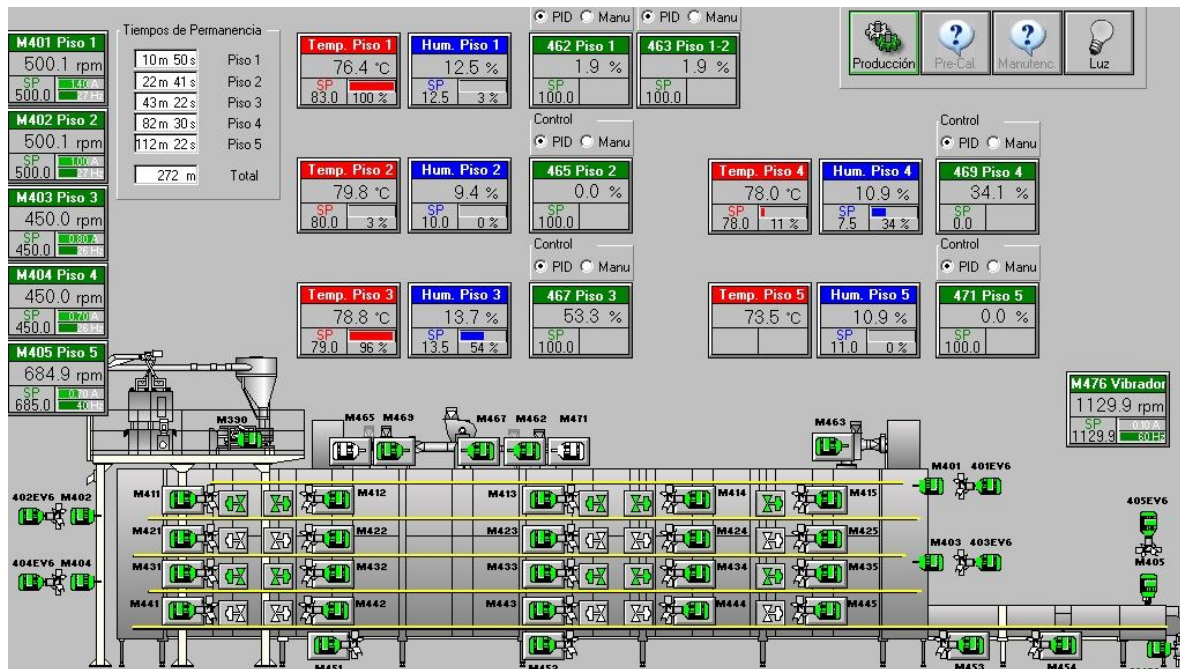
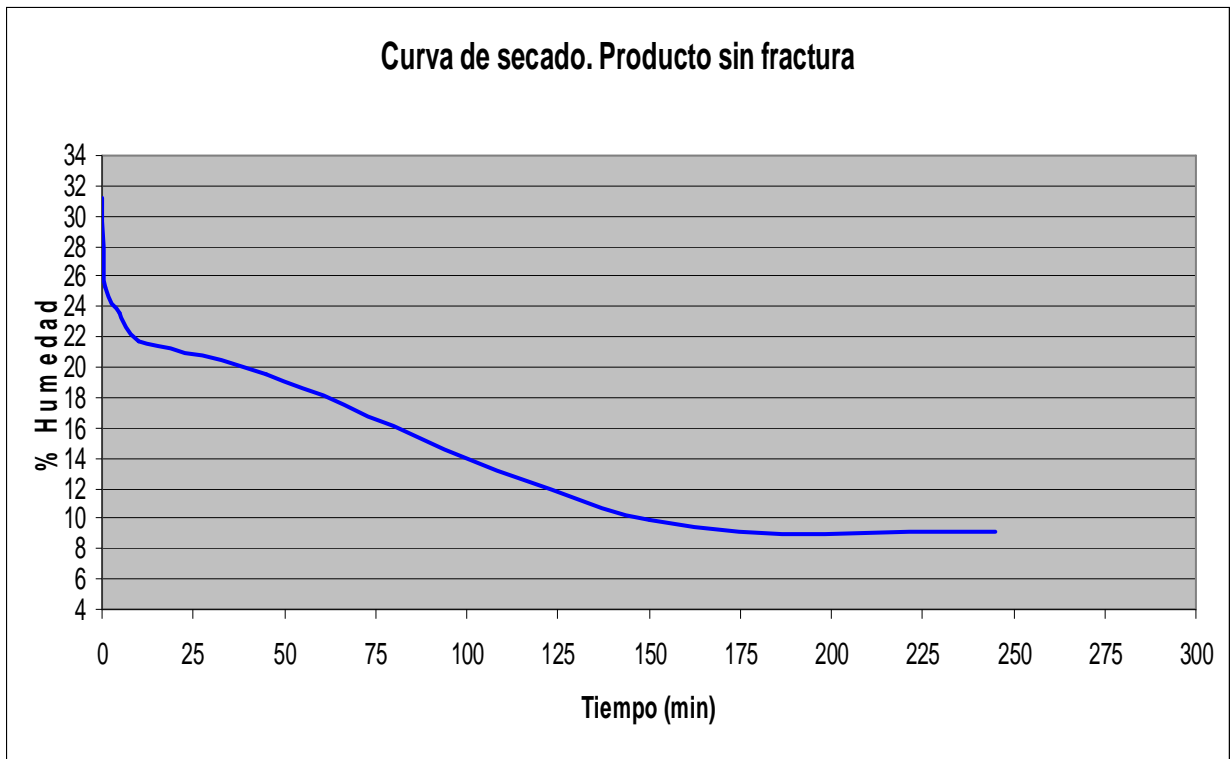


Figura 9. Esquema del secador.

Se disminuyó el tiempo de estancia en la tercera parte del secado para llegar a tener una humedad final de 9.1% a comparación de 7.8% que presenta la gráfica 1. Estos resultados se muestran en la gráfica 2.



Gráfica 2. Curva de secado de un producto sin fractura.

Por lo que se puede observar en la gráfica 1, el tiempo de estancia en la tercera parte del secado es demasiado, por lo que se trató de compensar en los parámetros o variables de operación (tabla 2). La propuesta es aumentarlo 10 minutos en los pisos 2 y 3 y disminuirlo 30 minutos en el piso 4.

Se puede observar en la gráfica 2 que el tiempo de secado es menor al de la gráfica 1, este tiempo se definió con las premisas mencionadas.

Otros movimientos que se hicieron fueron el aumento de la temperatura del presecador y la disminución de la humedad relativa, con el fin de poder extraer la mayor cantidad posible de humedad para llegar al piso 2 con una humedad en el producto de aproximadamente 15%.

Se aumentaron temperaturas en el piso 1 y 2 del secador para igualar la temperatura del presecador y generar un tiempo de estabilización del producto a una temperatura constante pero con un aumento de la humedad relativa de este piso para no llegar a secar de más el pellet.

En el piso 3 del secador se aumentó la temperatura a los parámetros anteriores pero también se aumentó la extracción de la humedad relativa del producto, ocasionando una mayor extracción de la humedad del producto.

En el piso 4 del secador se aumentó la temperatura del piso y la extracción de humedad, en particular, en este piso se tenía muy poca extracción por lo que el producto se volvía a hidratar.

Al hacer la revisión del pellet elaborado con los nuevos parámetros se encuentran las siguientes conclusiones:

El pellet no presenta fractura recién elaborado, al revisarse 48 horas después de la elaboración y a los 2 meses de haberse elaborado, figura 10.

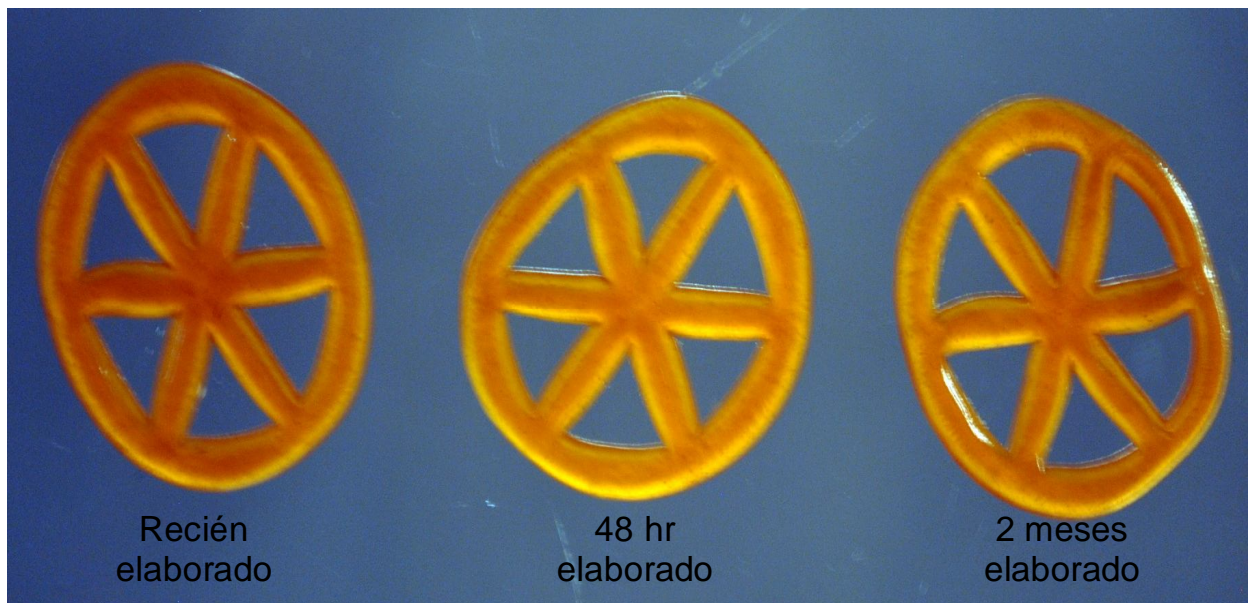


Figura 10. Secuencia de la no fractura en el pellet.

El pellet ya freído presenta una mejora sustancial en la estructura del mismo. Anteriormente presentaba una porosidad excesiva y con este tipo de secado la estructura es más cerrada y mantiene la característica crocante del producto, figura 11 y figura 12 respectivamente.



Figura 11. Freído de un pellet sin fractura.

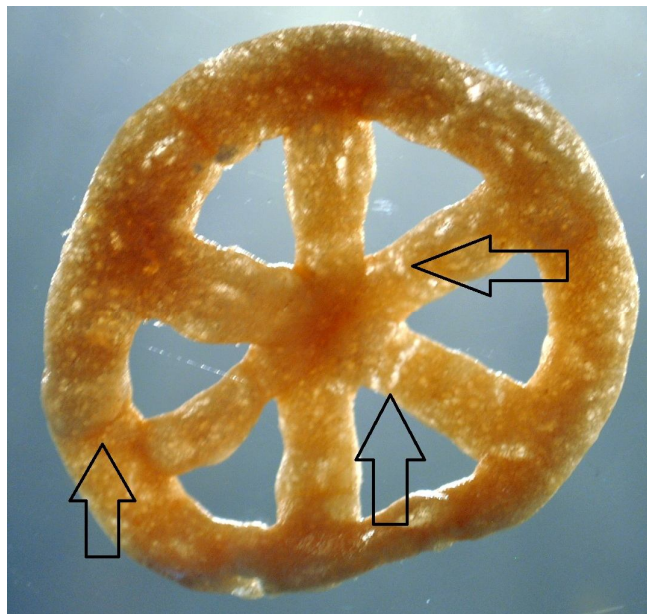


Figura 12. Freído de un pellet fracturado.

Variables Modificadas en el Secado		
	Anterior	Propuesta
Temperatura del presecador SP	80.0000	82.0000
Humedad del presecador SP	10.0000	0.3000
Velocidad del piso 2 del secador SP	480.0000	450.0000
Velocidad del piso 3 del secador SP	450.0000	400.0000
Velocidad del piso 4 del secador SP	400.0000	450.0000
Temperatura del piso 1 del secador SP	80.0000	82.0000
Temperatura del piso 2 del secador SP	78.0000	80.0000
Humedad del piso 2 del secador SP	12.0000	7.4198
Temperatura del piso 3 del secador SP	76.2410	79.7901
Humedad del piso 3 del secador SP	20.0000	14.8907
Temperatura del piso 4 del secador SP	77.2410	79.5802
Humedad del piso 4 del secador SP	4.5000	35.0000
Temperatura del piso 5 del secador PV	73.2651	71.6926

Tabla 2. Variables modificadas en el secado.

MÉTODOS Y RECURSOS EMPLEADOS

Para resolver este problema se utilizaron los siguientes procedimientos:

- Análisis de causa - efecto. Para identificar las posibles causas raíz del problema de la fractura.
- Análisis de humedad del pellet. Para conocer la humedad del producto y sus comportamientos en el freído.
- Análisis de la actividad acuosa (a_w). Para asegurar que el producto sea inocuo se mandó a analizar al laboratorio a un laboratorio externo (CIATEJ).
- Investigación en libros de pasta para mesa. Existe poca información publicada en lo que respecta a la pasta para la elaboración de botana puesto que es un producto muy característico de México, por lo que se trató de utilizar conocimiento de la pasta para mesa y aplicarlo a este proceso.
- Asesorías del Dr. Sergio O. Serna – Saldivar para el control del proceso de la elaboración de pasta para botana.

OBJETIVOS ALCANZADOS

Al tener los resultados de la propuesta realizada, se observa que no presenta fractura el pellet con respecto al tiempo, por lo que se puede asegurar que los movimientos fueron satisfactorios.

La respuesta de los clientes ha sido muy buena puesto que responde a sus necesidades, así como a la venta del producto en la empresa teniendo una pellet como se muestra en la figura 13.

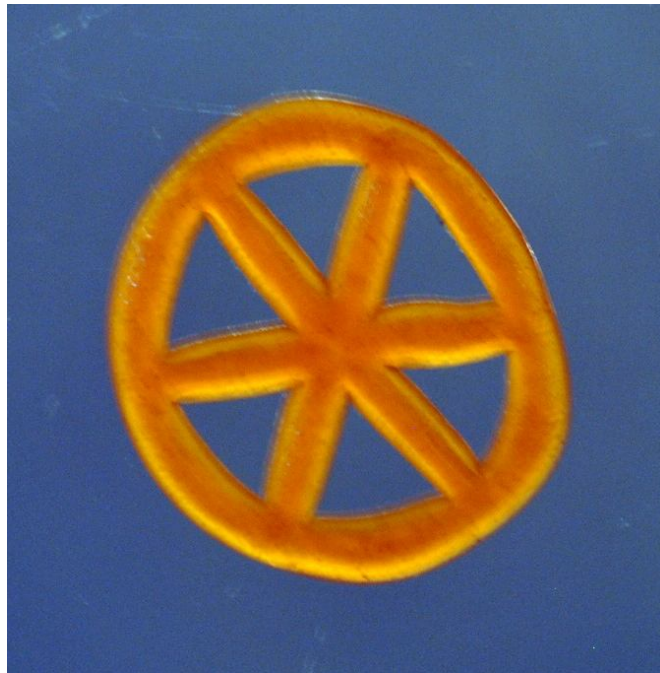


Figura 13. Pellet no fracturado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para la solución de la fractura en el corte no se puede llegar a acelerar el tiempo que tarda en estabilizar las temperaturas en los extrusores y las humedades de masa en tan poco tiempo. Se pueden llegar a tener, con un buen análisis de comportamiento de una producción anterior, condiciones de operación más cercanas a las condiciones requeridas de la producción.

Se recomienda seleccionar, mediante análisis físicos los inicios y colas de la producción para evitar que salga producto con fractura.

Para las condiciones de operación del proceso se encontró que no se tenían dos etapas de estabilización en el proceso de secado y no mantenía una humedad relativa en los pisos adecuada para evitar formar capas más secas en el pellet y con esto tener condiciones para su fractura.

Las temperaturas de secado, aunque fueron un poco más altas que las anteriores, ayudaron a tener una buena eliminación de agua en el producto.

Se recomienda estar verificando en cada inicio de producción los parámetros ya sugeridos para evitar la fractura del pellet, el tener en cuenta que las zonas de estabilización son las más importantes para la evaporación y que las temperaturas de la segunda parte del secado y el inicio de la tercera parte del secado deben de ser similares para no tener un choque térmico en el producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Serna – Saldivar, Sergio O. “Industrial Manufacture of Snack Foods”, pp. 235 – 257, Kennedy’s Books Ltd, United Kingdom, 2008.
2. Kill, R.C., Turnbull, K., “Tecnología de la elaboración de pasta y sémola”, pp. 167 – 185, Acribia, España, 2001.
3. *Ibid*, p. 173.
4. Moreno B., *et al.* “Microorganismos de los alimentos” pp. 3 – 89, Acribia, España, 1983.
5. Kill, R.C., Turnbull, K., *loc cit.*, p. 174.
6. Kill, R.C., Turnbull, K., *op cit.*, p. 173.
7. *Ibid*, p. 173.