

5
20
1995 FEB 20
CUAUTITLAN



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



**“ APLICACION DEL CONTROL ESTADISTICO DE
CALIDAD EN UNA INDUSTRIA DE SABORES
PARA ALIMENTOS ”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA EN ALIMENTOS**

P R E S E N T A

MARIA ISABEL AVILA ROBLEDO

ASESORA: I. A. ROSALIA MELENDEZ PEREZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

FEBRERO DE 1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FALLA DE ORIGEN FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZADA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Aplicación del Control Estadístico de Calidad en una Industria
de Sabores para Alimentos.

que presenta la pasante: María Isabel Avila Robledo

con número de cuenta: 8218410-4 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 25 de Enero de 1995

PRESIDENTE Ing. Juan R. Garibay Bermudez

VOCAL Dra. Sara E. Valdés Martínez

SECRETARIO I.A. Rosalía Meléndez Pérez

PRIMER SUPLENTE Dra. Raquel López Arellano

SEGUNDO SUPLENTE Dr. José Luis Arjona Román

Doy gracias a Dios por mi existencia y por permitirme cumplir uno de mis grandes objetivos.

Gracias a mis padres por su amor, confianza, apoyo y estímulo que siempre me han brindado.

A mis hermanos Araceli,
Acsia, y Antonio, y a los peques de la
familia, Iván y Nidia.

A mi asesora por su ayuda y consejo
para la realización del presente trabajo.

**A mi pareja, por la felicidad que trae a
mi el permítame contar con alguien como él.**

INDICE

| | Pág. |
|---|-----------|
| Indice de cuadros y figuras | 9 |
| Introducción | 11 |
| Capítulo I Antecedentes. | |
| 1.1 Métodos estadísticos de control | 15 |
| 1.1.1 Muestreo de aceptación | 15 |
| A. Curva de operación | 16 |
| B. Muestreo de aceptación por atributos | 18 |
| C. Muestreo de aceptación por variables | 19 |
| 1.1.2 Gráficas de control | 19 |
| A. Gráficas de control por variables | 20 |
| B. Gráficas de control por atributos | 21 |
| 1.2 Saborizantes | 22 |
| 1.2.1 Clasificación de sabores | 23 |
| 1.2.2 Componentes de los sabores | 25 |
| 1.2.3 Fabricación de sabores artificiales | 26 |
| 1.3 Control de calidad | 27 |
| 1.3.1 Control de calidad en materias primas | 28 |
| A. Técnicas para el control de materias primas | 29 |
| B. Especificaciones | 30 |
| 1.3.2 Control de calidad en material continente | 31 |
| Capítulo II Desarrollo Metodológico. | |
| 2.1 Objetivos | 40 |
| 2.2 Cuadro metodológico | 41 |
| 2.3 Descripción del cuadro metodológico | 42 |
| 2.3.1 Clasificación de insumos por grupos | 42 |
| A. Materias primas | 42 |
| B. Material continente | 45 |

Capítulo III Resultados y Análisis.

| | Pág. |
|---|-------------|
| 3.1 Materias primas | 50 |
| 3.1.1 Sólidos. Dióxido de silicio | 50 |
| 3.1.2 Líquidos. Aceite esencial de naranja c.p. | 55 |
| 3.1.3 Mezclas. Extracto blando de alholvas | 59 |
| 3.2 Material continente | 63 |
| 3.2.1 Definición de límites de control para material continente | 63 |
| A. Cajas de cartón corrugado | 63 |
| B. Envases de vidrio | 65 |
| C. Tapas | 67 |
| 3.2.2 Establecimiento del plan de muestreo | 69 |
| A. Uso de curvas de operación | 69 |
| B. Norma MIL-STD-105D | 70 |
| Conclusiones | 72 |
| Bibliografía | 73 |

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| | | Pág. |
|--------------------------------------|---|------|
| Antecedentes | | |
| Cuadro 1 | Requerimientos mínimos para el control de calidad de sabores | 32 |
| Cuadro 2 | Características y usos generales de corrugados. | 34 |
| Cuadro 3 | Características generales de tapas | 38 |
| Desarrollo Metodológico | | |
| Cuadro 4 | Tamaño de muestra según el número de envases en el embarque | 43 |
| Resultados | | |
| Lotes de dióxido de silicio. | | |
| Figura 1 | Gráfica de rangos para el porcentaje de humedad | 50 |
| Figura 2 | Gráfica de medias para el porcentaje de humedad | 51 |
| Figura 3 | Gráfica de rangos para la absorción de aceite | 52 |
| Figura 4 | Gráfica de medias para la absorción de aceite | 52 |
| Figura 5 | Gráfica de rangos para el porcentaje residual | 53 |
| Figura 6 | Gráfica de medias para el porcentaje residual | 54 |
| Lotes de aceite esencial de naranja. | | |
| Figura 7 | Gráfica de rangos para la densidad | 55 |
| Figura 8 | Gráfica de medias para la densidad | 56 |
| Figura 9 | Gráfica de rangos para el valor ácido | 56 |
| Figura 10 | Gráfica de medias para el valor ácido | 57 |
| Figura 11 | Gráfica de rangos para la extinción específica | 58 |
| Figura 12 | Gráfica de medias para la extinción específica | 58 |
| Lotes de extracto blando de alholvas | | |
| Figura 13 | Gráfica de rango móvil para la viscosidad | 59 |
| Figura 14 | Gráfica de observaciones individuales para la viscosidad | 60 |
| Figura 15 | Gráfica de rango móvil para el porcentaje de sólidos | 61 |
| Figura 16 | Gráfica de observaciones individuales para el porcentaje de sólidos | 61 |
| Figura 17 | Gráfica de rango móvil para el pH | 62 |
| Figura 18 | Gráfica de observaciones individuales para el pH | 62 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| Lotes de atados de cajas de cartón corrugado | |
| Figura 19 Gráfica de fracción defectuosa | 64 |
| Figura 20 Histograma de frecuencias de la fracción defectuosa | 64 |
| Lotes de envases de vidrio. | |
| Figura 21 Gráfica de fracción defectuosa | 65 |
| Figura 22 Histograma de frecuencias de la fracción defectuosa | 66 |
| Lotes de tapas. | |
| Figura 23 Gráfica de fracción defectuosa | 67 |
| Cuadro 5 Distribución de frecuencias para la fracción defectuosa | 68 |
| Plan de muestreo. | |
| Cuadro 6 Probabilidad de aceptación para el plan de muestreo | 69 |
| Figura 24 Curvas de operación. | 70 |
| Cuadro 7 Plan de muestreo general para cajas de cartón corrugado | 71 |

INTRODUCCION.

En la actualidad, la necesidad de incrementar la exportación de productos y bienes es un objetivo imperante en el contexto industrial mexicano y dentro de esta actividad existen dos variables fundamentales que requieren de atención especial por parte tanto de las empresas privadas cuanto de las públicas. Estas variables son el precio y la calidad. El precio debe ser lo suficientemente competitivo para penetrar en los mercados internacionales, y dependerá del mejoramiento técnico, organizacional y humano de los procesos y sistemas de las empresas interesadas en la exportación. La calidad de los productos hechos en México debe ser la necesaria, ni más ni menos, lo cual se cumplirá siempre y cuando se tenga un enfoque moderno y actualizado del sistema total de la calidad (8).

Dirigiendo el interés hacia la industria de sabores en México, se observa que ésta consolida sus operaciones en el año de 1965 a raíz de la modificación que se realizó a la Tarifa de Impuesto General de Importación. Antes de esta disposición las mezclas de productos se importaban con facilidad, en tanto que las materias primas se encontraban altamente gravadas, lo que propiciaba su comercialización en lugar de su industrialización.

La expansión que ha tenido éste sector es notorio, pues en la actualidad se calcula que existen 80 empresas, con el propósito de abastecer a sus principales consumidores, como son los fabricantes de refrescos, dulces, galletas, productos lácteos y alimentos en general (15).

La eliminación de las barreras al comercio entre México, Canadá y E. U. A. da lugar a que nuestro mercado se encuentre demasiado competido. No podemos darnos el lujo de adivinar si se están satisfaciendo las necesidades del cliente. Mientras más se entienda el mercado, mejores serán las decisiones. Esto se traduce en procesos mejorados, mayor calidad del producto y mayor satisfacción del cliente. Estableciendo así, que el objetivo principal de todo programa de control de calidad es prevenir la fabricación de un producto defectuoso, más que identificar un problema después de que ha ocurrido.

El control de calidad es una forma de mantenimiento destinada a prevenir que los problemas ocurran, es por lo tanto de gran importancia, que los problemas sean identificados y que a su vez los programas estén diseñados de una manera que no sólo midan los factores que afectan la calidad, sino que también provean rápidamente las respuestas adecuadas para poder corregir inmediatamente problemas emergentes, antes que se produzcan pérdidas de producción (12,19 y 28).

Es conveniente por lo tanto, pensar en todos los aspectos relacionados con la calidad del producto fabricado en los términos de tres funciones: Especificación, Producción e Inspección (14,20 y 31).

El instrumento que puede influir en las decisiones relativas a las funciones antes mencionadas es el Control Estadístico de Calidad, que proporciona un lenguaje común en la solución de los problemas mutuos de las tres funciones.

Considerando lo anterior y tomando como punto de referencia la necesidad de coadyuvar a que se manifieste la función del Control Estadístico de Calidad en las personas de empresas fabricantes de o para alimentos, se presenta el siguiente trabajo en el que se expone en forma breve algunas de las muchas aplicaciones que tiene el control estadístico de calidad en el control de calidad de materiales de envase, embalaje y materias primas. Se tocan a grandes rasgos los métodos estadísticos básicos con el propósito de promover el conocimiento de los mismos, y por lo tanto, ser útil en la comprensión de los procedimientos actualmente en uso.

El trabajo se divide en tres capítulos. El primero, titulado "Antecedentes", pretende dar un breve resumen de los métodos estadísticos de control de calidad (gráficas de control y muestreo de aceptación), y un panorama general de información acerca de los saborizantes para alimentos, su clasificación, composición y proceso de fabricación, y finalmente el control de calidad, visto en forma global y enfocado básicamente al control de materias primas y materiales de envase y embalaje.

En el segundo, denominado "Desarrollo Metodológico", se definen los objetivos, se muestra el cuadro metodológico y se describe el procedimiento de trabajo que se siguió.

En el tercero, llamado "Resultados y análisis", con datos obtenidos prácticamente se hace uso de las gráficas de control, las cuales son métodos estadísticos utilizados principalmente para el estudio de los procesos repetidos, se desarrolla la curva de operación como una medida importante a considerar en un plan de muestreo y finalmente se hace uso de las normas militares para el muestreo de aceptación por atributos, centrándose en la MIL-STD-105D.

En ambos casos, la utilización de dichas herramientas, tuvo como objetivo aplicar algunas de las técnicas del Control Estadístico de Calidad para fijar límites de especificación en materiales, conocer límites de variación en materias primas y establecer procedimientos de muestreo en una industria de sabores para alimentos.

Por último, es importante señalar que la calidad no se circunscribe únicamente a la parte estadística, sino que se encuentra conformado por otros elementos (tales como buenas prácticas de manufactura, análisis de riesgos y control de puntos críticos y sistemas de aseguramiento); los que en conjunto persiguen mejorar el logro de los objetivos de cualquier empresa u organización productiva, y con los cuales es conveniente que el Ingeniero en Alimentos se encuentre familiarizado, a fin de que se encuentre más ubicado en el contexto de la industria alimentaria mexicana cada vez más competida.

CAPITULO I
ANTECEDENTES.

1.1 Métodos estadísticos de control.

La estadística es el arte de tomar decisiones acerca de un proceso o una población con base en un análisis de la información contenida en una muestra tomada de tal población. Los métodos estadísticos desempeñan un cometido vital en el aseguramiento de la calidad. Constituyen los medios principales para muestrear, probar y evaluar un producto, y para usar la información contenida en esos datos a fin de controlar y mejorar el proceso de fabricación (27).

Es por ello que el objetivo principal de todo programa de control de calidad, es prevenir la manufactura de un producto defectuoso, más que identificar un problema después que este ha ocurrido. El control de calidad es una forma de mantenimiento destinada a prevenir que los problemas ocurran, es por lo tanto esencial, que los problemas sean identificados, y que a su vez, los programas estén diseñados de una manera que no sólo midan los factores que afectan la calidad, sino que también provean rápidamente las respuestas adecuadas para poder corregir inmediatamente los problemas emergentes, antes que se produzcan pérdidas de producción (12).

Para poder cumplir con lo anterior, antes de empezar la producción es necesario tener decidido lo que se va a hacer. El siguiente paso es la fabricación real del producto y finalmente determinar si el producto elaborado responde a lo que se había propuesto. Siendo así conveniente pensar en todos los aspectos relacionados con la calidad del producto fabricado en los términos de estas tres funciones: Especificación, Producción e Inspección (12, 16 y 21).

El control estadístico de calidad debe considerarse como el instrumento que puede influir en las decisiones relacionadas con las tres funciones. Dos de las herramientas estadísticas más utilizadas en control de calidad se describen a grandes rasgos a continuación.

1.1.1 Muestreo de aceptación.

El propósito de éste muestreo es el de determinar una manera de actuar, y no el de encontrar la calidad del lote. El muestreo de aceptación determina un procedimiento, que si se aplica a una serie de lotes, dará un riesgo especificado en cuanto a la aceptación de lotes de una calidad dada. En otras palabras, el muestreo de aceptación da un margen de seguridad en cuanto a la calidad (7).

El efecto indirecto en el muestreo de aceptación respecto a la calidad, puede ser mucho más importante que los efectos directos. Cuando el producto de un proveedor es rechazado, con frecuencia ocurren una de dos cosas; el proveedor puede tomar medidas para mejorar los métodos de producción, o el cliente puede ser obligado a buscar otras fuentes de suministros.

De ahí, la importancia de crear un grupo de proveedores confiable, mediante la evaluación periódica y el apoyo constante, el cual se logra con actividades como el control del material (a través de técnicas de laboratorio y métodos estadísticos), y auditorías al sistema de calidad en la localidad de manufactura del fabricante.

Por otra parte, si el muestreo de aceptación es utilizado por un fabricante en varias etapas de la producción, puede tener efectos favorables con respecto a la calidad de la producción. Si la compañía descuida en una inspección final las mercancías enviadas a los clientes, puede generarse una actitud desobligada dentro del personal de producción en cuanto a la calidad, y considerar de esta forma que es más importante la cantidad de producción que la calidad. Las inspecciones finales pueden ser no tan eficaces como se cree; por su carácter monótono y aburrido, un buen porcentaje de productos defectuosos podrá pasar la inspección, mientras mayor sea la cantidad, menor será la calidad de la inspección (22 y 27).

Estableciendo un programa de muestreo de aceptación, el costo de vigilar y repetir el trabajo puede ser cargado al departamento de producción. El personal se hará consciente de la calidad, y habrá interés en ésta, tanto por parte del departamento de inspección como de producción. La regla podría ser: "Hagámoslo bien desde la primera vez" (20).

Hay varias maneras de clasificar los planes de muestreo para aceptación. Una clasificación importante es por atributos y por variables. Las variables, naturalmente, son características de calidad que se miden en una escala numérica. Los atributos son características de calidad que se expresan en forma de "pasa, no pasa".

A. Curva de Operación (7, 16 y 27).

Una medida importante del funcionamiento de un plan de muestreo para aceptación es la curva característica de operación (CO), la cual cuantifica en forma aproximada los dos tipos de errores que se pueden cometer, cuyas probabilidades se denominan como (7):

$\alpha = P(\text{cometer error tipo I}) = P(\text{rechazar el lote bueno}).$

$\alpha = \text{riesgo del productor.}$

$\beta = P(\text{cometer error tipo II}) = P(\text{aceptar el lote malo}).$

$\beta = \text{riesgo del consumidor.}$

La curva de operación, es también una gráfica de la probabilidad de que el plan acepte el lote, en función de la verdadera proporción de defectuosos en dicho lote.

Debe advertirse que la curva CO no predice la calidad de los lotes sometidos a inspección, sino que solamente indica la probabilidad de aceptar lotes que tengan determinada proporción de defectuosos, dada antes de la inspección. En otras palabras, la curva CO muestra los porcentajes de lotes probados que se aceptarían, si una gran cantidad de lotes con cierta calidad especificada se sometieran a inspección (16).

Para construir la curva característica de operación, se traza una gráfica de línea continua, determinando la probabilidad de aceptación para varios valores de la calidad de entrada (p), en el eje horizontal. La probabilidad de aceptación (P_a) en el eje vertical (de 0 a 1), es la probabilidad de que el número de unidades defectuosas en la muestra, sea menor o igual que el número de aceptación del plan de muestreo.

El cálculo de la (P_a) se puede hacer mediante las distribuciones hipergeométrica (lotes de tamaño finito), binomial (lotes de tamaño infinito) y Poisson (aproximación de la binomial). Básicamente se pueden distinguir dos tipos de curvas características de operación (CO):

- Las del tipo A, en las que la probabilidad de aceptación está en función de la calidad del lote de tamaño finito. Se debe utilizar la distribución hipergeométrica y la gráfica es discontinua, pero en la práctica se utiliza aproximadamente la distribución binomial o de Poisson y se gráfica en forma continua.

- Las del tipo B, en las que la probabilidad de aceptación están en función de la calidad del producto (N infinito), con distribución binomial o aproximando con la distribución de Poisson más fácilmente, y la gráfica es continua.

Desafortunadamente, es casi imposible obtener en la práctica la curva ideal CO. En teoría, se podría lograr mediante una inspección al 100 %, si ésta fuera sin errores. Sin embargo, es posible acercarse a la forma de la curva CO ideal incrementando el tamaño muestral, así, la precisión con que un plan de muestreo distingue entre lotes buenos y malos

crece, es decir, cuanto más grande sea la pendiente de la curva CO, tanto mayor será el poder discriminatorio (7, 16 y 27).

B. Muestreo de aceptación por atributos.

En lo que a planes de muestreo de aceptación por atributos se refiere, la Norma MIL-STD-105D es la más ampliamente usada.

Su punto básico es el nivel aceptable de calidad o AQL que es el máximo por ciento defectuoso (o el número máximo de defectos por cada cien unidades), que para fines de una inspección de muestreo, puede considerarse satisfactorio.

Cabe comentar además, que un defecto es cualquier discrepancia de la unidad de producto, con los requisitos especificados, agrupándose en una o más de las siguientes clases (7 y 16):

- Defecto crítico. Es aquel que el juicio y la experiencia indica que puede transformarse en una situación peligrosa o de poca seguridad para los individuos que lo usen, mantengan o dependan del producto, o un defecto que el juicio y la experiencia indican que probablemente evitará la realización de la función básica de un elemento mayor.

- Defecto mayor. Es aquel que no siendo crítico, puede convertirse en fallas o reducir en forma considerable la utilidad de la unidad de producto para el propósito previsto.

- Defecto menor. Es aquel que no reducirá en forma importante la utilidad de la unidad de producto en cuanto a su finalidad, o que se separará de las normas establecidas, teniendo poca relación con el uso u operación eficaz de la unidad.

Además de una decisión inicial acerca de un AQL, es también necesario decidir acerca del nivel de inspección, que determina la relación entre los tamaños del lote y la muestra. Se ofrecen tres niveles generales de inspección, El nivel II es el que se considera como normal, el nivel I puede especificarse cuando se necesita menos selección, y el nivel III cuando se requiere una diferencia mayor.

El esquema de muestreo consiste en una combinación de un proceso de muestreo normal, uno de muestreo severo y uno de muestreo reducido, con reglas para cambiar de uno a otro. La MIL-STD-105D ofrece además tres tipos de procedimientos de muestreo: sencillo, doble y múltiple. La selección entre uno y otro se hace generalmente sobre la base de la conveniencia administrativa. Debido a la posibilidad de escoger entre los tres tipos de

procesos, el estándar no muestra inmediatamente el tamaño de la muestra, sino que suministra inicialmente una letra código para el tamaño. Esto, junto con la decisión del tipo de procedimientos, señalan el proceso de muestreo específico por utilizar (27).

C. Muestreo de aceptación por variables.

Para muestreo de aceptación por variables, la llamada MIL-STD-414 fue emitida en 1957, para ser utilizada como alternativa a la norma de atributos 105D (7).

Dentro del intervalo de 0.04 a 15 las variables estándar se clasifican para los mismos AQL que para los atributos estándar, pero las clases de tamaño de lote son diferentes. Hay cinco niveles generales de inspección siendo el IV el considerado como normal. Al igual que los atributos estándar, utiliza letras código para el tamaño de la muestra en ambas normas y contiene únicamente procedimientos de muestreo sencillo (12, 25 y 27).

La MIL-STD-414 se divide en 4 secciones. La sección A es una descripción general de los procesos de muestreo. Explica las diversas palabras utilizadas, define ciertas clases de defectos, e indica qué método debe usarse para la selección de la muestra. Una parte especial de la sección A trata los atributos mezclados y el muestreo por variables, cuando los lotes han sido inspeccionados previamente para cumplir determinadas especificaciones. La sección B del estándar da procesos variables basados en la desviación estándar de la muestra para el caso en que la desviación estándar del proceso sea desconocida. La sección C ofrece procedimientos de variables basados en el rango de la muestra, o en el promedio de rangos de una muestra dividida en subconjuntos de cinco elementos cada uno, cuando la desviación estándar del proceso es desconocida, y la sección D da procesos de variables basados en la media de la muestra para el caso en que la desviación estándar del proceso se conozca (12 y 27).

1.1.2 Gráficas de control.

A muchas personas les puede sorprender el hecho de que dos productos aparentemente idénticos, elaborados bajo condiciones cuidadosamente controladas, de las mismas materias primas, y por una misma máquina, puedan sin embargo diferir en muchos aspectos.

En efecto, como ningún proceso de producción es perfecto, siempre existe una variación en la característica de calidad, provocada por un gran número de factores que pueden ser clasificados en:

Incontrolables (inherentes), que producen una pequeña variación casual y se considera que el proceso continúa bajo estricto control estadístico.

Controlables (no inherentes), que producen una variación medible y el proceso puede estar o no bajo control estadístico, dependiendo del tamaño de dicha variación.

Ya que los procesos industriales se encuentran rara vez libres de estos factores, conviene contar con algún método sistemático para detectar desviaciones serias de un estado de control estadístico cuando ocurren, o inclusive antes de que ocurran, tales desviaciones. Ese método sistemático de detección se puede tener mediante el empleo de las Gráficas de Control.

Los objetivos principales de las gráficas de control son: mejorar la calidad, aumentar la uniformidad, reducir o evitar la producción de desechos y proporcionar información acerca de la actuación de las máquinas y de los operarios.

Debe tenerse siempre en cuenta que la gráfica de control indica cuando hay que buscar el problema, pero no puede indicar por sí misma donde buscarlo, ni cual es la causa. Básicamente son de los dos tipos siguientes (7, 16, 20, 21, 25, 27 y 34):

A. Gráficas de control por variables.

Cuando se trata de medir una característica de calidad mediante una variable aleatoria continua y pueden ser:

- Para la media (\bar{X}). Se utiliza generalmente cuando el proceso es automático. Esta gráfica cuantifica la posición o medida de tendencia central. La línea central y los límites de control, tienen los siguientes valores:

$$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$LC = \bar{X}$$

$$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k} \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

Donde:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad R = X_{\text{máx.}} - X_{\text{mín.}}$$

- Para la desviación estándar (s). Se aplica cuando el proceso es manual y de excelente calidad; además es la gráfica que se recomienda cuando el tamaño de la muestra es grande (n mayor o igual a 15).

La línea central y los límites de control, tienen los siguientes valores:

$$LSC = B_4 \bar{S}$$

$$LC = \bar{S}$$

$$LIC = B_3 \bar{S}$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{k} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k X_i^2}{n} - \bar{X}^2}$$

Donde:

B_4 y B_3 Son constantes que se han determinado de acuerdo al tamaño de cada subgrupo.

- Para el rango (R). Se usa cuando el proceso es manual y de buena calidad; además es la carta que se recomienda cuando el tamaño de muestra es pequeño (n menor que 15). Esta gráfica cuantifica la dispersión en forma aproximada. La línea central y los límites de control tienen los siguientes valores:

$$LSC = \bar{R} D_4$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LIC = \bar{R} D_3$$

Donde:

D_4 y D_3 Son constantes que se han determinado de acuerdo al tamaño de cada subgrupo.

B. Gráficas de control por atributos.

Se utilizan cuando se trata de contar una variable aleatoria discreta, clasificando cada unidad del producto como defectuosa o no defectuosa, y pueden ser:

- Para el porcentaje de unidades defectuosas (p). Es la gráfica de control por atributos más versátil y utilizada; esta gráfica se aplica generalmente cuando se quiere detectar cualquier cambio en el nivel medio de calidad o para averiguar o comprobar después de cierto tiempo, el porcentaje defectuoso en el proceso.

La línea central y los límites de control serán para este caso:

$$LSC = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LC = \bar{p}$$

$$LIC = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Donde:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k p_i}{k}$$

- Para el número de unidades defectuosas (np). Se utiliza únicamente cuando n es fijo (producción constante en determinado período), y se desea comprobar el nivel de

calidad del proceso. Es similar en su forma y en la información proporcionada a la gráfica para porcentaje de unidades defectuosas, cambiando solamente la escala vertical que en este caso va de 0 a n.

Los parámetros de este diagrama son:

$$LSC = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

$$\bar{np} = \frac{\sum_{i=1}^k (np)_i}{k}$$

$$LC = \bar{np}$$

Donde:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k (np)_i}{nk}$$

$$LIC = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

- Para el número de defectos por unidad (c). Su uso es más restringido, pues debe tenerse cuidado de que el área de oportunidad de ocurrencia de un defecto permanezca constante. Son más útiles que las gráficas de control para porcentaje de unidades defectuosas, en todos aquellos casos en que es más importante conocer los defectos de un cierto producto, que el número de unidades defectuosas.

Los límites de control y la línea central están dados por:

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LC = \bar{c}$$

Donde:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k}$$

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

1.2 Saborizantes.

Sin duda alguna los saborizantes han ocupado a lo largo de la historia un papel muy importante. En nuestra alimentación cotidiana, el interés que el hombre ha tenido sobre el particular, se remonta a los principios de la humanidad.

No se sabe con certeza cuál fué, cómo, cuándo y dónde se empleó el primer saborizante, ya que las primeras referencias sobre este tema se hayan en conflicto. Únicamente se puede asegurar que el primer saborizante empleado fué de origen natural, y existen informaciones teóricas que las especias y mezclas de éstas, o la sal, fueron los primeros saborizantes que empleó el hombre primitivo (15).

Antes de continuar, es necesario señalar la diferencia entre un sabor y un saborizante. Según Givaudan, el "sabor" se define como la sensación que se percibe en la boca cuando un alimento o bebida se ingiere, estimulando los sentidos del gusto y olfato, y el "saborizante" es una sustancia natural, química, o mezcla de ambas que proporciona uno o todos los efectos que permiten paladear un alimento o bebida en la boca (15).

En el Diario Oficial de la Federación con fecha 18 de Enero de 1988, en el artículo 688 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, se define a los sabores de la siguiente manera:

"Se entiende por saborizador o aromatizante, a la sustancia o mezcla de sustancias de origen natural, los idénticos a los naturales y las sintéticas artificiales, con o sin diluyentes inocuos, agregados o no, de otros aditivos que se utilizan para proporcionar o intensificar el sabor o aroma de alimentos y bebidas".

1.2.1 Clasificación de sabores.

La clasificación de los productos aromáticos puede realizarse en base a criterios químico-funcionales, propiedades químicas o árboles genealógicos químicos. En México, el Reglamento de la Ley General de Salud (45) hace la clasificación de sabores de la siguiente forma:

a) Aceites esenciales naturales y sus mezclas. Son aquellos productos volátiles, concentrados o no, de consistencia oleosa, extraídos de los vegetales, de los cuales constituyen el principio oloroso o sávido, que pueden mezclarse y adicionarse de aromatizantes naturales.

b) Concentrados no naturales de aceites esenciales. Son los productos obtenidos de los aceites esenciales naturales, pudiendo estar adicionados de gomas, enturbiaadores, acidulantes, colorantes, jugos de frutas u otros de los aditivos permitidos, con excepción de sustancias aromáticas artificiales.

c) Esencias naturales. Son los productos obtenidos por dilución de los aceites esenciales naturales en alcohol etílico, propilén glicol u otro diluyente autorizado.

d) Concentrados de aceite esencial con jugo de fruta. A esta denominación corresponden los concentrados de aceite esencial que contienen jugo o pulpa de la fruta

correspondiente o su equivalente del jugo concentrado, declarando el porcentaje del mismo, pudiendo estar adicionado de colorantes, emulsivos u otros de los aditivos permitidos, con excepción de sustancias aromáticas sintéticas artificiales.

e) Concentrado de frutas. Son los productos que contienen jugo o pulpa de la fruta correspondiente o del equivalente de la pulpa o jugo concentrado, declarando el porcentaje del mismo, pudiendo estar adicionado de colorantes, emulsivos u otros de los aditivos permitidos, con excepción de sustancias aromáticas sintéticas artificiales.

f) Bases artificiales. Con esta denominación se entienden los productos obtenidos por mezcla de sustancias aromáticas artificiales. Pueden contener aceites esenciales y hasta un 10% de alcohol etílico, propilén glicol u otros diluyentes apropiados.

g) Esencias artificiales. Son los productos obtenidos por dilución de las "Bases artificiales" en alcohol etílico, propilén glicol u otro diluyente apropiado, o bien por preparación directa a partir de sus componentes.

h) Concentrados artificiales. Se denominan así los productos que contienen sustancias aromáticas artificiales, pudiendo estar adicionados de sustancias aromáticas naturales, colorantes, emulsivos, acidulantes, jugos de frutas u otros aditivos permitidos.

i) Concentrados artificiales con jugos de fruta. Son aquellos productos que corresponden por su composición a los "Concentrados artificiales" pero que contienen jugo o pulpa del fruto o la cantidad equivalente de la fruta o jugo concentrado, declarándose el porcentaje del mismo.

j) Extractos destilados aromáticos o sabores. Son aquellos productos obtenidos de los vegetales por maceración, destilación u otros procedimientos que permiten extraerles los principales saborizantes y aromatizantes."

1.2.2 Componentes de los sabores.

Los sabores están compuestos en su totalidad por sustancias aromáticas que son seleccionadas para contribuir específicamente a alguna nota particular en la mezcla final. Algunos de los productos que los componen se anotan a continuación (13 y 15):

Productos de origen natural.

- Aceites esenciales y derivados.
- Oleorresinas.
- Especies.
- Hierbas.
- Extractos.
- Bálsamos.
- Resinoides.
- Jugos concentrados de frutas y derivados.

Productos químicos orgánicos artificiales y sintéticos.

- Compuestos oxigenados (alcoholes, aldehidos, cetonas, ácidos, ésteres y sus derivados).
- Compuestos de nitrógeno y azufre (pirazinas, tiazoles, mercaptanos).
- Terpenos.
- Lactonas.
- Fenoles.

Disolventes y vehículos.

- Alcohol etílico.
- Propilén glicol.
- Sal.
- Gomas vegetales.
- Almidones modificados.
- Grasas.
- Agua.

Coadyuvantes.

- Antioxidantes.
- Colorantes.
- Potenciadores.
- Edulcorantes.
- Conservadores.

Finalmente, los saborizantes sin importar su composición se encuentran disponibles como: líquidos y polvos; la elección de cual utilizar dependerá de la naturaleza del producto final al que se incorpore.

1.2.3 Fabricación de sabores artificiales.

En el proceso de fabricación de saborizantes es necesario realizar una evaluación cuidadosa de todos los factores que intervienen en la producción; como son la calidad de las materias primas y materiales, operaciones como el pesado, la agitación, la filtración, la homogeneización, la temperatura, etc.; y que determinan aquellas características que deben ser mantenidas bajo un estricto control, para asegurar que el producto final cumpla las especificaciones físicas, químicas, organolépticas, etc. que le hayan sido establecidas. Pero además, contar con una buena formulación que restituya la imagen del sabor modelo en diferentes instantes, lo que es la mayor dificultad: sabor inicial, primera percepción por vía retronasal, cuerpos y efectos residuales deben, en cada caso, recordar al producto del que el sabor hace referencia. Y también, la formulación debe tener en cuenta no solamente su propia fabricación industrial, sino los tratamientos que ella ha de sufrir cuando se incorpore al alimento (15).

Lo esencial en la fabricación de saborizantes consiste en una o varias operaciones de mezcla, más o menos complejas y formadas por sustancias aromáticas que en su gran mayoría son líquidos, como aceites esenciales y solventes que dan como resultado un producto líquido que ha disuelto los ingredientes sólidos que se encuentran presentes (como vainillina, heliotropina, mentol, etc.)

En lo que se refiere a su presentación tenemos los siguientes tipos (13 y 15):

Sabores líquidos. Considerando que las materias primas para la fabricación de los sabores, pertenecen a la química orgánica, es de suponer que su grado de polaridad presenta niveles bajos, orientándose, en la mayoría de los casos a la no polaridad, es por ello que para lograr su incorporación en agua, base de muchos productos alimenticios, es necesario emplear vehículos miscibles en agua, presentando las siguientes modalidades:

a) Saborizantes líquidos por mezcla o disolución. Como su nombre lo indica se obtienen por la mezcla de diferentes compuestos aromáticos líquidos y sólidos, pudiendo contener o no productos naturales como resinoides, oleorresinas y aceites esenciales. A esta mezcla comúnmente se le denomina "base".

Las diluciones de estas bases con un solvente apropiado (alcohol, propilén glicol, aceite vegetal, etc.) son los sabores líquidos comercializables.

b) Saborizantes líquidos por extracción. Son aquellos en los que una base cuyo ingrediente principal es un aceite esencial, se trata con una solución hidroalcohólica de 60-70° G.L. con el objeto de hacer una extracción líquido-líquido, en la que por fenómeno de solubilidad selectiva, se logra separar aquellos componentes poco solubles (terpenos) de una solución líquida separada en dos fases.

c) Saborizantes líquidos por emulsión. Consisten en una dispersión homogénea en un sistema líquido-líquido, en una fase acuosa continua, a la que se ha añadido algún producto con propiedades emulsionantes y una fase oleosa discontinua como lo es la base.

Sabores en polvo. También identificados como sabores secados por aspersión, los aromáticos están encapsulados por una capa protectora de alguna goma o almidón modificado. Este proceso protege a los sabores de la oxidación, la evaporación o la polimerización; de esta forma son estables en periodos de almacenamiento más prolongados que los sabores líquidos. El impacto sensorial de los sabores secados por aspersión es apagado al principio, pero cuando los aromáticos se humectan, son liberados y se logra un aroma y sabor completos.

1.3 Control de calidad.

El término control de calidad es de los más ampliamente utilizados en el mundo industrial y tecnológico. Cada vez más empresas cuentan con un departamento de control de calidad y con ello se presupone que quieren dar a entender que cuando sus productos salen de las fábricas, han sufrido una serie de controles encaminados a garantizar que lo que llega al público, con toda seguridad, va a satisfacer las cualidades que de él se esperan.

Tradicionalmente se ha realizado en mayor grado sobre el producto terminado. Hay una serie de métodos para el muestreo al azar de un determinado número de productos de un lote, con el fin de establecer los índices estadísticos sobre el criterio de aceptar o no el lote. Es decir, en las empresas se tiene una sección que fundamentalmente controla los productos elaborados, y de encontrar defectos, los reporta a la dirección, procurando localizar al responsable de la falla. Bajo este concepto, en base al examen del producto terminado, el control de calidad en un proceso se basa en tratar, con datos matemáticos y estadísticos, los valores analíticos obtenidos, con el fin de elaborar índices que fundamentalmente informen sobre la exactitud y la precisión de los resultados generados (1, 4, 5, 22 y 33).

Sin embargo, es sólo una pequeña parte de lo que ha de ser en la industria ya que éste ha de abarcar todo el proceso analítico, tratamiento estadístico de los resultados, validación de los mismos y archivos, sin olvidar todo lo relacionado con la infraestructura del laboratorio, equipamiento, seguridad y capacitación del personal.

Sumado a lo anterior y considerando la influencia que aportan materias primas y materiales en la calidad final y en el costo directo del producto terminado, debemos eliminar las causas asignables de error, de modo que las causas restantes de variación sean fortuitas, es decir, sólo debidas al azar.

1.3.1 Control de calidad en materias primas.

El control de calidad involucra a todos los departamentos de una compañía y se podría decir que la calidad empieza en el departamento de compras, ya que éste debe encontrar los proveedores que la compañía necesita y su tarea es traer a la planta los de más alta calidad al costo más razonable.

Por otra parte, debe existir una relación estrecha entre el departamento de compras y los laboratorios de control a fin de evaluar las muestras de materia prima que son ofrecidas a la compañía para decidir que aunque cierto o ciertos productos fueran de muy alta calidad, su costo pudiera ser demasiado elevado de tal manera que el precio del producto final pudiera no ser competitivo en el mercado.

Lo anterior conduce a la idea moderna del control total de la calidad; concepto que fué introducido en el año de 1960, que establece que la calidad es responsabilidad de todos los integrantes de una compañía y que define a la calidad como el grado en que el producto fabricado satisface las necesidades del cliente (12, 14, 19 y 21).

El propósito del control de calidad de materias primas es el de asegurar la aceptación por la empresa, bajo una base de inspección y análisis, cuando éstos estén dentro de las especificaciones predeterminadas, cumpliendo así con los siguientes objetivos:

- Seguridad de que la calidad del producto terminado tenga las características deseadas y no falle por causa de la materia prima.

- Verificación que la materia prima posea las características que den el rendimiento y concentración deseados para un proceso dado.

- Garantizar que la materia prima tenga las características necesarias para que no se presente ninguna condición adversa o peligrosa durante el proceso de manufactura, así como el que no se desarrollen durante el almacenamiento y consumo en el producto terminado características no deseadas debido al uso de materias primas de calidad baja o "dudosa".

Por otra parte, dado que se utiliza un alto porcentaje de materias primas de fabricación nacional (sobre todo solventes) y el otro porcentaje son materias primas de importación que se obtienen, comprándolas en el país a algún importador o representante o importándolas directamente, para poder cumplir con los objetivos anteriores, es deseable tener un proveedor habitual y dos más emergentes.

El control de proveedores debe ser una actividad considerada dentro del sistema de calidad de la organización, siendo una de las actividades el evaluar la calidad de la empresa proveedora de la materia prima y para que esto se lleve a cabo, es necesario el establecer un procedimiento que defina las expectativas de calidad de la empresa y especificar la evidencia de soporte requerida de los proveedores, la cual permitirá asegurar la calidad del producto.

El éxito de las relaciones entre proveedor y cliente, exige una relación de confianza entre las dos partes, y ésta se logra a través de un sistema que permita el mejoramiento en la calidad de la organización que presta sus servicios, apoyado en un sistema de evaluación y asesoría que respalde el envío de productos con una variación reducida, procurando que independientemente del proveedor, la materia prima sea de la misma calidad.

A. Técnicas para el control de materias primas.

Las técnicas empleadas en el control de calidad de los aceites esenciales, sustancias aromáticas sintéticas y artificiales, incluyen técnicas de análisis físicas, químicas, instrumentales, microbiológicas, y de evaluación sensorial. A continuación se mencionan algunos de ellos (15, 36, y 46).

Físicas. Dentro de estas pruebas están comprendidas la densidad o gravedad específica, el punto de congelación o de solidificación, de fusión, destilación, solubilidad, residuos a la evaporación, índice de refracción y poder rotatorio específico.

Químicas. Dentro de ellas tenemos las siguientes: índice de éster (IE) y de saponificación (IS), índice de peróxidos, cuantificación de alcohol libre y total, determinación de fenoles, determinación de aldehídos y cetonas y determinación de acetatos.

Instrumentales. Encontramos 3 de uso común:

- Espectrofotómetro UV-vis: que puede usarse en la determinación de la absorbancia UV de los aceites esenciales cítricos, valor de color en las oleorresinas, etc.
- Infrarrojo: para la determinación de espectro infrarrojo de aceites esenciales, químico aromáticos y producto terminado (saborizantes).
- Espectrofotometría de absorción atómica: utilizada en la determinación de metales pesados principalmente.

Microbiológicas. Se utilizan para la determinación de microorganismos presentes en extractos, gomas vegetales, almidones, espesantes, etc. siendo las de uso común las determinaciones de organismos coliformes, bacterias mesofílicas, hongos y levaduras.

Evaluación sensorial. Es evidente que en el control de calidad de los saborizantes, es de suma importancia la evaluación sensorial de los mismos, además de cumplir con las especificaciones físicas y químicas, deben ser también aceptadas por sus cualidades de olor y gusto, las cuales deben ser similares a una muestra de referencia aprobada anteriormente por el consumidor.

Muchas veces sucede que un producto saborizante cumple perfectamente con las especificaciones físicas y químicas, pero al ser evaluada sensorialmente, se rechaza por tener notas más fuertes o más tenues a las originales, o bien por percibirse notas ajenas al producto.

Dependiendo de la materia prima de que se trate serán los parámetros a considerar para la aceptación o rechazo de un producto sin embargo, en la mayoría de los casos la pureza y la evaluación sensorial son los puntos que se consideran determinantes para el uso de una materia prima.

B. Especificaciones.

Por lo general existe un límite o tolerancia para las características físicas, químicas, microbiológicas, etc. de las materias primas y los productos finales, porque es necesario y útil tener un intervalo de referencia para aceptar o rechazar un producto.

Las especificaciones contienen estas tolerancias que son datos de importancia que permiten evaluar la calidad de una materia prima o un producto final. Si se está dentro de

los rangos establecidos se puede dar entrada al almacén y liberar el producto para su uso en producción.

Estas especificaciones son resultado de investigaciones y son emitidas por organismos oficiales como la Organización Internacional de la Industria de Sabores (IOFI), Food & Drug Administration (FDA), la Asociación de Fabricantes de Extractos y Sabores (FEMA) y el Food Chemical Codex (FCC), entre otras; cuyas actividades están encaminadas a asegurar, tanto a la industria alimentaria como a los consumidores, la calidad, inocuidad y legalidad de los sabores producidos por la industria.

Algunos de los requerimientos mínimos para el control de calidad de los sabores y de sus materias primas se contemplan en el cuadro No. 1.

Como puede observarse, las determinaciones son de uso común y van de una simple obtención de gravedad específica hasta un análisis por cromatografía gas-líquido. Cabe comentar también, que cada materia prima cuenta con características especiales, mismas que deben ser evaluadas por una técnica y/o equipo específico, según sea el caso, de esta forma la composición permitiendo así, establecer parámetros de comparación y contar con valores de referencia o patrón de los diferentes productos.

Además, es conveniente realizar un análisis de riesgos y puntos críticos de control, para tener el conocimiento de "que hay que controlar", y así contar con una base y un apoyo en el momento de comparar datos proporcionados por el proveedor con las especificaciones internas de la compañía y llevar a cabo el control de calidad de las materias primas.

1.3.2 Control de calidad en material continente.

En los conceptos más modernos de calidad en el diseño, se dice que los productos deben cumplir con los requerimientos del cliente y asegurar que, aún en condiciones extremas de uso, podrán seguir funcionando. Los materiales de envase y embalaje, en el diseño de calidad de un producto, juegan un papel importante.

Cuadro No. 1

Requerimientos mínimos para el control de calidad de sabores y sus ingredientes.

| TIPO DE PRODUCTO | CONTROL SENSORIAL | ASPECTO Y COLOR | CGL | I.R. | * BRUX | GRAVEDAD ESPECIFICA | VOL. % ALCOHOL | PUNTO DE FUSION | METALES PESADOS | CUENTA MICROBIOL | CANTIDAD DE AGUA |
|--|-------------------|-----------------|-----|------|--------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| SUST. SABORIZANTES LIQUIDAS (M. P.) | IN | IN | CN | IN | | IN | | | OC | | CN |
| SUST. SABORIZANTES SOLIDAS (M. P.) | IN | IN | CA | | | | | CA | | CN | CN |
| ACEITES ESENCIALES | IN | IN | CN | IN | | IN | | | | | CN |
| OLEORRESINAS | IN | IN | CA | CA | | | | | | | |
| HIERBAS/ESPECIAS/EXTRACTOS | IN | IN | | | | | | | | | |
| HIERBAS/ESPECIAS | IN | IN | | | | | | | | CN | |
| CONCENTRADO DE JUGOS | IN | IN | | | IN | CA | | | | CN | |
| EXTRACTOS/INFUSIONES | IN | IN | CA | CA | | IN | CN | | | CN | |
| ACARREADORES | IN | IN | | | | | | | OC | OC | OC |
| DILUYENTES | IN | IN | CA | IN | | IN | | | OC | | CN |
| ANTIOXIDANTES, CONSERVADOR, TENSOACTIVOS | IN | IN | CA | | | CA | | CA | | | CN |
| SABORES LIQUIDOS (P. T.) | IN | IN | | CA | | CA | IN | | | | CN |
| SABORES EN POLVO (P. T.) | IN | IN | | | | | | | | CN | CN |
| EMULSIONES | IN | IN | | | | IN | | | | IN | |
| CONCENTRADOS PARA BEBIDAS (P. T.) | IN | IN | | | CN | IN | | | | IN | |
| COLORANTES ORG. SINTETICOS (M. P.) | | IN | | | | | | | IN | OC | IN |
| COLORANTES ORG. NATURALES | CN | IN | | | | | | | | CN | CN |

I.R. INDICE DE REFRACCION.

CGL. CROMATOGRAFIA DE GAS LIQUIDA

P. T. PRODUCTO TERMINADO

M. P. MATERIA PRIMA

IN INDISPENSABLE

OC OCASIONALMENTE PARA COMPRAS EN CANTIDADES IMPORTANTES

CA CUANDO SEA APLICABLE

CN CUANDO SEA NECESARIO A CRITERIO DEL USUARIO

Fuente: Canacinta, Sección 29 (Química).

Casi todos los bienes manufacturados pasan por el mismo ciclo de distribución. Inmediatamente después de ser empacados son almacenados, para posteriormente ser transportados hacia un centro de distribución o almacén detallista. El proceso de transporte a otros almacenes puede repetirse en varias ocasiones hasta llegar a un almacén donde se le retira el embalaje para ser exhibido en su envase individual, donde será adquirido o utilizado el producto (18, 23 y 31).

Durante este proceso, los productos requieren de dos tipos de protección, una climática (temperatura, humedad y oxígeno) y otra mecánica (vibraciones, choques y tensiones). Las necesidades de protección del producto deben ser cumplidas por el envase y embalaje desde el proceso mismo de recepción de dichos materiales en la compañía, y es aquí, donde el control de calidad evalúa el desempeño de estos al compararlos contra especificaciones técnicas, de esta forma si el material se encuentra dentro de lo requerido es aprobado, en caso contrario es rechazado, y por consiguiente se evita la creación de problemas que posteriormente afectan en primera instancia a la fabricación de los productos.

Una especificación técnica para materiales de envase y embalaje, es un documento en el cual quedan plasmadas de manera clara y objetiva todas las características importantes del material en cuestión, características de composición, estructurales, dimensionales, de impresión, textos, niveles de calidad, condiciones de transporte, embalaje y almacenamiento (30).

Este documento se elabora cuando se ha desarrollado un nuevo material o se ha modificado uno ya existente, y se hace con una finalidad inicial básica, que tanto el proveedor o fabricante del material, así como las áreas de la empresa, tales como Compras y Control de Calidad, fabriquen, compren y analicen, un mismo material, evitando así desviaciones en los resultados obtenidos.

A continuación, se expone brevemente algunas de las características de tres materiales empleados comunmente en la industria.

Cajas de cartón corrugado (2, 30, 37, 38 y 39).

En 1856 se presentó en Inglaterra la forma de hacer papel corrugado. Al final de la primera guerra mundial, el 20% de las cajas utilizadas en embalaje eran de cartón corrugado y el 80% de madera, sin embargo al final de la segunda guerra mundial el porcentaje se invirtió.

FALTA PAGINA

No 34.a la 

En lo que respecta a los textos impresos en las cajas, éstos deben cumplir requisitos básicos como:

- Buena identificación del producto y presentación por las 4 caras.
- No. de piezas contenidas.
- Nombre y dirección de la compañía.
- Instrucciones de manejo.
- Áreas de foliado o codificación.

En lo que respecta a la información del fabricante de cajas, usualmente viene impresa en una de las tapas inferiores, donde deben aparecer datos como; resistencia a la explosión (Mullen), nombre del fabricante y fecha de fabricación.

Envases de vidrio (2, 30, 43 y 44).

El vidrio es uno de los materiales de envase que más tiempo tiene de ser utilizado. En el presente, los envases de vidrio se fabrican en todo el mundo por procedimientos altamente automatizados, lo que permite la producción en serie y con niveles de calidad constante. Algunas de las ventajas que presenta el vidrio como material de envase son:

- Transparencia. Gran cualidad mercadológica que convierte al envase de vidrio en una ventana panorámica con vista al producto.

- Barrera contra la luz. En la formulación de la mezcla se puede incluir un pigmento ámbar, que sirve de filtro a los rayos ultravioleta de la luz, evitando la oxidación de los productos ricos en grasas.

- Químicamente inerte. No tiene reacción química con ningún elemento (excepto con el ácido fluorhídrico). No interactúa con el producto contenido.

- Impermeabilidad. Las paredes de un envase de vidrio son impermeables al agua, vapores y gases.

- Rigidez estructural. Su dureza soporta esfuerzos de compresión vertical durante su estiba normal, sin romperse ni deformarse.

El vidrio no es un material cristalino en el sentido estricto de la palabra, los cristales que lo constituyen son muy pequeños, con dimensiones en el orden de 0.1 a 1 μm . Dado que por definición un cristal es una repetición estricta de unidades idénticas, es más realista

En lo que respecta a los textos impresos en las cajas, éstos deben cumplir requisitos básicos como:

- Buena identificación del producto y presentación por las 4 caras.
- No. de piezas contenidas.
- Nombre y dirección de la compañía.
- Instrucciones de manejo.
- Areas de foliado o codificación.

En lo que respecta a la información del fabricante de cajas, usualmente viene impresa en una de las tapas inferiores, donde deben aparecer datos como; resistencia a la explosión (Mullen), nombre del fabricante y fecha de fabricación.

Envases de vidrio (2, 30, 43 y 44).

El vidrio es uno de los materiales de envase que más tiempo tiene de ser utilizado. En el presente, los envases de vidrio se fabrican en todo el mundo por procedimientos altamente automatizados, lo que permite la producción en serie y con niveles de calidad constante. Algunas de las ventajas que presenta el vidrio como material de envase son:

- **Transparencia.** Gran cualidad mercadológica que convierte al envase de vidrio en una ventana panorámica con vista al producto.

- **Barrera contra la luz.** En la formulación de la mezcla se puede incluir un pigmento ámbar, que sirve de filtro a los rayos ultravioleta de la luz, evitando la oxidación de los productos ricos en grasas.

- **Químicamente inerte.** No tiene reacción química con ningún elemento (excepto con el ácido fluorhídrico). No interactúa con el producto contenido.

- **Impermeabilidad.** Las paredes de un envase de vidrio son impermeables al agua, vapores y gases.

- **Rígidez estructural.** Su dureza soporta esfuerzos de compresión vertical durante su estiba normal, sin romperse ni deformarse.

El vidrio no es un material cristalino en el sentido estricto de la palabra, los cristales que lo constituyen son muy pequeños, con dimensiones en el orden de 0.1 a 1 μm . Dado que por definición un cristal es una repetición estricta de unidades idénticas, es más realista

considerarlo como un líquido congelado. Su estructura depende más de su tratamiento térmico que de su composición química.

Los envases de vidrio se componen de tres tipos de materias primas:

a) Materias primas minerales. La principal es la arena silícea, con un contenido mínimo de 99% de sílice y cantidades controladas de impurezas como el hierro. Otros minerales que se utilizan son los feldespatos (potásico/sódico), la caliza y dolomitas.

b) Productos químicos. El principal es el carbonato de sodio, que actúa como fundente y también se agregan pequeñas cantidades de sustancias afinantes, decolorantes, etc.

c) Casco de vidrio. Se utilizan cantidades importantes de vidrio reciclado y convenientemente purificado. De esta manera se producen ahorros importantes de materias primas y energía.

La formulación del vidrio puede ser ajustada según el tipo de envase o utilización específica, logrando por ejemplo mayor resistencia a la acción química, mejor maquinabilidad o mayor resistencia a los choques térmicos.

Una característica de calidad importante en envases de vidrio, es la resistencia mecánica, que se determina con base en tres factores: la distribución del vidrio, la forma del envase y el grado de recocido, siendo los principales tipos de fractura; por impacto, choque térmico o presión interna, todas ellas originadas por una descompensación en las fuerzas de tensión internas, provocando que el envase tienda a quebrarse no solo por un agente externo (golpes, choques térmicos, presión interior), sino a causa de ésta tensión.

Tapas (2, 30, 40 y 42).

En el diseño estructural de envases la tapa es de importancia clave. Aunque sea un cuerpo separado del envase, forma parte integral del mismo; un envase sin tapa está incompleto, no puede cumplir con la función de conservar cualitativa ni cuantitativamente la integridad física y química del producto contenido.

Las tapas en principio cumplen con dos objetivos:

a) Sellar de tal forma que el contenido no se salga y que no permita que penetren otros elementos extraños.

- b) Facilitar el abrir y cerrar el envase el número de veces que sea necesario.

Muchas veces se pone gran cuidado en estudiar y seleccionar los materiales del envase, tomando en cuenta el grado de barrera que opone al oxígeno, a la humedad y a los rayos ultravioleta y se descuida, en cambio, el diseño estructural para lograr la hermeticidad de la tapa. ¿De qué sirve que el vidrio sea inerte, si el metal y el plástico de la tapa no lo son? Se debe recordar que a un producto envasado generalmente se le va la vida (de anaquel) por la tapa.

En términos más específicos las tapas deben presentar las siguientes características:

a) Ser químicamente inertes, no deben modificar las características sensoriales del contenido, ni reaccionar con él, ni aportarle sustancias que, aunque no se detecten, pueden ocasionar algún trastorno al consumidor.

b) Sellado hermético, para prevenir cualquier tipo de derrame o fuga del material líquido, así como un intercambio gaseoso que degrade el producto envasado.

c) Apariencia satisfactoria después de períodos de almacenamiento.

d) Absorber cualquier diferencia entre el cierre y la superficie del envase.

e) No debe adherirse al envase cuando se abra el recipiente.

Al igual que para muchos otros materiales, las tapas se pueden clasificar en diversas formas como por ejemplo: por el tipo de material con el que fueron fabricados, por el tipo de cierre o por el sistema de seguridad con el que cuentan.

Sería muy extenso el describir cada uno de ellos, por lo que nos limitaremos a hacer referencia a la clasificación según el material utilizado en su fabricación, el cual se describe a continuación:

a) Tapas metálicas. Son fabricadas con láminas metálicas y éstas suelen ser de hojalata, aluminio, plomo-estaño y TFS (lámina cromada libre de estaño). En algunos casos se utilizan recubrimientos para la protección de las tapas, tanto en forma interior como exterior. Estos recubrimientos pueden ser de composición variada como epoxifenólicos, fenólicos alquídicos y poliéster, presentando cada uno de ellos, diferentes características que es necesario tomar en cuenta dependiendo del producto que se va a envasar.

b) Tapas plásticas. Fabricadas básicamente de polipropileno, polietileno de alta y baja densidad y poliestireno. Debido a que generalmente se obtienen por un proceso de inyección, se pueden realizar formas complejas y sofisticadas que sería prácticamente imposible lograr con algún material metálico.

Las tapas para envases como botellas, tarros y frascos, independientemente del material con que estén fabricados, en términos generales son de presión o de rosca, encontrando una cantidad impresionante de tamaños, formas, estilos y funcionamientos. Dado que sería un tanto difícil de analizar todas y cada una de las tapas existentes en el mercado, en el Cuadro No. 3 se mencionan algunas de las más utilizadas.

Cuadro No. 3
Características generales de tapas.

| Tipo de cierre | Tipo | Material | Forma |
|------------------------------|--|--|--|
| | Tapón plástico | Polietileno Polipropileno Poliestireno | Cilíndrica, con diferentes terminados y superficies de contacto |
| Presión normal (Atmosférica) | Tapa de rosca metálica | Hojalata Aluminio TFS | Cilíndricas de filete completo |
| | Tapa de rosca no metálica | Polietileno Polipropileno Resinas Melamina-Urea Formaldehído | Con diferentes terminados y superficies de contacto |
| Vacio | Tapa Pry-off Tapa Twist-off Tapa Press-Twist | Hojalata TFS | Cilíndrica sin filete Cilíndrica con cierre de media vuelta (resellable) Cilíndrica de filete continuo |
| | Tapa Corona | Hojalata TFS | Forma particular |
| Presión | Tapa de rosca | Hojalata Aluminio | Cilíndrica resellable |
| | Tapa de plástico | Polietileno Polipropileno | Cilíndricas, con diferente terminado y superficie de contacto |

Fuente: Rodríguez T., J. A.: Introducción a la ingeniería de empaques (30).

CAPITULO II

DESARROLLO METODOLOGICO.

2.1 Objetivos.

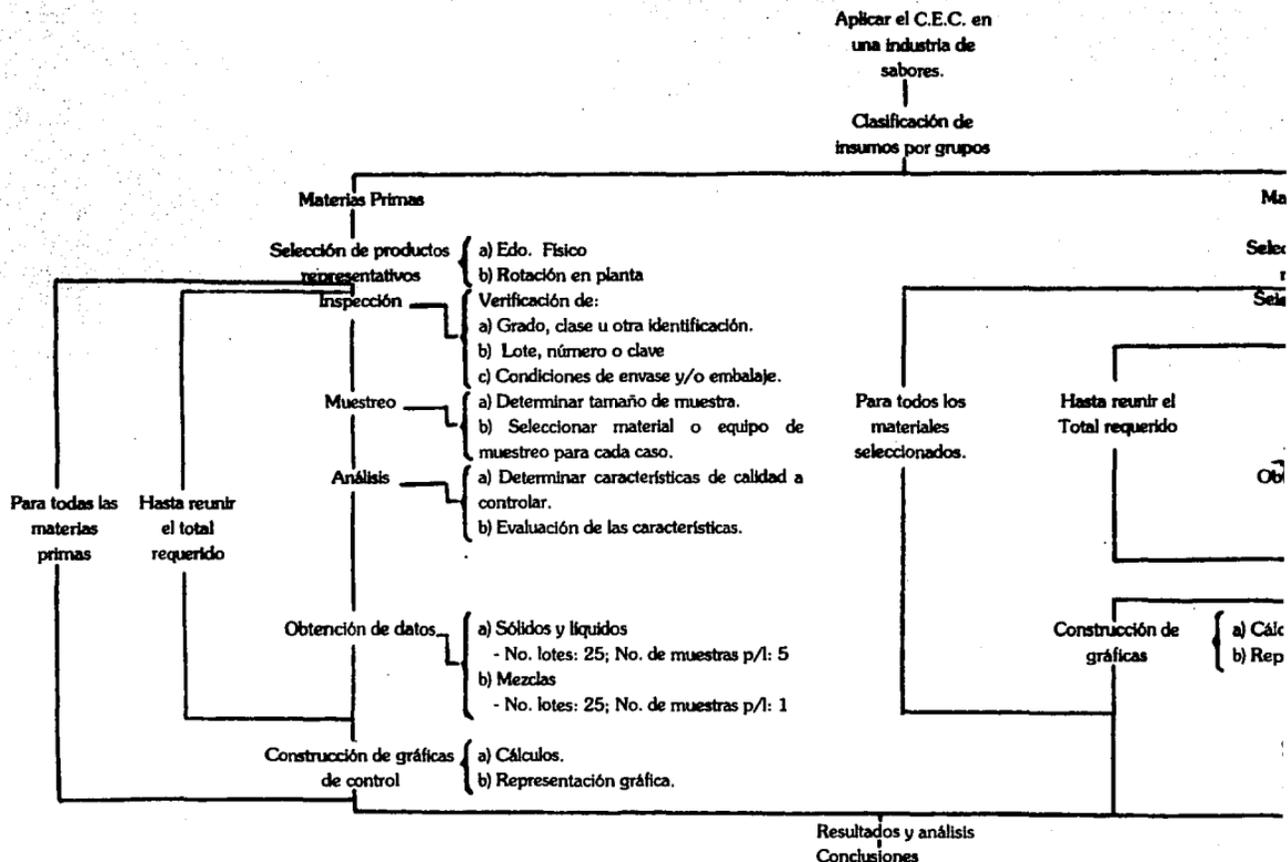
A. Objetivo general.

Aplicar el control estadístico de calidad en una industria de sabores, para estudiar y evaluar los beneficios que aporta el uso de métodos estadísticos.

B. Objetivos particulares.

1. Determinar la variabilidad dentro de lotes de materias primas para caracterizar algunos productos en base a su historial.
2. Definir los límites de control de materiales de envase y embalaje suministrados por los proveedores a partir de los datos obtenidos para evitar problemas de operación en planta.
3. Establecer un plan de muestreo para juzgar el nivel de calidad de lotes que llegan a planta, e incorporar así programas de control estadístico.

2.2 Cuadro metodológico.

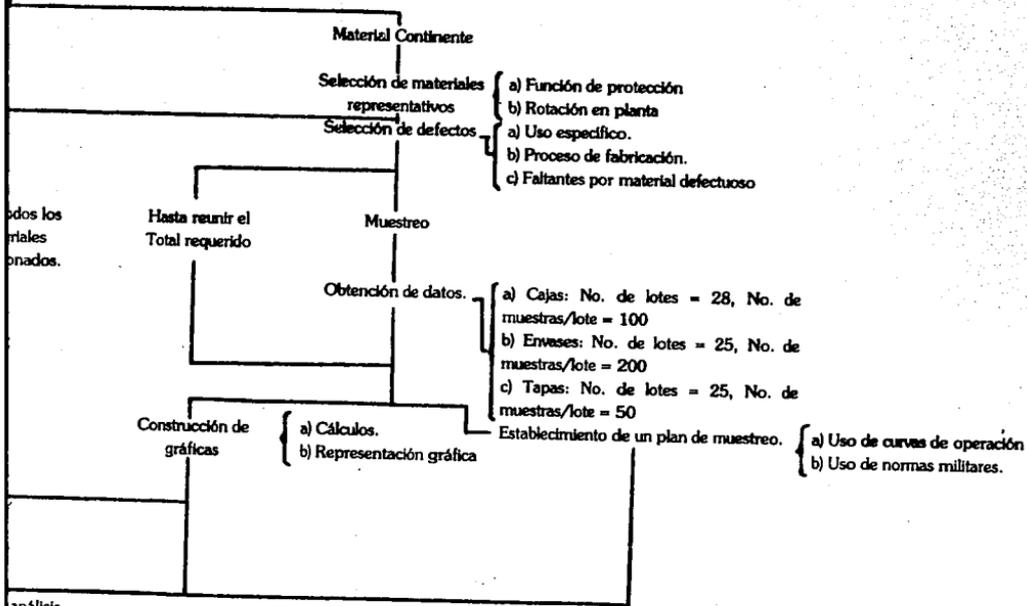


el C.E.C. en
industria de
pores.

ización de
por grupos

odos los
riales
onados.

análisis



2.3 Descripción del cuadro metodológico.

2.3.1 Clasificación de insumos por grupos.

A lo largo del desarrollo de los antecedentes se manifestó la importancia de materias primas (ac. esenciales, ésteres, extractos, etc.) y materiales (envases, tapas, corrugados, etc.) en la fabricación de saborizantes, por lo que la clasificación fue elaborada en base a estos dos grupos.

A. MATERIAS PRIMAS.

A.1 Selección de productos representativos. En base a las condiciones físicas que presentan las diferentes materias primas, los productos se dividieron para su estudio en sólidos, líquidos y mezclas (sólido-líquido), y para cada uno de estos grupos, se seleccionaron los de mayor rotación en planta, a fin de obtener los datos en el menor tiempo posible, los productos son los siguientes:

- Dióxido de silicio.
- Aceite esencial de naranja.
- Extracto blando de alholvas.

A.2 Inspección. Verificación física y en documento de:

- a) El tipo, clase, grado u otra identificación precisa del producto.
- b) Lote, número o clave de identificación.
- c) Condiciones de envase, embalaje y manejo de producto.

A.3 Muestreo. Las condiciones se determinaron de acuerdo a los siguientes puntos:

a) **Tamaño.** La Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (46), recomienda el siguiente criterio de muestreo aleatorio simple, en el que se elige el límite inferior o superior en base a la historia de embarques de un producto o del proveedor.

De manera general, el tamaño de muestra se puede determinar, obteniendo la raíz cuadrada del número total de tambores o sacos de que consta el embarque de materia prima.

Cuadro No. 4
Tamaño de muestra según el número de envases en el embarque.

| No. de envases en el embarque | No. de envases a muestrearse |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1 a 10 | 1 a 3 |
| 10 a 25 | 3 a 5 |
| 25 a 50 | 5 a 7 |
| 50 a 75 | 7 a 9 |
| 75 a 100 | 9 a 10 |

Fuente: Secretaría de Salud, Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (46).

b) Selección de material o equipo, y procedimiento a seguir en cada caso.

b.1 Sólidos.

En este caso, el tipo de envases pueden ser: sacos, cuñetes, tambores, frascos y otros continentes similares.

Puede usarse cualquier muestreador de tipo comercial de acero inoxidable o bronce, de los comúnmente usados para el muestreo de harina, leche en polvo, etc., escogiendo el tamaño de acuerdo al envase.

Para obtener una muestra representativa del contenido a diferentes niveles, se utilizan muestreadores de tipo especial formados por dos cilindros concéntricos; el interior lleva una serie de compartimientos dispuestos longitudinalmente; el cilindro exterior lleva una serie de ventanas que pueden hacerse coincidir o no con los compartimientos del cilindro interior.

Para proceder al muestreo, se abre el envase y se empuja el instrumento verticalmente. Si el lote está compuesto por varias piezas, las cantidades correspondientes a cada uno se juntan y se mezclan con una espátula, posteriormente se cuartea y se toma una parte para obtener la muestra analítica representativa, la cual se coloca en un frasco identificándose inmediatamente.

b.2 Líquidos.

Estos productos se presentan en tambores metálicos de 200 l, porrones o latas de 18 l, carros cisterna o pipas de 30,000 l.

En este caso se emplea un matraz de Kitasato, provisto de un tapón hermético, y conectado por su tubo lateral; mediante una manguera de hule u otro material apropiado lo suficientemente rígido; a un tubo de vidrio que sirve para tomar la muestra. La capacidad del matraz y la longitud del tubo de vidrio varían según la capacidad del envase por muestrear. Para latas y tambores se utiliza un Kitasato de 250 ml y una varilla de vidrio de 1 m de longitud.

El muestreador se prepara evacuando el Kitasato, mediante una bomba de vacío, que se deja conectado a él durante 15 minutos a través de la manguera, se cierra entonces este tubo con unas pinzas tipo Hoffman y queda listo para llevarse al área de muestreo, en donde se mantiene una reserva de tubos de vidrio de longitud apropiada.

Los pasos son: abrir el recipiente que contiene el líquido por muestrear, conectar el Kitasato con el tubo de vidrio, introducir éste hasta el fondo del recipiente, y abrir la pinza de Hoffman hasta que el líquido penetre en el matraz a la velocidad deseada. Proceder entonces a ir sacando muy lentamente la varilla, de manera que entre un poco de líquido correspondiente a cada profundidad del recorrido, desde el fondo a la superficie. Cuando el extremo de la varilla se encuentre ya junto a la superficie debe haberse completado la muestra.

b.3 Mezclas (sólido-líquido).

La presentación de estos productos generalmente es en latas o tambores de 20 a 50 L de capacidad.

El material utilizado para el muestreo, es un Matraz Erlenmeyer de 2 L y un vaso de precipitados de 1 L de capacidad respectivamente. En condiciones de agitación se tomarán con un vaso de precipitados, cuatro porciones de muestra de aproximadamente 500 ml, cada una tomada a diferentes intervalos de tiempo, hasta reunir una porción de aproximadamente 2 L que se coloca en el matraz Erlenmeyer. Esta muestra se someterá a una agitación vigorosa y se tomará la submuestra para el análisis, cuya cantidad estará de acuerdo con las necesidades del departamento de control de calidad.

A.4 Análisis (46).

a) Determinar características de calidad a controlar por condición física. Se tomaron para cada caso tres de las determinaciones comunes de análisis.

- a.1 Sólidos: Porcentaje de humedad (termobalanza), absorción de aceite (norma interna) y porcentaje retenido en malla 325 (MGA 891).
- a.2 Líquidos: densidad (MGA 251), valor ácido (MGA 001) y extinción específica (MGA 361).
- a.3 Mezclas: viscosidad (MGA 951), pH (MGA 701) y Porcentaje de sólidos (MGA 671).

b) Evaluación física y/o química de las materias primas. Con base a las referencias de las técnicas de análisis se evaluaron cada una de las materias primas.

A.5 Obtención de datos. Se recopilaron los datos a través del tiempo, en el caso de sólidos y líquidos fué de 25 lotes con cinco muestras por lote y en caso de mezclas, únicamente de 15 lotes a causa de su consumo menor, con una sola muestra por lote, dada la presentación de estos productos (50 L).

A.6 Construcción de gráficas de control. Siendo las características de calidad de las materias primas medibles y cuantificables, se hizo uso de gráficas de control por variables (medias y rangos), a fin de determinar el intervalo de variación en el que se mueve la característica de calidad, así como el nivel medio y la dispersión de la misma.

a) Cálculos de medias, rangos, límites de control superior e inferior conforme a las fórmulas incluidas en el inciso 1.1.2 y de acuerdo al tipo de gráfica a utilizar.

b) Representación de las gráficas, se muestran en el capítulo de resultados.

B. MATERIAL CONTINENTE.

B.1 Selección de materiales representativos. Dada la importancia de los materiales en la protección del producto, se seleccionaron tres de los materiales que intervienen directamente en la función antes mencionada, y que al mismo tiempo son los de mayor rotación en planta.

- a) Cajas de cartón corrugado.
- b) Envases de vidrio.
- c) Tapas.

B.2 Selección de defectos. Considerando el uso específico de cada material, el proceso de fabricación y los defectos que provocan problemas en la productividad, se realizó la siguiente selección de los defectos más comúnmente encontrados en los tres materiales:

- a) Cajas de cartón corrugado.

- . dimensiones fuera de tolerancia
- . dirección de flauta horizontal
- . resistencia (Mullen) fuera de especificación
- . cierre de caja (máx. 3 mm en abertura)
- . número de flautas (mín. 13 en diez cm)
- . cajas descuadradas
- . color de la impresión (tono más claro u oscuro)

- b) Envases de vidrio.

- . burbujas superficiales internas y/o externas
- . filamentos de vidrio internos
- . suciedad o polvo interno y/o externo
- . capacidad fuera de tolerancia
- . dimensiones fuera de tolerancia
- . cuerpo ovalado
- . color (ráfagas o tono más claro)

- c) Tapas.

- . anillo de seguridad roto o no marcado
- . sin recubrimiento (tapa metálica)
- . dimensiones fuera de tolerancia
- . recubrimiento diferente al indicado
- . liner sucios
- . tapas deformadas
- . defectos en la impresión

B.3 Muestreo. El modelo a seguir fué el muestreo aleatorio simple, en el cual a cada unidad de la población total (N), se confiere la misma oportunidad de ser incluido en la muestra (n). Para lograr esto, se utilizó una tabla de números aleatorios, y la selección de las piezas dentro del lote dependió, según fué el caso, del número de atados, número de estibas y número de cajas respectivamente para cada material.

B.4 Obtención de datos.

Se recopilaban los datos obtenidos prácticamente de la forma siguiente:

- Cajas:

No. de lotes = 28

No. de muestras por lote = 100.

- Envases:

No. de lotes = 25

No. de muestras por lote = 200.

- Tapas:

No. de lotes = 25

No. de muestras por lote = 50.

Se procedió a su inspección y se registró en cada caso el número de elementos que resultaron rechazados por lote. Cabe comentar que en el caso de envases de vidrio se trabajó simultáneamente con dos proveedores.

B.5 Construcción de gráficas. Considerando que muchas de las características de calidad en materiales solo se pueden observar como atributos, se hizo uso de las gráficas de control para atributos de la fracción defectuosa (p), a fin de juzgar si la calidad del material, controlada por el proveedor, constituye un índice confiable de control.

a) Cálculos. El valor de la línea central y los límites de control de prueba se valoraron conforme a las fórmulas incluidas en el inciso 1.1.2 y de acuerdo al tipo de gráfica a utilizar.

b) Representación gráfica. Se muestran en el capítulo de resultados.

B.6 Establecimiento del plan de muestreo.

a) Uso de curvas de operación. Con los datos obtenidos se desarrolló una curva de operación para conocer el poder discriminatorio de un plan de muestreo simple.

b) Uso de la norma MIL-STD-105D. Se estableció y analizó un plan de muestreo normal simple, estricto y reducido, con los niveles generales de inspección a fin de hacer evidentes las diferencias entre uno y otro.

CAPITULO III

RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 MATERIAS PRIMAS.

La presentación de las gráficas de rangos y medias, obtenidas para las tres materias primas seleccionadas, a partir de cada uno de los grupos formados (sólidos, líquidos y mezclas), se muestra a continuación.

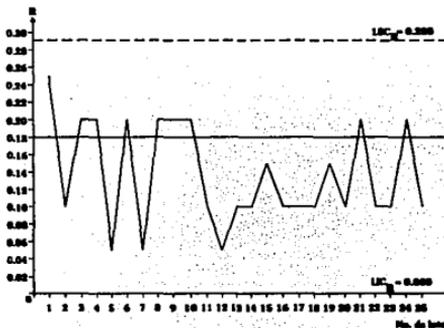
El formato que se siguió para el manejo de los resultados consiste en la representación, de las gráficas de rangos y medias, para las tres características de calidad, evaluadas en cada una de las materias primas (dióxido de silicio, aceite esencial de naranja y extracto blando de alholvas), realizándose las observaciones correspondientes y por último se hace un análisis de los resultados para cada uno de los productos.

3.1.1 Sólidos. Dióxido de silicio.

La gráfica de rangos de la Figura No. 1, nos muestra que existe una condición fuera de control dada por la falta de aleatoriedad en el comportamiento de los datos representados; se percibe un ciclo de nueve puntos, formado a partir del lote 11 al lote 20, indicándonos que se presentaron anomalías en el proceso de producción, las cuales originan en este caso una reducción en la dispersión de los lotes.

Fig. No. 1

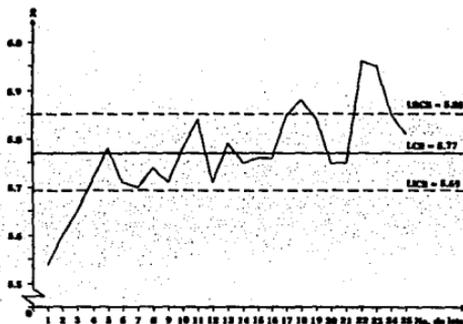
Gráfica de rangos para el porcentaje de humedad en lotes de dióxido de silicio.



La gráfica de medias de la Figura No. 2, indica que el proceso se encuentra fuera de control, pues como puede observarse los lotes 1, 2, 3, 18, 22 y 23 se encuentran fuera de los límites de control calculados. Se advierte también un ciclo de cuatro puntos del lote 6 al lote 9 y cambios bruscos en los valores medios de la característica de calidad.

Fig. No. 2

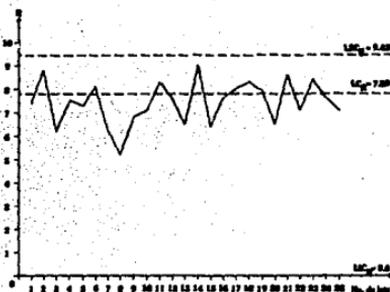
Gráfica de medias para el porcentaje de humedad en lotes de dióxido de silicio.



La gráfica de rangos de la Figura No. 3, presenta un comportamiento en el que los puntos no se agrupan de una forma particular, existe solamente un ciclo de cuatro puntos que va del lote 7 al lote 10, sin embargo, dado que el comportamiento de los datos se presenta con poca variabilidad, podemos decir, que para este caso, la dispersión de lote a lote es la variación lógica de un muestreo al azar.

Fig. No. 3

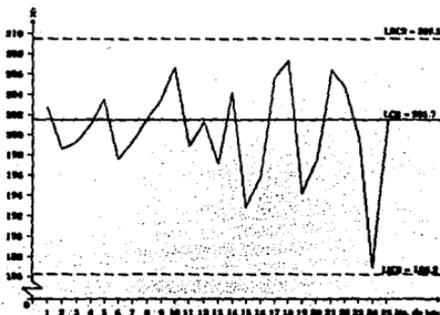
Gráfica de rangos para la absorción de aceite en lotes de dióxido de silicio.



En la gráfica de medias de la Figura No. 4, podemos observar que, aunque todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control calculados, no indican un control estadístico, porque su disposición tiene aspecto poco aleatorio. Encontramos que catorce de los veintiocho lotes se presentan por debajo de la línea central, mientras que los otros once se hayan por arriba de dicha línea y también se observa que existen cambios bruscos en las medias de los lotes graficados.

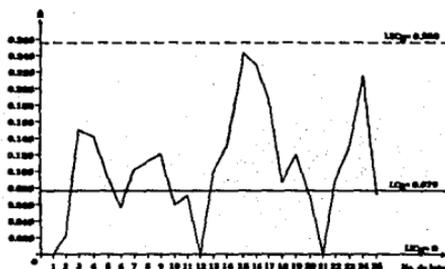
Fig. No. 4

Gráfica de medias para la absorción de aceite en lotes de dióxido de silicio.



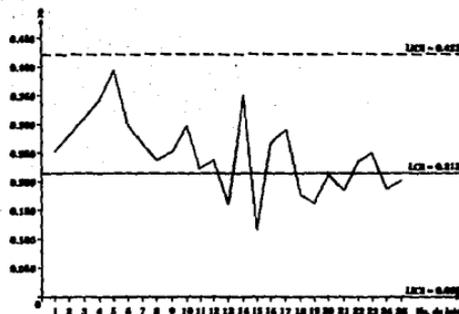
En la gráfica de rangos de la Figura No. 5, se puede observar que existe una falta de aleatoriedad en el comportamiento de los datos, mostrada por los cambios sucesivos en los valores de la dispersión de los lotes y la presencia de dos tendencias ascendentes (del lote 12 al lote 15 y del lote 21 al lote 24), y una tendencia descendente que inicia en el lote 16.

Fig. No. 5
Gráfica de rangos para el porcentaje residual en malla 325
en lotes de dióxido de silicio.



La gráfica de medias de la Figura No. 6, indica una condición fuera de control, aún y cuando no se encuentre un solo punto fuera de los límites, pues como puede observarse, la disposición de los puntos tiene aspecto poco aleatorio. Específicamente, se nota que dieciséis de los veinticuatro lotes graficados se presentan por arriba de la línea central, y además, se encuentran dos ciclos, uno de doce puntos formado al inicio de la gráfica, y el otro con una longitud de cuatro puntos que va del lote 18 al lote No. 21.

Fig. No. 6
Gráfica de medias para el porcentaje residual en malla 325
en lotes de dióxido de silicio.



Se puede decir, que la caracterización del dióxido de silicio -utilizado en la industria de sabores como antiaglomerante, ayuda de proceso y dispersante principalmente-, realizada a través de 3 de las características de calidad de dicho producto, muestran que el proceso de fabricación se encuentra fuera de control, dado que como se ha venido comentando, presenta patrones que indican falta de aleatoriedad.

En lo que respecta al producto, se descubrió que no existe correlación entre las tres características evaluadas, ya que el comportamiento en las gráficas es muy distinto de una a otra.

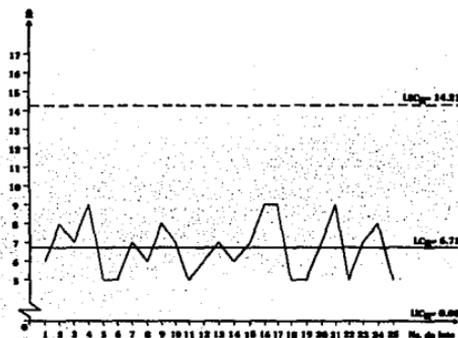
Finalmente, en cuanto a las medidas a tomar acerca de lo encontrado para éste producto, en primer lugar, en el caso de porcentaje de humedad, se decidió cambiar el valor máximo permitido de la especificación interna, fijado en 8% a 6%, dado que aún los valores que salen del límite superior de especificación no rebasan éste valor y en segundo lugar, informar de lo encontrado al proveedor a fin de que tenga una mayor vigilancia y supervisión, tanto del proceso (temperaturas, presiones, tiempos, etc.), como de los operadores a cargo, para de ésta forma contar con un producto con cualidades más constantes.

3.1.2 Líquidos. Aceite esencial de naranja c. p.

En la gráfica de rangos de la Figura No. 7, observamos que existe una dispersión entre los veinticinco lotes relativamente homogénea, no se presentan puntos fuera del límite superior de control y solamente encontramos un ciclo de tres puntos por arriba de la línea central, que va del lote No. 2 al lote No. 4, indicándonos por lo tanto que existe una pequeña variación dentro del proceso.

Fig. No. 7

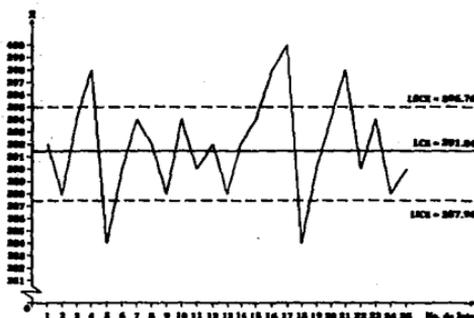
Gráfica de rangos para la densidad en lotes de aceite esencial de naranja c. p.



En la gráfica de medias de la Figura No. 8, advertimos de inmediato que se encuentra fuera de control, por las siguientes razones: los lotes que corresponden a los puntos 4, 5, 16, 17, 18 y 21 se encuentran fuera de los límites de control, también 14 de los lotes se hayan ubicados por arriba de la línea central (incluyendo los que se encuentran fuera del límite superior de control), y finalmente se presentan cambios en las medias de los lotes graficados.

Fig. No. 8

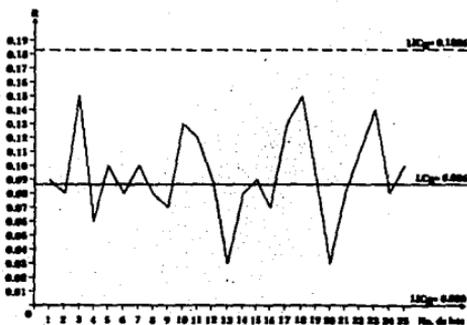
Gráfica de medias para la densidad en lotes de aceite esencial de naranja c. p.



La gráfica de rangos de la Figura No. 9, nos muestra que todos los puntos caen dentro de los límites de control y no se agrupan de una forma particular, por lo tanto podemos decir que en este caso, a pesar de las diferencias en los valores de dispersión de un lote a otro, el comportamiento de los datos no demuestra la existencia de causas atribuibles de variación.

Fig. No. 9

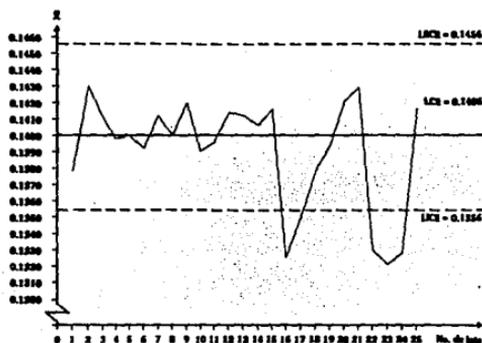
Gráfica de rangos para el valor ácido en lotes de aceite esencial de naranja c. p.



En contraste con la gráfica de rangos, en la gráfica de medias de la Figura No. 10, observamos que el historial de lotes se encuentra fuera de control; esta aseveración se basa en la apreciación de valores de las medias de los lotes 16, 22, 23 y 24, por debajo del límite de control inferior calculado y se manifiesta también por un cambio en la media de la característica de calidad, generados ambos, muy posiblemente, por causas de variación como resultado de la introducción de nuevos trabajadores, métodos o máquinas.

Fig. No. 10

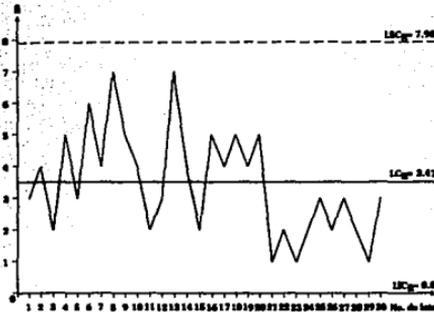
Gráfica de medias para el valor ácido en lotes de aceite esencial de naranja c. p.



En la gráfica de rangos de la Figura No. 11, observamos que, aunque todos los datos se encuentran dentro de los límites de control calculados, la localización de los lotes en la gráfica es poco aleatoria. Encontramos dos ciclos de cinco puntos por arriba de la línea central, y uno más, de ocho puntos por debajo de dicha línea, indicando la presencia de condiciones fuera de control en el proceso.

Fig. No. 11

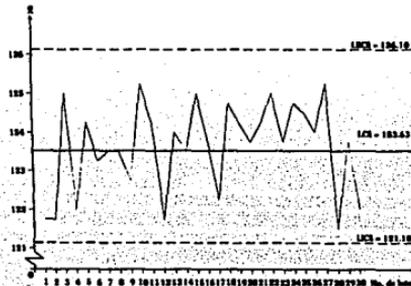
Gráfica de rangos para la extinción específica
en lotes de aceite esencial de naranja c. p.



Al igual que en la gráfica de rangos, la gráfica de medias de la Figura No. 12, nos muestra un comportamiento no aleatorio de variación, dado que de los veinticinco lotes graficados, diecisiete de ellos se encuentran por arriba de la línea central, se presentan también cambios en la media de la característica de calidad en diferentes lotes y además, se advierte un ciclo de nueve puntos formado del lote No. 18 al lote No. 27, mostrando por lo tanto, que existe una anomalía o causa atribuible en el proceso de producción.

Fig. No 12

Gráfica de medias para la extinción específica
en lotes de ácido esencial de naranja c. p.



En la industria de sabores, el aceite esencial de naranja es un producto que es muy apreciado por sus propiedades organolépticas, las cuales están dadas principalmente por el método de obtención, por lo que las condiciones manejadas para ello, deben ser constantes para satisfacer las normas de calidad de los diferentes clientes.

Con los resultados obtenidos, a partir de las tres características de calidad, evaluadas para el aceite esencial de naranja c. p., podemos decir que no existe homogeneidad en los lotes recibidos, dado que la distribución de las características (densidad, valor ácido y extinción específica) del producto, presentó en la mayoría de los casos patrones que indican falta de control.

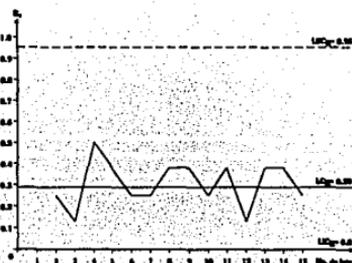
En lo que respecta al producto, se están analizando las posibles reducciones en la amplitud de los intervalos en la especificación interna, respecto a los valores de las características de calidad y considerando los resultados obtenidos. Y por otra parte, se buscará la comunicación con el proveedor para informarle de lo encontrado y establecer un acuerdo para fijar los límites de aceptación de este producto.

3.1.3 Mezclas. Extracto blando de alholvas.

La gráfica de rango móvil de la Figura No. 13, nos muestra que todos los puntos caen dentro de los límites de control y no se agrupan de una forma en particular, indicándonos por lo tanto que no existen patrones que señalen causas atribuibles de variación.

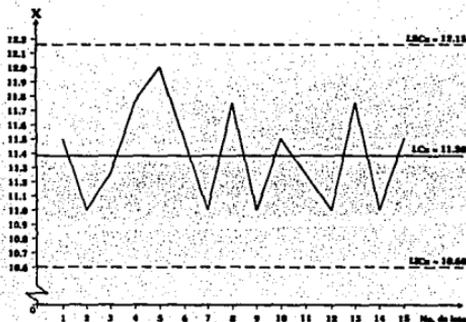
Fig. No. 13

Gráfica de rango móvil para la viscosidad en lotes de extracto blando de alholvas.



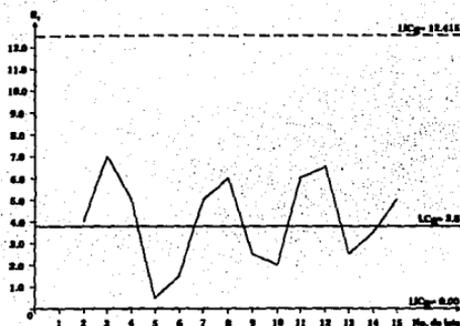
Al igual que en la gráfica de rango móvil, la gráfica No. 14, de observaciones individuales para la viscosidad, tampoco presenta indicios de alguna condición o disposición de los lotes con falta de aleatoriedad, por lo tanto, podemos concluir que para esta característica de calidad del extracto blando de alholvas, la variabilidad entre lotes se mantiene estable.

Fig. No. 14
Gráfica de observaciones individuales para la viscosidad
en lotes de extracto blando de alholvas.



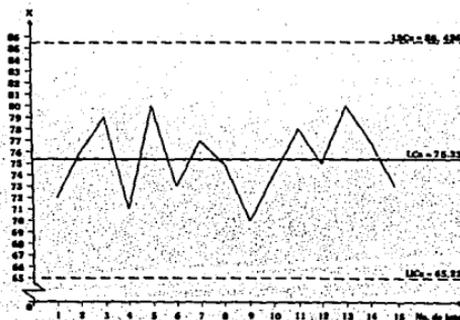
En la gráfica de rango móvil de la Figura No. 15, podemos observar que el comportamiento de los datos es relativamente homogéneo, existen cambios de hasta cuatro unidades en la dispersión de lote a lote, pero todos los puntos se encuentran distribuidos casi uniformemente por arriba y abajo de la línea central.

Fig. No. 15
Gráfica de rango móvil para el porcentaje de sólidos
en lotes de extracto blando de alholvas.



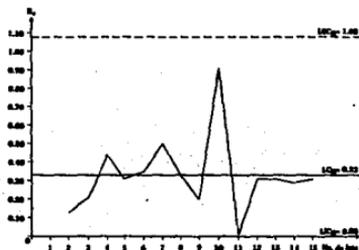
Al igual que en la gráfica de rango móvil, la gráfica de observaciones individuales de la Figura No. 16, no presenta falta de aleatoriedad o algún patrón que indique falta de control.

Fig. No. 16
Gráfica de observaciones individuales para el porcentaje de sólidos
en lotes de extracto blando de alholvas.



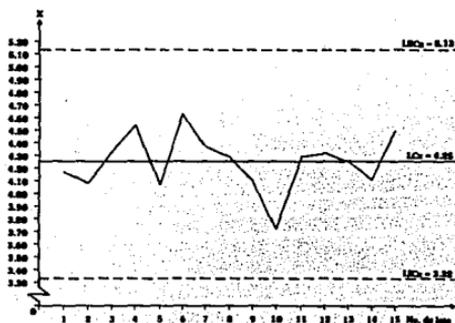
En la Gráfica de rango móvil de la Figura No. 17, observamos que a pesar de encontrarse todos los valores dentro de los límites calculados, el comportamiento, a partir del rango móvil para el punto No. 10 de la gráfica, muestra un cambio evidente al aumentar la dispersión entre los lotes, para posteriormente, formar un ciclo por debajo de la línea central.

Fig. No. 17
Gráfica de rango móvil para el pH en lotes de extracto blando de alholvas.



En lo que se refiere a la gráfica de observaciones individuales de la Figura No. 18, podemos concluir que aún con una diferencia de 0.91 unidades entre el valor máximo y mínimo de pH la característica de calidad se encuentra bajo control.

Fig. No. 18
Gráfica de observaciones individuales para el pH en lotes de extracto blando de alholvas.



La variabilidad que presentó el extracto blando de alholvas, comparada con la de las otras dos materias primas, fué menor, podría decirse que el proceso de fabricación se encuentra mejor controlado que el de las materias primas anteriores.

3.2 MATERIAL CONTINENTE.

A continuación se muestran los resultados obtenidos al evaluar mediante gráficas de control por atributos el porcentaje de artículos defectuosos en tres de los materiales de uso común (cajas de cartón, envases de vidrio y tapas), en una industria de sabores para alimentos.

Cabe comentar que en el caso de las cajas de cartón y de los envases de vidrio, se elaboraron para cada uno, los histogramas de frecuencia correspondientes, a fin de apreciar mejor el modelo de variación de los lotes, en tanto que en el caso de las tapas, únicamente se muestra la tabla con los valores encontrados.

Por otra parte, en el establecimiento del plan de muestreo, se desarrollo en primer lugar la curva de operación característica, tomando para ello los datos obtenidos para envases de vidrio, y en segundo lugar se utilizó la norma MIL-STD-105D para el desarrollo de un plan de muestreo para cajas de cartón corrugado.

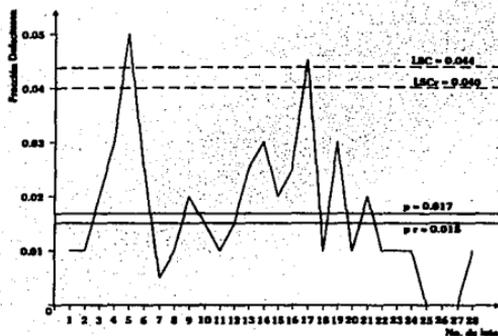
3.2.1 Definición de límites de control para material continente.

A. Cajas de cartón corrugado.

La gráfica de fracción defectuosa de la Figura No. 19 muestra que la mayoría de los lotes tienen una fracción defectuosa máxima de 0.03 y que los puntos que corresponden a los lotes No. 5 y 17 se encuentran fuera del límite superior calculado, por lo tanto, el proceso no está bajo control. Debido a que no es posible determinar las causas atribuibles para estos puntos, se decide no considerarlos y calcular la nueva línea central y los límites de control revisados (marcados también en la Figura No. 19).

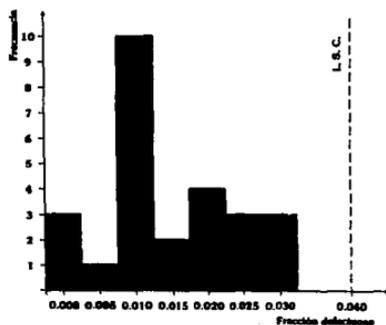
Aún y cuando se eliminaron los puntos 5 y 17 apreciamos que se presentan patrones no aleatorios detectados en la forma de dos ciclos, siendo el más grande de siete puntos, por abajo de la línea central, y dado que no se cuenta con una evidencia que no sea otra cosa que un patrón aleatorio de variación, se concluye que el proceso se encuentra bajo control a nivel de $p=0.015$; observando además, que la variación de la fracción defectuosa es muy grande.

Fig. No. 19
Fracción defectuosa en lotes de atados de cajas de cartón corrugado.



Para distinguirlo mejor el patrón de comportamiento de los lotes, se procede a la elaboración de un histograma de frecuencias, el cual se muestra a continuación.

Fig. 20
Histograma de frecuencias de la fracción defectuosa en lotes de atados de cajas de cartón corrugado.



Marcando el límite superior de especificación en el histograma de frecuencias de la figura No. 20, se aprecia que si se establece un AQL de 4.0 %, para la aceptación de lotes de cajas de cartón corrugado, el 100 % de ellos pasaría con este valor, por lo tanto se fijará en 2.5 % (valor inferior siguiente), para beneficio de la empresa.

B. Envases de vidrio.

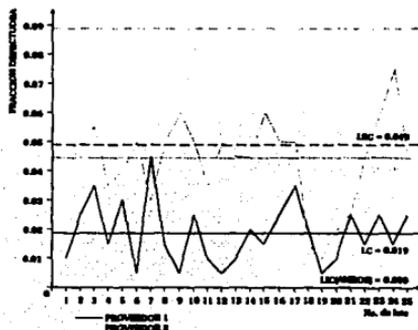
En la gráfica de fracción defectuosa de la figura No. 21, observamos el comportamiento que siguieron los lotes de los dos proveedores (distribuidores) de envases de vidrio.

En el caso del proveedor No. 1, se aprecia que la distribución de piezas defectuosas en los lotes es relativamente homogénea, mostrando solamente un ciclo de tres puntos, el cual inicia en el lote No. 11; sin embargo, dado que no contamos con la información necesaria para determinar la causa, se considera que se encuentra bajo control a un nivel de $p=0.019$. En el caso del proveedor No. 2, la distribución de los puntos en la gráfica muestra un comportamiento poco aleatorio, pues como se observa dieciséis de los puntos se encuentran por arriba de la línea central y además se presentan cuatro ciclos por arriba y abajo de dicha línea.

Podemos afirmar que los dos proveedores trabajan en diferente nivel de calidad, posiblemente, el proveedor No. 2 no inspecciona el material recibido o compra material de menor calidad, aceptando un mayor número de piezas defectuosas.

Fig. No. 21

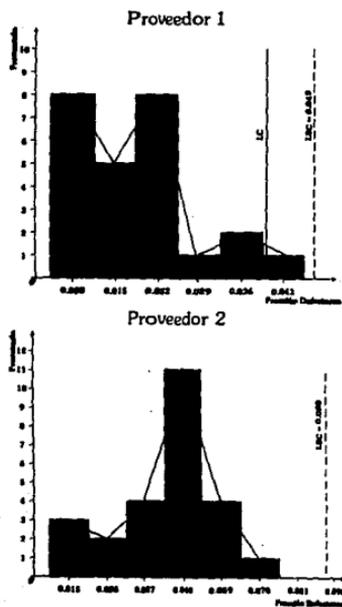
Fracción defectuosa en lotes de envases de vidrio.



A fin de hacer más evidentes los modelos de variación de los datos, se presentan a continuación los histogramas de frecuencias que corresponden al historial de ambos proveedores.

Marcando los límites de control superior e inferior en la Figura No. 22, se observa que en el histograma del proveedor No. 1, el 93 % de los lotes para un AQL de 4.0 % se encuentra dentro de especificación, en tanto que para el proveedor No. 2, solamente el 44.0 % de los lotes sería aceptado. Por lo tanto, se establece para ambos proveedores un AQL de 4.0 % para protección de la empresa y para presionar al proveedor No. 2 a mejorar la calidad de su producto.

Fig. No. 22
Histogramas de frecuencias de la fracción defectuosa
en lotes de envases de vidrio.

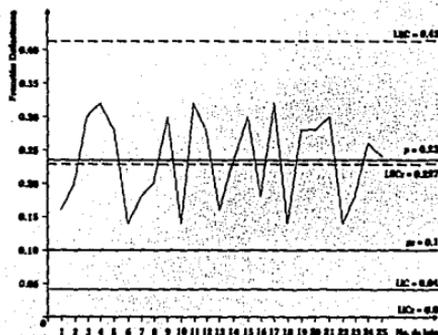


Se propone también, el establecer gráficas de control por variables para algunas de las características de los envases, y controlar de esta forma el valor medio de la característica de calidad en cuestión, así como su variabilidad.

C. Tapas.

La Figura No. 23, muestra un comportamiento en la distribución de los datos relativamente uniforme, aparecen tres ciclos de longitud máxima igual a tres puntos; sin embargo, como no es posible determinar las causas atribuibles de variación, se establece que se encuentra bajo control a un nivel de $p=0.23$.

Fig. No. 23
Fracción defectuosa en lotes de tapas.



Para poder determinar el límite de control para éste material, procedemos a la elaboración de la tabla de distribución de frecuencias para la fracción defectuosa en tapas.

Cuadro No. 5
Distribución de frecuencias para la fracción defectuosa en tapas

| Fracc. defectuosa | f | % Tot. lotes | % Acum. |
|-------------------|-----------|--------------|---------|
| 0.14 | 4 | 16 | 16 |
| 0.16 | 2 | 8 | 24 |
| 0.18 | 3 | 12 | 36 |
| 0.20 | 2 | 8 | 44 |
| 0.22 | 0 | 0 | 44 |
| 0.24 | 2 | 8 | 52 |
| 0.26 | 1 | 4 | 56 |
| 0.28 | 4 | 16 | 72 |
| 0.30 | 4 | 16 | 88 |
| 0.32 | 3 | 12 | 100 |
| TOTALES | 25 | 100 | |

Inclusive sin graficar, en el Cuadro No. 5, podemos ver que para una fracción defectuosa máxima establecida en 4.0 % ($LSC = 0.42$), si se muestrearan 100 lotes, el 100 % de ellos se aceptarían. Esto, para el proveedor es conveniente pero no para la compañía, pues se traduce en pérdidas.

Por otra parte, si consideramos que el total de la fracción defectuosa equivale a 292 piezas, las que a su vez, corresponden a un porcentaje de 23.36 de las 1250 piezas inspeccionadas, y si ahora fijamos arbitrariamente un porcentaje de 10, tendríamos entonces que aceptar 125 unidades defectuosas. Recalculando los límites de control (marcados también en la Figura No. 23), tenemos que aproximadamente el 50 % de los lotes serían rechazados por encontrarse fuera del límite superior de control, por lo tanto, se establece para beneficio de la empresa un AQL de 2.5 %.

3.2.2 Establecimiento del plan de muestreo.

A. Uso de curvas de operación.

Aunque la distribución binomial es la correcta, en principio, para calcular las curvas OC de tipo B, normalmente es conveniente y apropiado calcular las probabilidades aproximadas de aceptación utilizando una tabla de la distribución de Poisson, como la proporcionada en la tabla G del apéndice 3 por Grant (16).

Con los datos obtenidos para envases de vidrio, tenemos que para una $n=200$ y estableciendo un número de aceptación de 2, 4 y 8 piezas defectuosas por muestra se puede desarrollar la CO evaluando los valores de p y conocer así, la probabilidad de observar el número de artículos defectuosos, la tabla se muestra enseguida:

Cuadro No. 6
Probabilidad de aceptación para el plan de muestreo simple
para lotes de envases de vidrio ($n=200$).

| p | np | c=2 | c=4 | c=8 |
|-------|------|-------|-------|-------|
| 0.005 | 1.0 | 0.920 | 0.996 | 1.000 |
| 0.010 | 2.0 | 0.677 | 0.983 | 1.000 |
| 0.020 | 4.0 | 0.238 | 0.629 | 0.979 |
| 0.030 | 6.0 | 0.062 | 0.285 | 0.847 |
| 0.040 | 8.0 | 0.014 | 0.100 | 0.593 |
| 0.050 | 10.0 | 0.003 | 0.029 | 0.333 |
| 0.060 | 12.0 | 0.001 | 0.008 | 0.155 |
| 0.070 | 14.0 | 0.000 | 0.002 | 0.062 |
| 0.080 | 16.0 | 0.000 | 0.000 | 0.022 |
| 0.090 | 18.0 | 0.000 | 0.000 | 0.007 |

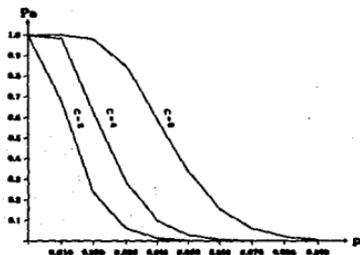
Para el proveedor No. 1, la probabilidad de aceptación de lotes con un 4.0 % defectuosos será aproximadamente de 0.014, es decir que si se someten a este plan de muestreo 100 lotes de un proceso que origina 2.0 % de productos defectuosos se aceptarían 1 ó 2 de los lotes y se rechazarían 98.

Para el proveedor 2, la probabilidad de aceptación de lotes con 6.0 % de defectuosos será aproximadamente de 0.001, es decir que si sometemos a este plan de

muestreo 100 lotes de un proceso que origina 6.0 % de productos defectuosos no se aceptarían uno solo de los lotes.

A continuación se muestra la curva de operación para diferente número de aceptación.

Fig. No. 24
Curvas de operación para un plan de muestreo simple
para lotes de envases de vidrio ($n = 200$).



Como puede observarse, al establecer números de aceptación de piezas defectuosas por muestra mayores, el riesgo que se tiene de aceptar lotes con una fracción defectuosa definida, aumenta también.

La CO nos da una idea del comportamiento que indica la proporción de lotes que serían aceptados a partir de una n dada. Si un proceso está operando en un nivel p_1 , es de esperarse que cierta proporción de los lotes, serán como promedio, aceptados en el proceso de muestreo. Si cambiamos a otro nivel p_2 , deberá esperarse una proporción diferente de aceptaciones. Las curvas de operación, dan así una descripción de lo que cabe esperar en esta otra situación, no dan directamente la proporción de aceptaciones durante un período dado, en el cual estén cambiando las condiciones.

B. Norma MIL-STD-105D.

En el caso de las cajas de cartón corrugado, se reciben lotes de 28 000 unidades en atados de 25 piezas cada uno, teniendo por lo tanto un total de 1120 atados. El nivel de calidad se definió en 4.0% de atados defectuosos, y los directivos solicitan, a fin de poder

determinar el plan de muestreo general a seguir y hacer más evidentes las diferencias entre uno y otro, considerando el historial de lotes recibidos de cuatro proveedores y tomando también en cuenta el aspecto económico en cuanto al tiempo utilizado en el muestreo y análisis de las unidades, generar planes de muestreo simple con inspección normal, estricto, y reducido, para este caso con los tres niveles de inspección generales.

Del cuadro No. 6 correspondiente a letras de código para tamaños de muestra (pág. 338 Montgomery) y de las tablas maestras para cada tipo de muestreo tenemos:

Cuadro No. 7

Plan de muestreo general para cajas de cartón corrugado.

| Letra código | Nivel de Inspección general | NORMAL | | | ESTRICTA | | | REDUCIDA | | |
|--------------|-----------------------------|-------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|
| | | Tamaño de muestra | Ac. | Re. | Tamaño de muestra | Ac. | Re. | Tamaño de muestra | Ac. | Re. |
| G | I | 32 | 3 | 4 | 32 | 2 | 3 | 13 | 1 | 4 |
| J | II | 80 | 7 | 8 | 80 | 5 | 6 | 32 | 3 | 6 |
| K | III | 125 | 10 | 11 | 125 | 8 | 9 | 50 | 5 | 8 |

Al presentar la tabla anterior, pareciera que el mejor plan de muestreo era el de nivel I e inspección reducida ya que el número de piezas a muestrear es menor y por tanto el tiempo consumido en analizarlas también, sin embargo, considerando que en el caso de uno de los proveedores se le rechazaron al menos 4 lotes con un número de defectuosos mayor al establecido no se puede elegir este plan.

Dado que en los tres casos de inspección se encuentra un tamaño muestral de 32, se les explicó a los directivos, que, ya que para los tres proveedores restantes cinco lotes consecutivos habían sido considerados aceptables, el tomar un plan con una inspección estricta llevaría a rechazar lotes buenos, en tanto que en el caso de inspección reducida se contaba con un total (para los tres proveedores) de 10 lotes aceptados, por lo que no se podía elegir, pues aumentaba la probabilidad de aceptar lotes malos.

Considerando el proceso de fabricación de cajas de cartón corrugado, se tomó la decisión de establecer inicialmente un plan de muestreo para inspección normal, nivel I, para tres de los proveedores, en tanto se completaba el historial y poder cambiar a inspección reducida. En tanto que para el proveedor al que se le habían rechazado 4 lotes, se decidió ya no comprarle más.

CONCLUSIONES.

Mediante el trabajo desarrollado se pudo cubrir en su totalidad el objetivo particular No. 1, que consistía en caracterizar las materias primas (sólidos, líquidos y mezclas) en base a su historial, se estimó en todos los casos, solamente la distribución de las características de calidad y se señalaron las posibles causas del comportamiento de los datos; sin embargo, dado que no son observaciones directas del proceso, no es posible el afirmar nada respecto al comportamiento dinámico del proceso o a su estado de control estadístico.

En lo que respecta a los objetivos particulares No. 2 y No. 3 con los datos obtenidos se logró establecer los límites de control para los tres materiales seleccionados, además de que los datos mostraron la proporción media de artículos defectuosos recibidos en los lotes, ayudando de esta forma, a que sea considerado el uso de métodos estadísticos, y en lo que concierne al establecimiento de un plan de muestreo estadístico, se consiguió juzgar el nivel de calidad de los lotes y al mismo tiempo se manifestaron criterios de control para la toma de decisiones de carácter general con respecto al tipo de muestreo a seguir.

La consecuencia positiva del establecimiento de técnicas de control estadístico de calidad, se puede obtener con una evaluación periódica de las actividades del departamento de producción de una empresa, en función de parámetros relativos a la calidad, criterios para seleccionar proveedores de una materia prima o material de envase y embalaje y elaborar instrucciones definitivas en los métodos de inspección, para finalmente, desarrollar un alto grado de confiabilidad de materias primas y materiales, a fin de satisfacer las necesidades del cliente.

La siguiente etapa en la implantación de un programa de calidad es el aplicar el concepto de control estadístico de proceso, para determinar la capacidad y nivel de variabilidad en la fabricación de sabores artificiales, a fin de hacer las modificaciones en las fórmulas que compenecen las variables.

Es también importante considerar, que el componente que une el proceso son los empleados; no solamente los grupos de control de calidad o el departamento de investigación y desarrollo, sino todos los empleados. Todos, desde mantenimiento hasta el director deben comprometerse completamente con la calidad del producto fabricado.

Finalmente, considero que el uso de las diferentes gráficas de control así como de los distintos sistemas de muestreo, son técnicas simples, pero sólidas, por lo que es necesario que sean utilizadas en la industria de alimentos con el fin de mejorar la calidad de los productos y reducir costos de operación.

BIBLIOGRAFIA.

- (1) ALVAREZ, L. H.: "Calidad Total", en: Novomáquina 2000 Extra, México, 1990, núm. 16, p. 135-140.
- (2) CELORIO BLASCO, Carlos: Diseño del embalaje para exportación, 1a. ed., México, Instituto Mexicano del Envase Y BANCOMEXT, 1993.
- (3) CHARBONNEAU, Harvey C. y WEBSTER, Gordon L.: Industrial Quality Control, s/l, Prentice-Hall Inc., 1978.
- (4) CUBERO, J. J.: "El informe de control", en: Novomáquina 2000 Extra, México, 1987, núm. 131, p. 61-63.
- (5) CUBERO, J. J.: "Tendencias de calidad en los años 90", en: Novomáquina 2000 Extra, México, 1990, núm. 159, p. 97-101.
- (6) DAVIES, K.: Aplicación de técnicas estadísticas en la medición del trabajo, s/l, Work Study, 1984.
- (7) DUNCAN, J. Acheson: Control de calidad y estadística industrial, trad. por Juan Naves Ruiz, México, Ediciones Alfaomega, 1989.
- (8) ENRIQUEZ GALVAN, Oscar: "Realidades sobre el control de la calidad en las empresas mexicanas", en: Ciencia y Desarrollo, CONACYT, México, may.-jun. 1986, núm. 68, año XII, p. 45-53.
- (9) FACULTAD DE INGENIERIA, DIVISION DE EDUCACION CONTINUA: Control estadístico de calidad, México, copia mimeografiada, UNAM, 1986.
- (10) FACULTAD DE INGENIERIA, DIVISION DE EDUCACION CONTINUA: Calidad total, México, copia mimeografiada, UNAM, 1989.
- (11) FACULTAD DE INGENIERIA, DIVISION DE EDUCACION CONTINUA: Técnicas de control estadístico de calidad en procesos industriales, México, copia mimeografiada, UNAM, 1990.

- (12) FEIGENBAUM, Armand V.: Control total de la calidad, México, CECSA, 1989.
- (13) FURIA, Thomas E. y BELLANCA, Nicolás: Fenaroli's Handbook of flavor Ingredients, 2a. ed. Cleveland, Ohio, CRC Pres Inc., 1975.
- (14) GACULA, Máximo C. y SINGH, Jagbir: Statistical methods in food and consumer research, USA, Academic Pres Inc., 1984.
- (15) GIVAUDAN, Victor H.: Saborista, México, Sociedad Mexicana de Saboristas, 1988.
- (16) GRANT, L. Eugene y LEAVENWORTH, Richard S.: Control estadístico de calidad, 5a imp., México, CECSA, 1990.
- (17) HANSEN, Bertrand L.: Teoría y aplicación del control estadístico de calidad, España, Editorial Hispano Europea, 1980.
- (18) HEINZ, H. F.: "Aseguramiento preventivo de calidad", en: Ind. & Prod. Eng., s/l, 1986, vol. 10, núm. 4, p. 48-50.
- (19) HERSCHDOERFER, S.M.: Quality control in the food industry, USA, Academic Press Inc., 1973.
- (20) ISHIKAWA, Kaoru: Quality control guidebook, USA, UNIPUB International, 1989.
- (21) JURAN, Joseph M, GRZYNA, Jr. Frank M. y BINGHAM, Jr Richard S.: Quality control handbook, USA, Mc. Graw Hill, 1988.
- (22) KIMBER, R.: "Técnicas estadísticas para los métodos de inspección tradicionales" en: Mach & Tool Blue, 1980, vol. 80, núm. 12, p. 54-59.
- (23) KRAMER, Amihud y TWIGG. Bernard A.: Quality control for the food industry, USA, AVI Publishing Co. Inc., 1970.
- (24) KREYSZIG, Erwin: Introducción a la estadística matemática, México, LIMUSA, 1973.
- (25) MAYEN GONZALEZ, Jorge: Control de Calidad, México, ESIME; IPN, 1982.
- (25) MENDEZ, Ofelia y LOPEZ, Nadia: Control de calidad, Cuba, Ediciones Enspes, 1984.

- (26) MILLER, Irwin R.; FREUND, John E.; JOHNSON, Richard: Probabilidad y estadística par ingenieros, trad. por Virgilio González Pozo, 4a ed., México, Prentice-Hall Hispanoamericana, 1992.
- (27) MONTGOMERY, Douglas C.: Control estadístico de la calidad, trad. por Dirk Valko Verbeek, Belmont, California, Grupo Editorial Iberoamérica, 1991.
- (28) OSTLE, Bernard: Estadística aplicada, México, Editorial LIMUSA, 1983.
- (29) OTT, Ellis R.: Process quality control, USA, Mc. Graw-Hill, 1975.
- (30) RODRIGUEZ T., José Antonio: Introducción a la ingeniería de empaques, 2a. ed., México, Edición particular, 1991.
- (31) ROSANDEL, A. C.: Applications of quality control in the service industries, USA, ASQC Quality Press, 1985.
- (32) SANCHEZ SANCHEZ, Antonio: La inspección y el control de la calidad, México, LIMUSA, 1986.
- (33) SCHUCH, L.: "Aplicación del control estadístico de proceso como herramienta para la calidad", en: Mach. & Tool Blue, USA, 1985, vol. 86, núm. 12, p. 61-63.
- (34) SHAFFER, George H.: "Control estadístico de calidad", en: American Machinist, USA, 1984, vol. 128, núm. 1, p. 97-108.
- (35) TAUSCH, Pam: "Guía para implementar el control estadístico de proceso", en: Metal Stamping, USA, 1985, ene., p. 3-6.

Bibliografía Documentos Oficiales.

- (36) COMITEE ON CODEX SPECIFICATIONS, Food Chemicals Codex, Washington, D. C., National Academy Press, 1981.
- (37) DIRECCION GENERAL DE NORMAS, NOM EE 39-1979 Envases y embalajes de cartón, Determinación de la resistencia a la compresión, México, SECOFI, 1979.
- (38) DIRECCION GENERAL DE NORMAS, NOM EE 70-1979 Cajas de cartón corrugado, México, SECOFI, 1979.
- (39) DIRECCION GENERAL DE NORMAS, NOM EE 74-1980 Papel y cartón, Terminología, México, SECOFI, 1980.
- (40) DIRECCION GENERAL DE NORMAS, NOM EE 93-1981 Tapas tipo rosca, especificaciones. México, SECOFI, 1981.
- (41) DIRECCION GENERAL DE NORMAS, NOM EE 30-1983 envases de vidrio para contener alimentos en general, México, SECOFI, 1983.
- (42) DIRECCION GENERAL DE NORMAS, NOM EE 155-1984 Tapas metálicas para uso comercial, México, SECOFI, 1984.
- (43) DIRECCION GENERAL DE NORMAS, NOM EE 187-1985 Envases de vidrio, Métodos de prueba. Capacidad, México, SECOFI, 1983.
- (44) DIRECCION GENERAL DE NORMAS, NOM EE 188-1986 Envases de vidrio, Métodos de prueba. Dimensiones, México, SECOFI, 1983.
- (45) ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, México, Diario Oficial de la Federación, 1993.
- (46) SECRETARIA DE SALUD, Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, Comisión Permanente de los Estados Unidos Mexicanos, Quinta edición, México, 1988.