



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

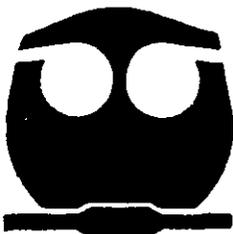
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE QUIMICA DE ALIMENTOS

P R E S E N T A :

ANGELINA DE LA TORRE GALINDO

Soc. S. 16/2



MEXICO, D. F.



2000

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA FACULTAD DE QUIMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

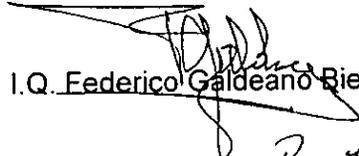
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

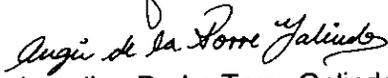
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

Jurado Asignado:

| | |
|---------------|---|
| Presidente | Prof. Federico Galdeano Bienzobas |
| Vocal | Profa. María de Lourdes Gómez Ríos |
| Secretario | Prof. Miguel Angel Hidalgo Torres |
| 1er. Suplente | Prof. René Julio De Los Ríos Campanella |
| 2do. Suplente | Carlos Manuel Shelly Alvarez Tostado |

Sitio donde se desarrollo el tema:
Biblioteca de la Facultad de Química, UNAM.

Asesor:  I.Q. ~~Federico Galdeano Bienzobas~~

Sustentante: 
Angelina De La Torre Galindo

A **Dios**, por darme la vida, la fuerza de luchar, y sobre todo por mis papas.

Mamita, por ser mi amiga, mi mamá Koala y nunca dejarme, por los ánimos, por los regaños, por los consejos, por tu ejemplo, por tu sabiduría, por todo...eres lo mejor que tengo!

Pucho, gracias por el ejemplo de ser siempre uno mismo a pesar de todo, y por verme como tu niña chiquita, pero ya crecí y esto es para ti....te quiero mucho!

A la **UNAM**, a mi **Facultad de Química** por ayudarme a forjar mi futuro con bases y conocimientos.

Familia De La Torre Meseguer, Paquito, Tania, Tato y Vale, lo importante es que somos familia, los quiero mucho.

Abuelitos Galindo, Alfonso y Angelina, por ser los forjadores de una gran familia, y sobre todo a mi abuelita Angelina, gracias por los consejos, por la guía y por ser siempre mi angelito de la guarda.

Abuelitos De La Torre, Graciela y en especial a mi abuelito Manuel De La Torre Díaz, esperando que sea su orgullo, esten donde esten.

Familia Galindo Tía Lulú, Tío Edo, Rosi, Tío Luis, Lulú, Tío Alfonso, Ana Rosa, Gaby, Marco, Tía Vicky, Eldon, Stephen, Michelle, John, Heally, Tío Carlitos, Tío Luisito y en especial a las 4 enanas Lulucita, Claudis, Feri y Titina saben que son mi adoración.

Tío Jesusito esperando que desde lo alto me cuides siempre y sobre todo espero que te guste.

Primo Yogi por que se que siempre nos cuidas a todos los De La Torre Galindo y De La Torre Meseguer, gracias!

Tamara por saber ser amiga en las muy malas y en las buenas, gracias por compartir siempre y nunca olvidarte del significado de una amistad.

Adriana y Elisa por todo lo vivido, por lo que falta y por la amistad.

Maffo no siempre soy vengativa, gracias por la amistad que siempre nos ha unido y siempre nos unirá.

Jerónimo, Ramón y Gabo por estar siempre en las buenas y las malas, por los jalones de oreja, por las alegrías, por el apoyo incondicional que siempre me han dado.

Becka y Marixa por las horas de charla, por esos coffes, por los exámenes de analítica instrumental I, por las bodas pasadas y venideras, y por todos los chismes de la facultad que sin ustedes dos no me saben.

Oscar por tantos años de exámenes, promesas no cumplidas, fiestas compartidas, amores frustrados, extraordinarios y sobre todo amistad.

Karla, Chio, Angélica, Alma y Carla Chacón (Chacona), Oscar, Marcos y René, gracias por compartir conmigo un poco de ustedes y por siempre tener una sonrisa para mi en todo momento.

Federico gracias por tanto aguante!!!, no solo en lo académico, sino en mi vida personal, por ser tanto amigo como maestro y por tu apoyo incondicional.

Miguel Angel Hidalgo por ser un ejemplo total en el ámbito profesional, y por las indicaciones para mejorar la tesis.

Lulú Gómez por tus enseñanzas en control de calidad y por los comentarios de la tesis.

Lucy por tu invaluable consejo en cada paso de la carrera.

Agustín Reyó por el apoyo que siempre me das, y sobre todo por el apoyo en la tesis.

A todos mis profesores que dejaron algo en mí: **Josefina Toledo, Adela Castillejos, Marco A. León Félix, Blas Flores, Ramiro Danache, Susana Flores, Eduardo Rojo y Rejil, Dr. Jorge Vázquez Ramos, Mary Paz Sánchez, Daniel Pedrero, René De Los Ríos, Raúl Garza, Orlando y Lulú.**

Don Arturo gracias por toda la ayuda brindada en el Lab durante todos estos años.

INDICE

- I. Introducción
- II. Objetivos
- III. Generalidades
 - a) El Control de calidad hasta nuestros días
 - b) La normalización
 - c) Historia de la Normalización
 - d) La normalización en México
- IV. Definición de las características a medir
 - a) Concepto de calidad
 - b) Características de un producto
 - c) Clasificación de características de calidad según Kramer y Twigg
 - d) Características Cuantitativas
 - e) Características Ocultas
 - f) Características Sensoriales
 - g) El consumidor y las características de calidad de un producto
- V. Métodos de Medición
 - a) Métodos sensoriales
 - b) Métodos objetivos o instrumentales
 - b.1. Métodos físicos de medición
 - b.2. Métodos químicos de medición
 - b.3. Métodos microscópicos de medición

- VI. Correlación con la Evaluación Humana
 - a) La evaluación sensorial
 - b) Métodos Analíticos
 - c) Métodos Cuantitativos
 - d) Métodos Cualitativos
 - e) Métodos Afectivos
- VII. Selección del método adecuado
- VIII. Mejoramiento en la simplicidad y precisión del método seleccionado
- IX. Validación del método
 - a) Parámetros de validación
 - b) Definición de términos
 - c) Validación de un método analítico
 - d) Determinaciones
- X. Establecimiento de una escala
- XI. Integración ponderante de las características de calidad
- XII. Método alternativo para establecer especificaciones de calidad sensorial en alimentos
 - a) Especificaciones sensoriales establecidas por consumidores y gerentes
 - b) Especificaciones sensoriales establecidas por gerentes
- XIII. Conclusiones
- XIV. Bibliografía
- XV. Anexo

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de generar productos con alta calidad, ha llevado a la industria alimentaria a desarrollar sistemas de control de calidad total, para ello es necesario contar con normas y especificaciones técnicas, las cuales establezcan una serie de requisitos básicos, que deben de ser observados y respetados por las industrias alimentarias.

En la actualidad existe un gran problema en las empresas para poder establecer las especificaciones sensoriales de calidad, lo que se refleja en los comités de normalización de productos alimenticios, ya que en muchas ocasiones no se siguen los procedimientos adecuados, o simplemente no se toman en cuenta, es decir, no existe un documento oficial que establezca o defina los parámetros que se deben de observar al momento de redactar una especificación, por lo tanto se debe establecer un manual o un procedimiento que indique a los productores y asegure a los consumidores la calidad del alimento, siendo este aplicable a un sin número de productos alimenticios tanto en el ámbito nacional como internacional.

Es necesario tomar en cuenta la gran diversidad de áreas que pueden servir como herramientas para establecer parámetros y límites, así mismo, entender la relación existente entre la medición instrumental y la sensorial, para con ello unificar criterios y establecer un procedimiento adecuado para implantar estándares de calidad sensorial en la industria alimentaria.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

- Desarrollar un documento en el que se señalen los puntos a seguir para establecer especificaciones sensoriales de calidad en la industria alimentaria, que sirva como precedente para futuras generaciones sobre como elaborar especificaciones de calidad y que pudiera ser aplicable a los alimentos típicos mexicanos, ya que su elaboración aun no se rige bajo una norma técnica.

Objetivos específicos

- Definir y clasificar las características de calidad de los productos alimenticios, así como el método de medición adecuado para evaluarlas.
- Aplicar métodos de medición adecuados y definir límites.
- Emplear la Evaluación Sensorial para el desarrollo de estándares de calidad.
- Hacer uso de la estadística como recurso para la aplicación de estándares de calidad.

III. GENERALIDADES

a) El Control de Calidad hasta nuestros días

La calidad tanto en servicios como bienes ha sido observada, controlada y desarrollada desde hace muchos años, incluso desde las primeras culturas que habitaron la Tierra, debido a que esta proporciona una satisfacción para cubrir necesidades.

Existen muchas pruebas de restos arqueológicos y excavaciones que indican claramente la aplicación del control y la normalización, algunos de los cuales datan de 4000 años A.C., como sucede en Monhenjodaro y Harappa ciudades gemelas de la civilización del Valle Hindú, en cuyas ruinas se encontraron una serie de pesas y fragmentos de medidas de longitud, prueba concluyente de que los habitantes de este Valle tenían un sistema bien elaborado de metrología base fundamental de toda normalización. (23)

En la estatua del Rey Goudea, herencia de la estatuaria Caldea del año 3000 A.C., hay una decoración que recuerda el principal mérito del monarca, donde se observan cuadros y números interpretados como normas de construcción. Pero lo esencial es una regla graduada de 27 cm. de longitud aproximadamente, dividida por rayas equidistantes cada 17 mm., esta unidad de medida servía de "metro" a los carpinteros y albañiles de Babilonia y de otros lugares.(24)

A mediados del Siglo XIX, la producción de bienes y servicios se encontraba en manos de pequeños grupos o individuos, generalmente eran los

dueños de negocios, y por lo tanto, la responsabilidad del control de calidad de los bienes o servicios recaía en un solo individuo o en pequeños grupos. Los estándares de calidad eran determinados por individuos los cuales proporcionaban el bien o servicio, asegurándose así de proporcionar calidad para el consumidor, esta época fue nombrada como "Control de Calidad del Operador".(7)

El periodo comprendido entre 1900's a 1920 es conocido como el "Control de Calidad del Capataz" (7), la cual surgió a consecuencia de la Revolución Industrial y la producción en grandes cantidades, en este punto de la historia, una persona era la responsable de cierta etapa de la producción, estas personas eran conocidas como capataces o supervisores, y eran los responsables del control de calidad del producto, al inspeccionar diferentes operaciones del proceso. Los encargados de áreas comunes o afines se reunían y así intercambiaban ideas con los superiores para lograr una mejor calidad. La responsabilidad combinada entre varios capataces lograba lo que se creía era el perfecto control de calidad.

De 1920 a 1940 siguió la evolución del Control de Calidad; esta etapa fue llamada, "Inspección de Control de Calidad"(7), logrando un gran avance al desarrollar un "estándar de calidad", el cuál era un parámetro que toda producción debía llegar. Un inspector se encargaba de comparar la calidad del producto con el estándar; y los que no cumplieran se desechaban o se regresaban a producción.

En 1924 Walter A. Shewhart de Bell Telephone Laboratories introdujo el concepto de utilizar tablas estadísticas, y con ello controlar las variables de

producción estas tablas y el uso estadístico, jugó un papel fundamental en el control estadístico del proceso. Y esto trajo como consecuencia el desarrollo de "Planes", los cuales ayudaron a los inspectores.

El siguiente periodo abarca desde 1940 a 1960 y fue llamado "Control Estadístico de Calidad".(7) Aquí los planes se desarrollaron con mayor auge, los militares Norteamericanos desarrollaron sus propios planes de muestreo tal como el MIL-STD-105^a. El Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norteamérica desarrolló el "Manual para la Inspección y el Control de Calidad H107". Mientras tanto en Japón, se introducen diferentes herramientas gráficas conocidas como "Diagramas de causa – efecto", también conocido como "Diagramas de Esqueleto de Pescado", los cuales son auxiliares en la identificación de procesos que salen de control.

En los 1960's se llega a la etapa llamada "Control de Calidad Total", en donde se involucran en el proceso varios Departamentos y Gerencias, y con ello se dan cuenta de la importancia que tiene cada departamento en el proceso de producción y de control, surgiendo el concepto de "Cero defectos (ZD)". En Japón surgen los Círculos de Control de Calidad".

En 1970's se llega a la etapa conocida como "Control de Calidad Organizacional", en la cual se involucra a todos los miembros de la compañía, desde el operador hasta el presidente, y en Japón, Taguchi introduce el concepto de mejorar la calidad por medio de la estadística y el Diseño de experimentos.

Para los años 1980's surgen los "Sistemas de Calidad Total", los cuales implican documentación del proceso e integración técnica, para guiar a las personas, las máquinas y el proceso con el fin de asegurar al consumidor la calidad que satisfaga sus necesidades y economía.

b) La Normalización

Con el transcurso del tiempo, el hombre se desarrollo, evolucionó y reunió en diferentes grupos sociales, lo que lo llevó a establecer reglas que le permitieran el intercambio de ideas, así como de productos, con lo que se desarrolló el concepto de Normalización, la cual se puede definir como el establecimiento, aplicación y adecuación de reglas destinadas a corregir y mantener un orden determinado en algún campo específico.(1)

La palabra normalización proviene de norma, ésta a su vez del latín "norma", que se define como: "regla a la que se modela voluntariamente una actividad". (29)

Sin embargo, dentro del concepto técnico se pueden dar varias definiciones, entre las cuales las cuales se tienen las siguientes:

- a) Normalización es el proceso de formular principios tecnológicos para guiar y regular la producción, el intercambio de mercancía y servicios con objeto de obtener el máximo de economía.
- b) Normalización es una actividad técnica y económica que tiene por objeto establecer los requerimientos característicos de los productos, métodos y

formas similares de representación, que se definen y formulan en una norma con el propósito de obtener producción nacional, distribución y utilización, apropiadas al periodo considerado.

- c) Normalización es la serie de técnicas que tiene por objeto definir dentro de requisitos determinados, líneas de productos o métodos adecuados para satisfacer estos requisitos, dirigiéndose la conveniencia de uso, eliminando complicaciones y variedades superfluas por medio de la simplificación, para permitir la producción nacional sobre las bases de la técnica presente.(13)

La definición aceptada internacionalmente es la establecida por la Organización Internacional de Normalización (ISO): Normalización es el proceso de formular y aplicar reglas de acceso ordenado a una actividad específica, determinada por su interés y con la cooperación de todos los sectores involucrados para la obtención de una economía óptima. Este proceso deberá basarse en los resultados consolidados de la ciencia, técnica y experiencia. Determina no solo las bases para el desarrollo presente, sino también para el desarrollo futuro y debe mantener su paso acorde con el progreso.(11) (12)

El espacio de la Normalización

El espacio de la normalización es un concepto que relaciona los puntos más importantes del campo en el que se desenvuelve la normalización. Fue descrito y presentado a la ISO en 1958 por el Doctor Verman de la India, como un sistema ortogonal de tres ejes, es un dispositivo conveniente para ilustrar las tres áreas que definen el campo de la normalización: dominio, aspecto y nivel. Esta

representación sirve para definir una norma, así como la relación que existe entre elementos. El "dominio" de la normalización es el área en la cual se van a realizar los estudios de normalización: agricultura, alimentos, construcción, etc.; el "aspecto" contempla los diferentes enfoques que pueden darse dentro de un mismo dominio pueden darse, como son normas de calidad, de producto, de métodos de prueba, etc.; el "nivel" se concreta a establecer el círculo en el cual se aplica el resultado del estudio normativo como son: empresa, asociación, regional e internacional y presentan las siguientes características: (Ver Anexo A)

Empresa: es el nivel de normalización que presenta la zona de aplicación más restringida, sus normas son el resultado del acuerdo entre varios departamentos de una compañía sancionados por un cuerpo directivo de la misma y sirven para regular sus compra, procesos y otras actividades que la requieran.

Asociación: es el nivel de normalización que sin presentar todavía una zona de aplicación más amplia, comprende acuerdos mutuos entre dos o más compañías fabricantes del mismo artículo.

Nacional: es el nivel de normalización cuyas normas son el resultado de la conciliación de intereses de productores y consumidores dentro de un país.

Internacional: es el nivel de normalización que presenta la zona de aplicación más amplia, y cuyas normas son el resultado de la conciliación de intereses de todos los países del mundo en un intento de tecnificar el comercio internacional y poder competir bajo la base de una calidad similar. (25) (E1)

Principios y Filosofía de la Normalización.

La normalización debe conservar las siguientes características: homogeneidad, equilibrio y cooperación.

La homogeneidad se refiere a que en un tiempo determinado el conjunto de normas que se elaboren constituyan un todo efectivamente congruente entre sí y enlazado de tal manera que forme un verdadero sistema de normalización, logrando así la mayor homogeneidad posible. Es indispensable que antes de iniciarse el estudio de una nueva norma, se conozcan a fondo las normas ya existentes que puedan tener relación con la que se inicia, para así, coordinarlas y evitar situaciones de conflicto. De igual manera que ninguna industria puede vivir aislada, las naciones tampoco pueden permanecer fuera de los movimientos internacionales, de esto surge la necesidad de que exista un ente único que vigile la homogeneidad de las normas de un país y la opinión del mismo en el ámbito internacional.

El equilibrio significa que debe lograrse un perfecto balance entre los requerimientos del proceso técnico del momento y las posibilidades económicas tanto de la producción como del consumo. Debe garantizar que la norma sea el resultado de la colaboración de todos los sectores afectados, en la que se ponen de manifiesto las necesidades del consumidor y las posibilidades del productor. Asimismo, es importante hacer notar que la norma es un instrumento el cual puede modificarse y ajustarse según las necesidades del momento, pues es evolutiva.

La cooperación señala que la norma es colectiva, en consecuencia, es necesario que sea establecida con el acuerdo y la cooperación de todos los interesados afectados. Un estudio de normalización no podrá llevarse a cabo satisfactoriamente si no dispone de un alto sentido de cooperación entre los sectores involucrados. (23)

En base a las características anteriores, la ISO estableció los principios de la normalización:

Principio 1.

La normalización es esencialmente un acto de simplificación, como resultado de un esfuerzo consciente de la sociedad, impone la reducción de algunas cosas, y no solo disminuye la complicación presente, sino que intenta evitar la complicación innecesaria en el futuro.

Principio 2.

La normalización es una actividad tanto social como económica, y debe fomentarse mediante la cooperación mutua de los interesados. El establecimiento de una norma debe basarse en el consenso general.

Principio 3.

La sola publicación de una norma es de poco valor a menos que se ejecute. La ejecución necesitará sacrificio de parte de alguno en beneficio de muchos.

Principio 4.

Las medidas a tomar al establecer una norma son esencialmente de selección, seguida de fijación.

Principio 5.

Las normas deben revisarse a intervalos regulares cuando es necesario. El intervalo entre revisiones dependerá de las circunstancias particulares.

Principio 6.

Cuando se especifica el funcionamiento u otra característica del producto, dicha especificación debe incluir la descripción de métodos de prueba que deben aplicarse para determinar si el artículo corresponde o no con la norma. Cuando se adopta el muestreo debe especificarse el método y si es necesario el tamaño y frecuencia de la muestra.

Principio 7.

La necesidad de obligatoriedad legal para las normas nacionales debe estudiarse, especialmente tomando en cuenta la naturaleza de la norma, el nivel de industrialización, leyes y condiciones que prevalecen en la sociedad para la que dicha norma se prepara.

La definición de estos principios fomenta la economía en conjunto, la producción e intercambio de mercancía, la protección del consumidor y proporciona medios de comunicación y expresión entre todas las partes interesadas, en consecuencia, fomenta la normalización y todas las actividades similares. (26)

c) Historia de la Normalización.

La urgencia de una normalización organizada, se vio impulsada con el paso de la actividad artesanal a la actividad industrial con lo que el intercambio de partes y componentes se hizo esencial para el trabajo de procesos industriales y líneas de ensamblado. Se dice que la creación de la primera línea verdadera de ensamblado se originó en Venecia entre los siglos XV y XVI, debido a una represa de agua llamada El Arsenal, donde se manufacturaba desde un cañón hasta clavos constituyendo así, la planta industrial más grande del mundo. De este modo, Venecia construyó un barco normalizado que rápidamente se convirtió en una galera de guerra.

En 1793, el Ingeniero Ely Whiteny junto con otros hombres, experimentaron las ventajas del intercambio de partes y componentes en varias secciones de la industria, debido a la necesidad surgida de la producción en serie de armas y municiones encargadas por el ejército norteamericano, ya que con la técnica de producción manual sólo se obtenían partes irregulares con características individuales ocasionando dificultades de sustitución; problema que fue resuelto con las institución de plantillas o normas constantes para el trazo y corte uniforme, hasta producir partes fácilmente sustituibles e intercambiables, alcanzando así, una producción uniforme, impersonal, más acelerada y en serie. (25)

Con el transcurso de los años se siguieron perfeccionando los sistemas de producción para el desarrollo técnico de la industria y al estallar la Primera Guerra Mundial ya se había comprendido la importancia de la normalización.

Al terminar la guerra, se crearon organismos nacionales de normalización en la mayoría de los países europeos, sin embargo, estos países presentaron ciertas dificultades, ya que las normas se desarrollaban independientes en cada país, lo que originaba complicaciones para la circulación de productos entre los diferentes mercados. Por esto, en 1962 se creó la Federación Internacional de las Asociaciones Nacionales de Normalización (ISA); estableciendo así las bases de cooperación internacional en cuanto a la normalización, tratando de unificar las diferentes normas elaboradas a nivel nacional.

Con la amenaza de la Segunda Guerra Mundial algunos países se retiraron y la ISA cesó sus actividades. Cuando la guerra terminó y las relaciones comerciales tomaron nuevamente su curso, renació la necesidad de disponer de documentos que rigieran las transacciones comerciales, así, en 1946 se creó un nuevo organismo internacional, la Organización Internacional de Normalización (ISO) con el objetivo de facilitar la unificación de criterios en el desarrollo de las normas industriales. A su vez, se crearon organismos nacionales de normalización en algunos países en vías de desarrollo. (26)

El primer paso importante hacia el establecimiento de un programa internacional de normas de alimentos, fue dado por la Federación Internacional de Lácteos (IFD) en 1956, al recurrir a la FAO en busca de apoyo, para procurar la competencia justa entre los diferentes productos de la leche, así como una serie de normas para productos derivados de la leche, dando como consecuencia el establecimiento del Código de Principios de la Leche y Productos de la Leche, el

cual tuvo mayor aceptación que las normas individuales establecidas por cada país.

Se realizó un programa de normas para alimentos que culminó en el Código Alimentario Europeo. Impulsado por el mexicano Dr. Salvador Zubiran, en Argentina se estableció el Consejo Latinoamericano de Alimentos, que publicó un extenso código alimentario, que desafortunadamente no funcionó por falta de apoyo de los gobiernos de la región.

En 1962, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud se reunieron para poner en marcha el Programa conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, convinieron en establecer la Comisión del Codex Alimentarius, integrada por los Estados Miembros de la FAO o de la OMS. (27) Con el fin de referir las norma o estándares, constituye un referente especial para que la industria y el comercio puedan mejorar la calidad y la competitividad de sus productos y servicios.

Hoy día la mayoría de los países cuentan con un sistema nacional de normalización y éstos, a su vez, conforman los sistemas internacionales existentes.

Ahora bien, en las normas o estándares obligatorios se establecen en términos objetivos las propiedades o características que deben tener los productos y la forma en que se venden, es decir, establecen una serie de requisitos básicos que el productor debe cumplir, ya que deben contener especificaciones técnicas u otro tipo de criterios que serán utilizados como reglas, guía o definiciones de

características para asegurar que la materia prima, el producto, el proceso y los servicios cumplen su propósito. Las normas o estándares son un parámetro tomado como modelo o guía a seguir, un grado o un nivel de excelencia, que sirve como base de comparación para un peso, una medida, o un valor, es una especie fija y duradera de cualquier especie empleada como comparación y valoración cuantitativa de los datos de la misma especie (2).

En un contexto de mercados mundiales caracterizado por la innovación tecnológica y la intensificación de la competencia, la normalización es vital para que los países desarrollen su potencial industrial y para asegurar el mercado exterior de sus bienes, así mismo, sirve para orientar al productor, mejoran y facilitan el manejo de los productos. Establece una competencia entre los grados de calidad similares y los clasifica, permitiendo así que el consumidor seleccione el producto que satisfaga sus necesidades.

d) La Normalización en México

En México la normalización se inició en 1934 al decretarse una sección de normas en la Secretaría de Economía Nacional, que posteriormente auxilió a la Comisión Nacional de Patrones con Tipos de Calidad y Especificaciones Industriales y Comerciales, en donde se formularon los primeros proyectos de normas industriales para productos de consumo general, principalmente: grasas, lubricantes, suelas, charol y yeso. En 1942, se creó la Dirección General de Normas (DGN), dependiente de la Secretaría de la Economía Nacional, la cual absorbió las labores del antiguo Departamento de Pesas y Medidas y fue

reconocida como el Organismo Nacional de Normalización. Entró en funciones el primero de enero de 1943, siendo su propósito, la elaboración de normas industriales las cuales reglamentarían la producción, así mismo, establecería en acuerdo con la iniciativa privada, un plan económico con el objetivo de encauzar y asesorar a la industria nacional en cuanto a las especificaciones y características de los productos, de tal manera que se conciliaran los intereses del consumidor y el productor, quedando establecido que la DGN era el único organismo capacitado para diseñar una política adecuada en materia de normalización industrial y para su apoyo desde el punto de vista legal, se expidió la ley de Normas Industriales el 31 de diciembre de 1945; estableciéndose también las bases para realizar los contactos necesarios con los organismos internacionales de normalización. (23)

(28)

La misma ley favoreció la formación de los Comités de Normalización conforme a una clasificación de la actividad industrial. Integrados por representantes industriales y comerciales, propuestos por sus respectivas cámaras, por funcionarios de la DGN y por personas cuyos conocimientos técnicos se estimaran necesarios.

En diciembre de 1958, por decreto presidencial se transforma la Secretaría de la Economía Nacional en Secretaría de la Industria y Comercio (SIC), y en abril de 1961 se publica la Ley General de Normas, Pesas y Medidas, la cual sustituiría la Ley de Normas Industriales, la cual clasificaba todas las Normas Oficiales Mexicanas como opcionales.

En 1982 existe una nueva transformación y surge la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), la cual se encargaría de la DGN, y esta a su vez de la producción de normas.

Hoy en día México cuenta con la Ley Federal de Metrología y Normalización la cual establece el Sistema Nacional de Normalización y Evaluación de la Conformidad, coordinado por la Dirección General de Normas (DGN) la cual está adscrita a la Subsecretaría de Normatividad y Servicios a la Industria y al Comercio Exterior de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) del Gobierno de la República. Sus tareas se rigen por un marco legal establecido en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre de 1976; la Ley Federal de Protección al Consumidor, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 1992; la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1952; y el Reglamento Interior de la SECOFI, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de octubre de 1995.(4) La misión general del sistema es coordinar la elaboración de normas y promover su aplicación; el sistema realiza cinco tareas fundamentales: normalización, certificación, acreditamiento, metrología y verificación.

En México la normalización se plasma en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de ámbito obligatorio, las cuales son elaboradas, según el área de competencia, por nueve secretarías del gobierno federal. Las NOM's tocan aspectos de seguridad del usuario y la salud de los seres vivos, y estas áreas no

se pueden dejar en el ámbito voluntario. También existen las Normas Mexicanas (NMX) de ámbito voluntario promovidas y elaboradas por el sector privado, como es el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación.

En determinadas ocasiones, es necesario demostrar que aquello que ha sido producido se logró conforme a lo dispuesto por la propia norma que lo rige. De esta manera, se inicia el proceso de evaluación de conformidad, esta etapa del sistema desarrolla métodos de evaluación de la conformidad.

Para asegurar que un bien o servicio se ajusta a la norma, tanto los laboratorios de pruebas o los de calibración, son sometidos a un proceso de acreditación, mediante el cual se evalúa y se les faculta para llevar a cabo su actividad.

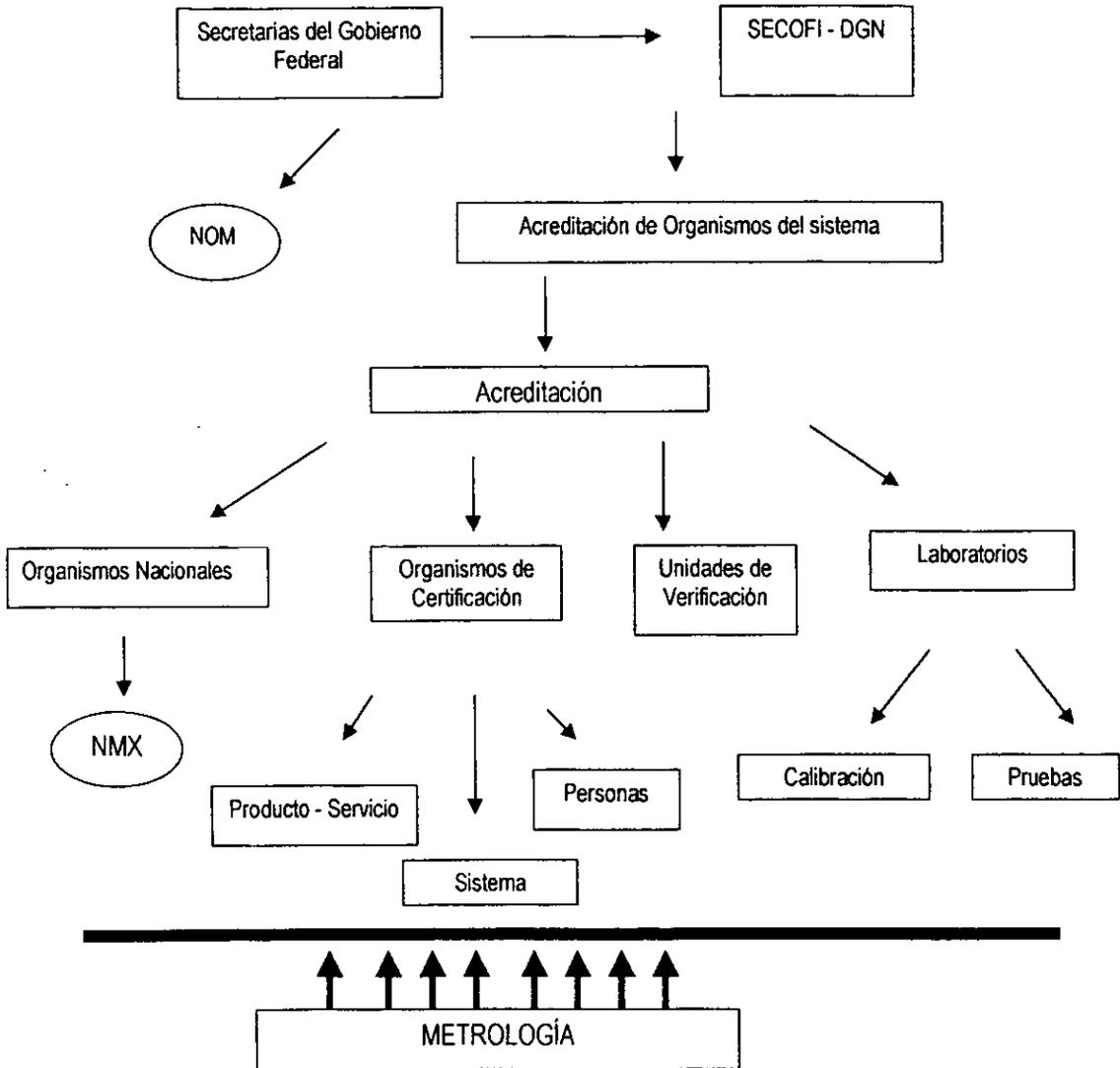
La normalización, la certificación y el acreditamiento no podría efectuarse sin el sustento de la metrología que asegura la exactitud de las medidas y, así, es uno de los soportes donde reposa el desarrollo industrial y la justicia de las transacciones comerciales. (Figura No. 1)

Debido a la imperante necesidad de la sociedad, de contar con sistemas cada vez más efectivos que reduzcan los problemas sanitarios y determinar la obligatoriedad de prácticas correctas de fabricación, como medio para prevenir enfermedades, la Secretaría de Salud, por medio de su Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitarios, se manifiesta a través del desarrollo de Normas Oficiales Mexicanas, como la NOM-093-SSA1 y la NOM-128-SSA1 entre otras.

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

Lo que nos indica que la Secretaría de Salud, esta involucrada en la creación de normas referente a alimentos.

Estructura del Sistema Nacional de Normalización y Evaluación de la Conformidad (4)



Hoy en día la normalización es reconocida y demandada debido a la competencia económica, sin embargo, no es un fenómeno nuevo. Para que las dependencias gubernamentales puedan expedir una regulación técnica obligatoria o NOM, la ley las obliga a formar un comité en el que participan expertos.

Una vez que se cuenta con el proyecto, éste debe publicarse en el Diario Oficial de la Federación, para ser objeto de consultas durante un periodo de 90 días. Terminado este periodo, el comité está obligado a analizar los comentarios recibidos y a formular observaciones, los cuales se publican en el Diario Oficial de la Federación. Después, el comité autoriza la publicación de la NOM en el mismo diario. En la elaboración de una NMX se procede de manera similar.(4)

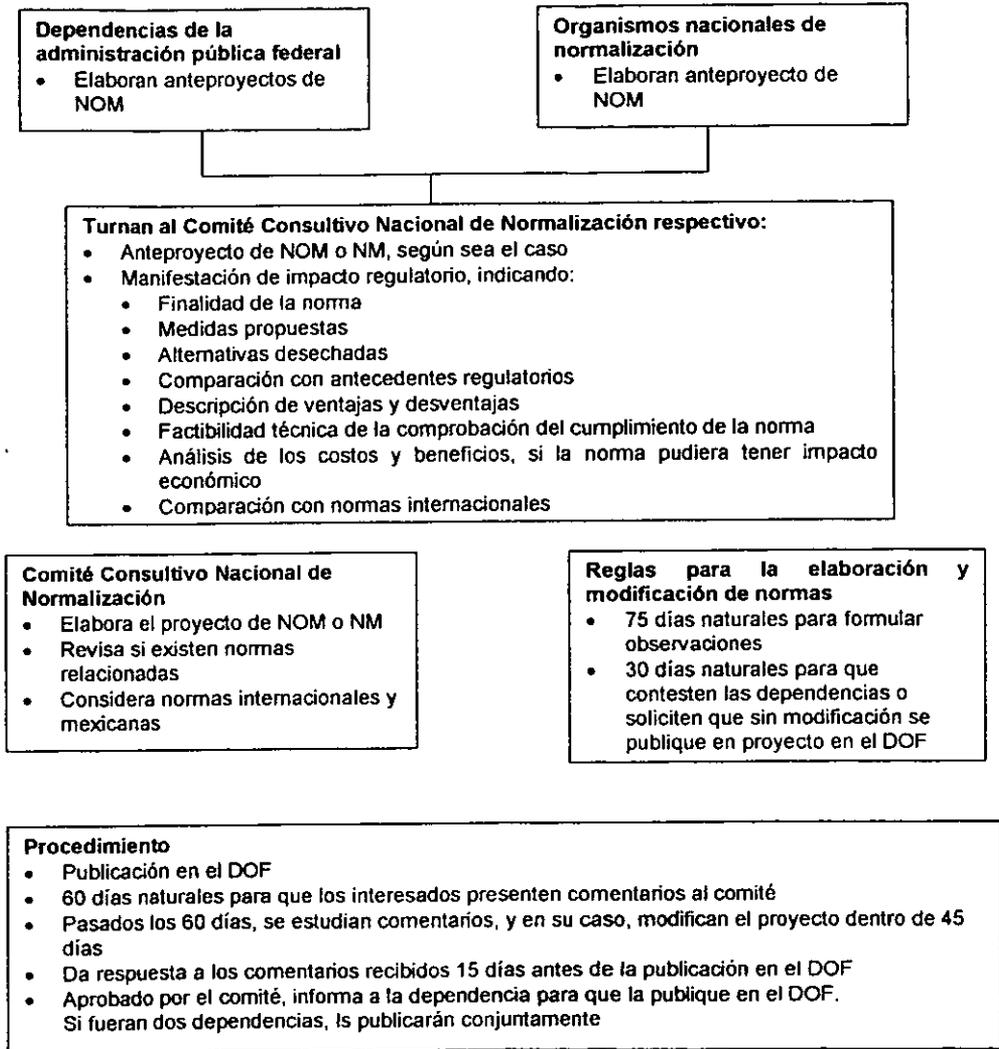
Procedimiento NOM's (5)

El procedimiento de certificación de una NOM, es imperativo para demostrar que se está cumpliendo, para ello se sigue un procedimiento conocido como evaluación de la conformidad, por medio de este, se evalúa si un producto, sistema o servicio se ajusta a una norma específica. La certificación genera parámetros que redundan en la mejora de los procesos productivos.

El acreditamiento es la actividad mediante la cual se evalúa, reconoce y comprueba la capacidad técnica de personas físicas o morales para llevar a cabo las actividades a que se refiere la Ley Federal sobre metrología y normalización.

Para llevar a cabo las funciones de acreditamiento usualmente se integran comités de evaluación, de los cuales se desprende un grupo de auditores, quienes se encargan de realizar la evaluación tanto documental como física del solicitante.

En la elaboración de las normas participan las dependencias u organismos, de acuerdo con el procedimiento que se describe a continuación: (29)



La importancia de la metrología radica en que sin el marco de referencias que este campo de conocimiento proporciona, ninguna iniciativa en materia de normalización sería factible. La metrología legal, científica o industrial es una herramienta básica de la calidad, en tanto que asegura la exactitud de las mediciones y, así, es una de las bases sobre la que reposa el desarrollo industrial. El primer antecedente de la metrología moderna en México data de 1857, cuando el país adopta el sistema métrico decimal.

Se debe definir y seleccionar quien va a ser el organismo, o comité que defina las características de calidad de los productos alimenticios, así mismo, se definen aquellas características físicas, químicas, biológicas entre otras.

Se han desarrollado estándares y especificaciones de calidad, tanto en nuestro país, como en el resto del mundo, principalmente en Estados Unidos de Norteamérica. Estos fueron creados según las necesidades del momento, sin embargo, estos estándares no reúnen todos los requisitos que los productores y consumidores exigen en el presente. Por ello se debe reconocer la necesidad de realizar investigaciones científicas que nos proporcionen parámetros más confiables para sustentar los estándares de calidad.

IV. Definición de las características a medir

a) Concepto de calidad

Hoy en día el concepto de calidad es primordial en todas las áreas de la vida; es un concepto mencionado y "aplicado" por empresas, industrias, comercios y aun en la rutina diaria, la mayoría de las personas tratan de realizar sus tareas con calidad, pues esta proporciona beneficios, específicamente un grado de excelencia. Sin embargo el concepto de calidad ha sido definido con diferentes enfoques por diversos autores.

Calidad es cumplir con las especificaciones o requerimientos (7); Calidad es el grado al cual un producto o servicio se ajusta en referencia a un uso específico (9); Calidad es el total de características o rasgos de un producto o servicio que corrobora su habilidad de satisfacer una necesidad dada (9); Calidad es acondicionamiento para su uso (19); Calidad es el grado al cual la característica de un producto conforme a los requerimientos de este producto, incluyendo seguridad, son cubiertos (9).

Haciendo a un lado el beneficio de la excelencia, podemos tomar la calidad como una especificación o un grupo de especificaciones, las cuales se deben de cumplir en un producto; por ello de todas las definiciones encontradas, existe una que se ajusta a las necesidades de crear especificaciones. La definición propuesta por Kramer y Twigg en 1970, la cual enuncia: la calidad de un producto puede ser definida como la unión o la composición de aquellas características o atributos que diferencian una unidad de otra, y tienen una importancia tal que

determina la aceptación o rechazo del producto por el consumidor. Siendo esta en la que se basará parte de este estudio.

b) Características de un producto

De la definición anterior se puede inferir que la calidad es una composición de características, es decir, las propiedades que posee un producto y precisamente estas van a satisfacer y proporcionar agrado al consumidor. En este rubro varios autores han clasificado las características de un producto de diferente manera:

Las características se pueden agrupar según su naturaleza, por ejemplo: las características estructurales tales como el peso de una lata, o la viscosidad de un producto; las características sensoriales que incluyen el sabor de un alimento y el olor de un alimento; así como las características de la ética, que incluyen las Buenas Prácticas de Manufacturas (7). De esta manera la información sobre las características de calidad de un producto pueden ser agrupadas en dos clases llamadas: variables y atributos.(7)

Las variables son aquellas características que pueden ser medibles y expresadas en una escala numérica.

Un atributo, es una característica de calidad del producto en cuanto esta puede ser clasificada como un producto que cumple o que no cumple con las especificaciones estipuladas(7).

Por otra parte, tenemos autores que enfocados hacia el área de alimentos proponen una clasificación de las características de calidad más concreta,

mencionando únicamente tres grandes grupos: las características sensoriales, características ocultas y por último las características cuantitativas (10).

c) Clasificación de las Características de Calidad según Kramer y Twigg 1970 (10)

1. Características Cuantitativas

Producción

Proporción de ingredientes

Peso neto

Peso drenado

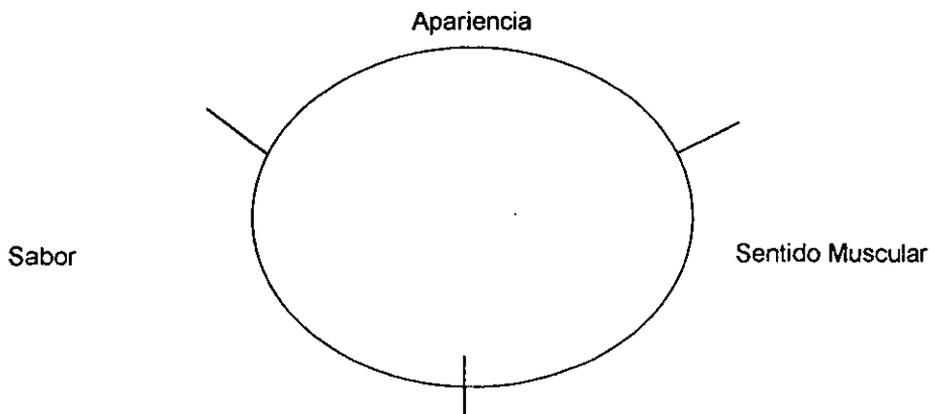
2. Características Ocultas

Valores nutrimentales

Ausencia de sustancias tóxicas

Ausencia de adulterantes

3. Características Sensoriales



Se tiene que poner énfasis en diferenciar algunos atributos que se pueden confundir como la viscosidad y la consistencia; ya que en términos reológicos la viscosidad es considerada como un fluido Newtoniano (usualmente homogéneo), y la consistencia como No-Newtoniano (usualmente heterogéneo). También en

términos reológicos se debe hacer una diferencia entre textura y la viscosidad y consistencia, ya que según la fuerza inicial requerida para que el objeto en estudio fluya, es como se cataloga a la textura o la consistencia; es decir, si la fuerza requerida para fluir es mayor a 1 gravedad, entonces el atributo tendrá calificativo de textura, y si es menor o igual a 1 gravedad, deberá considerarse como consistencia o viscosidad, sin olvidar considerar si es un fluido Newtoniano, o No-Newtoniano.

d) Características Cuantitativas

Aunque parezca paradójico, la cantidad puede ser definida como una característica de calidad, ya que esto le interesa en demasía tanto al fabricante como al consumidor. La elaboración de un producto, las variedades, son características importantes de calidad desde el punto de vista del procesador de alimentos; y esto a su vez puede afectar al consumidor ya que por el mismo precio puede obtener diferentes productos de calidad igual o superior. Pero con certeza, los factores de cantidad son de interés real y directo para el consumidor, como por ejemplo: la cantidad de grasa en una hamburguesa, el peso neto y el peso drenado de una lata de chicharos, etc.

e) Características Ocultas

Las características ocultas son aquellas que el consumidor, por sus propios ojos no es capaz de apreciar, sin embargo, el productor las evalúa y desea brindar calidad. Por ejemplo: es de suma importancia para el consumidor saber que el producto que consume es inocuo, y que su salud no corre peligro.

Desde el momento en que el consumidor no puede juzgar por sí mismo la presencia de alguna sustancia tóxica, o algún ingrediente que le afecte, es necesario establecer controles para proteger al consumidor de estos atributos ocultos. Otro ejemplo son los valores nutrimentales de los alimentos, en ciertos casos deben estar presentes en un mínimo permitido. Si en la etiqueta se declara contener ciertos nutrimentos, el producto debe cumplir esas declaraciones.(9)

f) Características Sensoriales

Al hablar de calidad en alimentos, es necesario referirse a las características sensoriales. Generalmente estas características no están estrictamente vigiladas y controladas por agencias gubernamentales para la protección del consumidor, ya que el propio consumidor es el que juzga y elige el producto que cubra sus necesidades y su nivel de sensibilidad. El propósito de los atributos sensoriales es determinar las preferencias del consumidor, las características pueden ser clasificadas de acuerdo con las percepciones humanas, siendo estas la forma, el tamaño, el color, sabor, olor, etc.

Dentro de las características sensoriales, existen dos factores importantes que determinan cuales atributos sensoriales se deberán evaluar en un producto: atributos con variabilidad y atributos que son importantes en la aceptación del consumidor (9). Estos criterios son relevantes a aquellos atributos que definen las materias primas, el producto intermedio y el producto final. Sólo los atributos sensoriales de producto terminado pueden ser directamente

evaluados por el consumidor. Sin embargo, los efectos de la variabilidad de las propiedades sensoriales de la materia prima y producto intermedio pueden ser relacionados a los atributos sensoriales que se encuentran en el producto final.

Los atributos con variabilidad; por lo general la variabilidad de los atributos sensoriales puede resultar en la presencia de "un defecto" en un producto, o de la variación en la intensidad o fuerza de los atributos sensoriales que se encuentran normalmente en un producto. "Un defecto" es un atributo sensorial que no está presente en un producto bajo sus mejores u óptimas condiciones. Este atributo particular se considera "atípico" del perfil del producto y puede ser la razón de las quejas de un grupo de consumidores.

El cambio en el nivel o intensidad de las características típicas del producto es una fuente potencial de variabilidad del producto. Aunque un producto pueda poseer la serie de atributos adecuados uno o más puede salir de su rango de intensidad normal (muy salado, muy oscuro, etc.). En estos casos, cualquier atributo puede estar muy alto o muy bajos o más de un atributo puede estar fuera de lo que se considere típico en una producción normal o según un control predesignado.

Atributos que afectan la aceptación del consumidor; cuando los consumidores observan un rango amplio en el cambio de intensidad del color en una bolsa de galletas o papas fritas, podrán responder de manera negativa sólo a los extremos, y podrán calificar una gama muy amplia de colores como altamente aceptables. Los consumidores también podrán encontrar en productos de uso

personal, una gama de fragancias en niveles aceptables. Sin embargo, por el contrario, un bajo nivel de rancidez en una galleta o papa frita podrá provocar una dramática pérdida en la aceptación del consumidor. De igual manera un ligero tono grisáceo en el color de un shampoo puede reducir la aceptación general, así como por la aceptación de la apariencia o la habilidad de lavar el pelo.

Los criterios para incluir atributos sensoriales en el establecimiento de especificaciones de calidad son:

- a) aquellos que introduzcan reacciones en el consumidor y pérdida en la aceptación.
- b) Aquellos que la gerencia sienta que su rango es grande para representar un concepto claro en el producto.

Por último es necesario recordar que la calidad de un producto debe ser analizada característica por característica, es decir, atributo por atributo, cada uno debe ser medido y controlado individualmente, mientras más completo y preciso se tenga la descripción de un atributo, se tendrá un método de medición más adecuado para este.

g) El consumidor y las características de calidad

Las personas que deben definir las características de un producto son aquellas que están directamente involucradas con el producto en cuestión, es decir, el consumidor, es importante conocer los requerimientos de quien directamente consume el producto, desde el enfoque en que la calidad cubre una necesidad, se debe saber si está siendo cubierta o no.

Y preocupados por la calidad, no se debe perder el punto que el consumidor es quien determina la calidad del producto. Por lo anterior puede confirmarse que es necesario el punto de vista del consumidor para establecer especificaciones de calidad, por tanto, es también de suma importancia realizar estudios referentes a la percepción del producto por parte del consumidor, así mismo se debe definir cual es la característica más importante para el consumidor.

La información proporcionada por el consumidor debe ser tan precisa y detallada como sea posible, sacando conclusiones exactas de lo que esta pidiendo, así como de lo que considera que es optimo, y de lo que aceptara.(11)

Posteriormente el área tecnológica es quien dará forma a todas las ideas del consumidor, pues pondrá en un plano físico, químico y sensorial las características dándole forma a las peticiones del consumidor y con esto las características podrán ser objeto de monitoreo, medición y verificación, dando pie a las especificaciones de calidad.

V. Métodos de Medición

Uno de los principales obstáculos para la realización de estándares de calidad, es el definir con claridad los atributos a medir, así como la tecnología a emplear para la medición de atributos, es por esto, que es necesario definir cuales atributos son medibles, y los que no lo son (11).

No todos los atributos o característica son medibles; únicamente aquellos que requieran un control y una medida. Es necesario determinar que tan importante y relevante es cada uno de los factores de calidad a medir con relación a la calidad total del producto, para con esto establecer un monitoreo para algún punto en particular. En este punto, químicos, físicos, y los especialistas, deben ser consultados, para poder encontrar el mayor número de métodos de medición posibles que pueden ser aplicados. Existen 2 tipos de mediciones; las mediciones sensoriales y las mediciones instrumentales.

En la aplicación del Control de Calidad, se tiene como rutina realizar mediciones instrumentales para algunos productos; ya que estas son las únicas necesarias y apropiadas para productos como: los automóviles, instrumentos mecánicos y equipo de laboratorio, puesto que su control esta basado exclusivamente en medidas precisas y características analíticas como dimensión, fuerza, durabilidad, composición química precisa, etc. En otras palabras, los métodos instrumentales son todo lo que en esos productos se requiere para lograr un control.

Por otro lado, en el caso de productos que son destinados a consumidores, y que tienen ciertas características sensoriales, para estos productos existen otros métodos de medición: los métodos sensoriales, que ayudan ya que proporcionan mucha información útil de un producto.

a) Métodos Sensoriales

Los métodos sensoriales de evaluación de la calidad, están basados en apreciaciones humanas, generalmente es una reacción psicológica resultado de un entrenamiento, de las experiencias del individuo, de la influencia de las preferencias personales y el poder de percepción de cada individuo. Son objetivas ya que el individuo da su opinión y valores tanto cualitativa como cuantitativamente de las características o característica en estudio. En éstos métodos generalmente se utilizan todos los sentidos para poder realizar una evaluación, y por extraño que parezca la Evaluación Sensorial, esta reconocido como una ciencia de suma importancia. (9)

La aceptación de un producto por los consumidores se ve afectada por varias características, entre ellas esta la funcionalidad, la conveniencia, el costo y las características sensoriales. Para muchos productos las características sensoriales tales como sabor, fragancia y tacto, juegan un papel importante para su aceptación, los programas de Control de Calidad para estos productos son reforzados con la implementación de métodos sensoriales, para medir y controlar las propiedades sensoriales de los productos. Los expertos que han manejado las relaciones entre datos sensoriales e instrumentales, se han

enfocado en la textura, sabor, olor, color y dan la razón a que estas características entran en el "reino" de la percepción, y se debe aceptar que únicamente se pueden medir directamente en términos psicológicos y perceptibles. Los métodos instrumentales solo pueden medir propiedades físicas o químicas que pueden ser relacionadas con propiedades sensoriales. Entre las ventajas de los métodos sensoriales están:

- Son los únicos métodos que dan una medida directa de los atributos que se perciben.
- Dan información que ayuda a un mejor entendimiento de las reacciones del cliente.
- Pueden medir los efectos de los atributos que interactúan.
- Pueden dar medidas integrales hechas por humanos que se comparan con las medidas discontinuas dadas por los instrumentos.

Medidas directas de los atributos sensoriales.

Un grupo de jueces sensoriales es el único instrumento que puede proveer una caracterización del atributo de un producto. La información sensorial es muy importante ya que proporciona una visión más real de lo que el consumidor verdaderamente percibe y generalmente es la única medida acertada del producto, como por ejemplo, el comportamiento del producto mientras se mastica. Lo anterior se afirma ya que la evaluación sensorial ayuda a entender lo que el consumidor aprecia y percibe, mientras que la medida instrumental no. Y la segunda afirmación es debido a que la evaluación sensorial da información

adicional respecto a los atributos que no se miden fácilmente o que no pueden ser cuantificados por la instrumentación, como puede ser la percepción de partículas en helados, o el sabor que suelta una goma de mascar mientras se mastica.

b) Métodos Instrumentales

Los métodos objetivos están basados en observaciones, en las cuales la opinión humana o de los investigadores es excluida. Están basadas en una prueba científica estandarizada la cual se puede aplicar a cualquier muestra de un producto.(13)

Los métodos instrumentales representan una ventaja que las hacen ideales para la medición y control de materia prima, proceso y producto terminado, entre estas ventajas están:

- Simplicidad.
- Resultados rápidos o inmediatos.
- Operación continua (no restringe un número de productos o muestras).
- Precisión.
- Exactitud.
- Reproducibilidad.
- Costo/eficiencia.
- Compatibilidad con otros instrumentos o computadoras.

Entre las limitaciones más relevantes de los métodos instrumentales encontramos las siguientes:

- El método instrumental es incapaz de medir algunos atributos.

- El método instrumental es incapaz de predecir una respuesta sensorial del consumidor.
- La baja sensibilidad de algunos instrumentos puede ser comparada con la sensibilidad humana.

Los Métodos Instrumentales se dividen en 3:

- a) Métodos físicos de medición
- b) Métodos químicos de medición, y por último
- c) Métodos microscópicos de medición.

b.1. Métodos físicos de medición.

Estos métodos son quizá los más rápidos y los que requieren menos entrenamiento para realizarlos, están referidos a ciertos atributos de calidad del producto como son: tamaño, textura, color, consistencia, imperfecciones y también se pueden referir a variables durante el proceso como es el llenado, el peso drenado y el secado, etc.

Para mayor comprensión remitirse al Anexo B

b.2. Métodos químicos de medición.

Estos métodos nos proporcionan información química de un producto, como podría ser la información nutrimental de un producto (AQP), sin embargo, estos análisis químicos son muy largos y tediosos, y es necesario tener experiencia para realizarlos. Por lo anterior se han desarrollado métodos llamados "pruebas rápidas" como aquellas para analizar fibra, pH o acidez

Para mayor comprensión remitirse al Anexo B

b.3. Métodos microscópicos de medición.

Tienen una gran aplicación, pero se requiere un entrenamiento previo y experiencia para poder interpretar los resultados correctamente, y se dividen en dos:

a) Adulteraciones y contaminaciones: las pruebas a realizar indican si existe la presencia de bacterias, levaduras, fragmentos de insectos, excremento de insectos, o material extraño. Cada prueba es específica y el tecnólogo tendrá que tener un gran conocimiento previo para diferenciar entre una y otra contaminación o alteración que se presente en el producto.

b) Diferenciación entre tipo de células, tejidos y microorganismos de alimentos almacenados: estas pruebas nos sirven para observar e identificar los microorganismos que afectan a los alimentos causantes de putrefacciones o en su defecto aquellos que causen algún cambio indeseable durante alguna fermentación.

Para explicar los diferentes métodos de medición con mayor amplitud, podemos ilustrar esto con un ejemplo (10): una empresa fabricante de puré de manzana enlatado, tiene problemas para controlar la consistencia del puré. Pueden medir la consistencia del producto final, sin embargo, a esta altura de la producción es imposible hacer algo respecto a la consistencia final del puré, por lo que es necesario una serie de medidas de las propiedades reológicas de las

manzanas crudas, y obtener estos resultados antes que la consistencia final; es decir, los resultados deben estar disponibles al tiempo de que la consistencia del puré pueda ser manipulado.

El método sugerido en primera instancia, es que una muestra de manzanas crudas se pelaran, se descorazonaran y por último se molieran para realizar una prueba de consistencia. Otra sugerencia fue la determinación de sólidos de las manzanas crudas, con la creencia de que a mayor cantidad de sólidos, mayor consistencia del puré. Una tercera consideración fue aquella que implicaba la medición de la fuerza de cizalla (esfuerzo de empuje), ya que esta también es una medida reológica.

Tipos de pruebas instrumentales

Muestras de 50 manzanas, cada una obtenida de la línea de producción, de tal manera que fue posible obtener muestras del puré final, hecho con manzanas de este lote. Todo el proceso establecido, fue respetado (no hubo cambio en la producción) durante el periodo de investigación. Cada muestra de 50 manzanas se pelaron descorazonaron y se cortaron. Una porción de estas muestras fueron molidas en el laboratorio, este material fue prontamente mezclado por medio de un contenedor de $\frac{1}{4}$ de volumen con un orificio de diámetro conocido. El tiempo requerido para que 250 mL., de este material fluyera a través de un orificio fue anotado. En otra prueba de consistencia se utilizó el consistómetro de Adam, el índice de refracción se obtuvo utilizando el refractómetro de Abbé.

En total se realizaron 6 pruebas:

Segundos que tarde en fluir el puré en proceso (producto intermedio)

Segundos que tarda en fluir la emulsión de agua y puré

Pulgadas recorridas por la emulsión de agua y puré

Por ciento de sólidos totales de la emulsión de agua y puré

Por ciento de sólidos solubles de la emulsión agua y puré

Fuerza de cizalla necesaria para las rebanadas de manzana cruda.

VI. Correlación con la Evaluación Humana

a) La Evaluación sensorial

La Evaluación Sensorial es una disciplina, por medio de ella se puede llegar a describir un producto de la misma manera científica como definimos las propiedades físicas, químicas y biológicas de ese producto. Ayuda a determinar si los productos son percibidos como diferentes el uno del otro, y también especifica las bases de estas diferencias. En 1975 el Instituto de Tecnólogos en Alimentos (IFT) definió a la Evaluación Sensorial como: “La disciplina científica que se utiliza para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a las propiedades de la materia tal y como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído principalmente”. En otras palabras, la evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, los cuales son percibidos por los sentidos humanos. Existen sistemas sensoriales secundarios que contribuyen a la percepción, particularmente a través de los labios y parte de la boca que es sensible al dolor y a la temperatura.

El uso de las pruebas sensoriales es importante ya que por ningún instrumento mecánico o eléctrico se puede sustituir el dictamen humano; ya que las determinaciones físicas o químicas proporcionan correlaciones unidimensionales de los atributos sensoriales individuales asociados con el color, la textura, etc.; en cambio, las respuestas sensoriales son más complejas debido a la integración simultánea de señales múltiples (apariencia, aroma, gusto, textura,

sonido, etc.), las cuales el juez asocia con su experiencia pasada, los efectos contextuales y su anticipación a la emisión de un juicio.(14)

La evaluación sensorial se divide en dos grandes grupos: la evaluación objetiva y la subjetiva.(15) La primera de ellas también llamada analítica, agrupa 3 métodos sensoriales fundamentales: sensitivo, cuantitativo y cualitativo; estos métodos se logran entrenando a un grupo de personas. La segunda, conocida como afectiva, evalúa a los consumidores, con el fin de conocer su percepción sobre un producto determinado, está última cuenta con dos tipos de información: aceptación y preferencia.

Métodos de evaluación sensorial, Anexo C y D

Por lo anterior, es necesario tener instrumentos, y en este caso son los humanos; y en términos correctos son llamados jueces; jueces consumidores o analíticos. El juez consumidor, debe ser precisamente un consumidor en potencia del producto en estudio; y dirá su punto de vista con respecto a su aceptación o rechazo de una o varias muestras, su orden de preferencia y por ultimo el nivel de agrado de las muestras. En cambio un juez analítico, es aquel individuo que ha sido seleccionado de entre un grupo de candidatos, y que recibe un entrenamiento, referente a un método de evaluación, estos jueces, deben seleccionarse entre los miembros de las instituciones que estén involucrados en desarrollar estándares de calidad. Los jueces analíticos deben cumplir ciertos requisitos entre ellos: la edad, debe ser representativa de la población en general, entre 18 a 50 años; exceptuando aquellas ocasiones en donde el estudio se

enfoque a un grupo específico; sexo, es recomendable aplicar esto a igual número de hombres que de mujeres, preferentemente 50% de cada sexo; salud, debe tener una buena condición física para no interferir en las determinaciones; y por último debe tener cierta afinidad con el material objeto, ya que el juez no debe presentar franco rechazo al material que se estudia.

Existen cinco propósitos básicos para utilizar un grupo de jueces (sean afectivos o analíticos), obtener datos y correlacionarlos con los datos logrados con la información de mediciones instrumentales:

- a) Preferencia del consumidor, sirve para obtener una medida de la relación del consumidor o su preferencia por alguna muestra sobre otra, en este tipo de prueba, mientras más jueces participen es mejor, se desea que sean jueces no entrenados. Se presentan dos o tres muestras máximo al mismo tiempo, y de preferencia se realiza la prueba en un ambiente usual para el juez. Generalmente se pide al panel, marque la muestra que se prefiera o la muestra que se rechaza, y haciendo uso de la estadística, la diferencia significativa puede obtenerse sumando las respuestas o la utilización de Ji cuadrada.
- b) Detección de diferencias, se requiere un número pequeño de jueces (entre 3 a 5 personas), generalmente se realiza la prueba en un laboratorio y el número de muestras presentadas depende de la naturaleza del producto y el diseño estadístico planeado.
- c) Diferencia – preferencia, se utiliza generalmente para desarrollar nuevos productos, se pueden utilizar varias muestras, y el número de jueces oscila

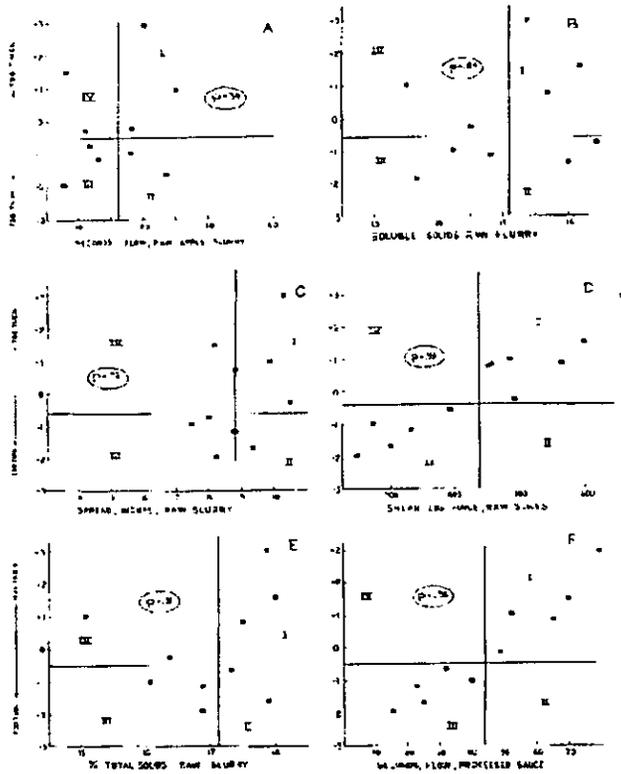
entre 8 y 20; puede utilizarse una escala hedónica, y el número de muestras presentadas depende de la naturaleza del producto y el diseño estadístico planeado.

- d) Selección de la mejor muestra o proceso, sirve para ocasiones en las cuales uno se desea comparar un producto contra su competencia; o cuando se está elaborando nuevos productos, aquí los jueces tendrán que acomodar las muestras según su preferencia de mayor a menor grado o viceversa.
- e) Determinación de un grado de calidad, aquí los jueces deben ser jueces entrenados, ya que no solo requiere una evaluación comparativa, sino que también se califica la muestra en términos de una escala absoluta.(10)

Prosiguiendo con el ejemplo de puré de manzana, dentro del aspecto sensorial, 8 jueces calificaron las muestras en una escala de 7 puntos, 0 = consistencia óptima, de + 1 a + 3 indicaba mayor espesor, y de - 3 a -1, indicaba poca consistencia. En orden de obtener los resultados de las pruebas realizadas, así como su correlación con las respuestas de los jueces, y la naturaleza de sus relaciones, es decir, lineal, no lineal, nos ayudamos del uso de las gráficas de dispersión de la figura 6.1

Una vez obteniendo los datos instrumentales y los sensoriales, se asientan en una gráfica de dispersión, y con un análisis se puede observar que de los 6 métodos instrumentales, solo el método de medición de la fuerza de cizalla en manzana cruda, y el método de fluidez del puré en proceso (producto intermedio), están altamente correlacionados con el grupo de jueces sensoriales.

Figura 6.1 Gráficas de dispersión, las cuales indican el grado y la naturaleza de las correlaciones de varios métodos realizadas con las pruebas sensoriales



Ejemplo del puré de manzana. Diagramas de dispersión, indicando el grado y la naturaleza de la correlación, y la relación con las pruebas sensoriales.

Una rápida medición de los resultados estadísticos de las correlaciones puede obtenerse directamente de las gráficas, dividiendo éstas en cuatro cuartos y sumando los puntos en los cuadros I y III y por ende en los cuadros II y IV. Al hacer esto para la figura 6.A vemos que la suma de los puntos de los cuadros I y

III dan un total de 6, al utilizar la tabla de componentes por pares, encontramos que para 10 pares se necesitan por lo menos 9 puntos para que exista una significancia estadística, y ya que nosotros únicamente tenemos 6 puntos en ambos cuadrantes, concluimos que no demostramos la existencia de una correlación positiva significativa entre el grupo de jueces y el tipo de prueba. Al tener una suma de 4 puntos en los cuadrantes II y IV tampoco se demostró una correlación negativa significativa. Cuando se realiza el mismo análisis para la figura 6 B a F, entonces si encontramos una correlación positiva significativa entre los resultados de los jueces para la consistencia del producto final y las pruebas de fuerza de cizalla en manzanas crudas, así mismo, en la prueba de fluido de puré procesado.

Tabla 6.1 Relación de algunas mediciones de la consistencia del puré de manzana.

| Puré | manzana | Manzanas crudas | | | | |
|---|---|---|----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Resultado de jueces sensoriales (-3 a +3) | Consistencia seg. por 250 mL. (fluidez) | Consistencia seg. por 250 mL. (fluidez) | Consistencia pulgadas recorridas | % Sólidos totales | % Sólidos solubles | Fuerza de cizalla lbs/fza |
| - 1.9 | 15 | 8 | 8.2 | 16.8 | 13.7 | 245 |
| - 1.7 | 25 | 23 | 9.3 | 17.8 | 16.0 | 300 |
| - 1.1 | 23 | 13 | 8.6 | 16.8 | 14.8 | 330 |
| - 1.0 | 40 | 18 | 7.4 | 16.1 | 14.2 | 270 |
| - 0.7 | 31 | 12 | 8.0 | 17.3 | 16.4 | 390 |
| - 0.2 | 48 | 18 | 10.5 | 16.3 | 14.5 | 490 |
| + 0.8 | 65 | 11 | 8.7 | 17.5 | 15.7 | 560 |
| + 1.0 | 52 | 26 | 9.8 | 15.1 | 13.5 | 480 |
| + 1.5 | 70 | 18 | 8.1 | 18.0 | 16.2 | 600 |
| + 3.0 | 80 | 20 | 9.8 | 17.8 | 15.3 | 7000 |

La utilidad de la evaluación sensorial es este trabajo radica que con ella se logran establecer criterios de calidad y referencias a través de los cuales la materia prima, ingredientes y el producto terminado puede ser clasificado, así como lograr correlacionar las medidas obtenidas de métodos físicos, químicos e instrumentales anteriormente mencionados, como por ejemplo, la correlación de los atributos de consistencia obtenidos por los jueces, y los datos logrados con un viscosímetro o con un texturómetro.

VII. Selección del método adecuado

Los datos obtenidos por medio de las mediciones instrumentales, y de la evaluación sensorial pueden ser correlacionados. El mayor coeficiente de relación (ver anexo E), indicará mayor concordancia entre la evaluación humana y la evaluación instrumental. En este punto, será posible seleccionar el mejor método para medir la característica específica de calidad, siempre y cuando este método instrumental muestre un coeficiente de relación alto, así mismo, este debe ser mayor a cualquier otro método explorado y presentado. Frecuentemente las correlaciones de esta naturaleza, asumen un comportamiento logarítmico o curvilíneo (ver anexo E), por lo que es necesario transformar los datos para lograr la mejor correlación posible.(9) Con lo anterior se explica que en ocasiones, la correlación lineal entre las dos evaluaciones suele dar un resultado numérico menor, sin embargo al transformar los datos logarítmicamente la correlación da un resultado numérico mayor, por lo tanto una correlación más aceptable.

La correlación de ambos métodos (sensorial e instrumental), pocas veces es mayor a 0.94, por lo que a pesar de no llegar a 1 que es la correlación perfecta, el valor de 0.94 puede ser tomado como un dato excelente. Así mismo el dato de 0.80 puede ser considerada como satisfactoria, sin embargo, se desea un dato mayor. Si la correlación es menor a 0.80, no se debe considerar satisfactoria, y por tanto esta característica de calidad en específico no debe evaluarse por métodos instrumentales. Lo anterior se da cuando una característica en particular

no puede medirse por ningún método instrumental, pues estos son incapaces de "fracturar o dividir", tal característica, y sólo la evaluación sensorial puede hacerlo.

En nuestro ejemplo del puré de manzana existen varias maneras de determinar la existencia no solo significativa, sino la magnitud de la correlación, una de ellas es calculando el coeficiente de correlación, esto puede ser efectuado rápidamente cuando el número de pares a correlacionar es pequeño, convirtiendo estos valores a rangos, y determinando así la correlación de rangos, en lugar del coeficiente de correlación cuadrado. La correlación de rangos, ha dado mejores resultados para la aproximación de relaciones, cuando estas son no lineales, y no se ha hecho la correlación para linealizar. El primer paso en la correlación de rangos, es convertir las calificaciones a rangos, esto se muestra en la tabla 6.2 en donde las calificaciones tabuladas en la tabla 6.1 (Correlación con la evaluación sensorial), se convirtieron en rangos. Se hace notar que el valor más bajo para cada prueba recibe el rango de 1, el siguiente de dos y así sucesivamente hasta el valor más alto, el cual recibe el número más grande, en ese caso 10. La forma de acomodar los rangos puede ser al revés, esto es, que el valor más alto reciba el rango de 1, etc. con los mismos resultados. El siguiente paso es obtener la desviación entre cada par, de este modo cuando comparamos resultados del grupo de jueces (columnas 1 y 2 de la tabla 6.3), obtendremos la desviación como se muestra en la columna cuatro.

Tabla 6.2. Datos de la tabla anterior (6.1) convertidos en rangos.

| Puré | enlatado | | | Manzanas crudas | | |
|------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Calif. de jueces | Consisten- cia fluidez | Consisten- cia fluidez | Consisten- cia avance | total de sólidos | Sólidos solubles | Fuerza de cizalla |
| 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 9 | 7 | 8 | 8 | 3 |
| 3 | 2 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 6 | 10 | 5 |
| 6 | 5 | 6 | 10 | 3 | 4 | 7 |
| 7 | 8 | 2 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| 8 | 7 | 10 | 8 | 1 | 1 | 6 |
| 9 | 9 | 6 | 3 | 10 | 9 | 9 |
| 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | 6 | 10 |

Tabla 6.3 Cálculos para obtener los coeficientes de correlación de rangos (P), entre el grupo de jueces y los métodos para evaluar la consistencia del puré de manzana enlatado.

| Orden de Rangos | | Desviación | |
|------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------|
| Calificación de jueces | Fluido (Consistencia) | (1 - 2) (d) | Cuadrada (d ²) |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 3 | -1 | 1 |
| 3 | 2 | 1 | 1 |
| 4 | 5 | -1 | 1 |
| 5 | 4 | 1 | 1 |
| 6 | 6 | 0 | 0 |
| 7 | 8 | -1 | 1 |
| 8 | 7 | 1 | 1 |
| 9 | 9 | 0 | 0 |
| 10 | 10 | 0 | 0 |
| | | | $\Sigma d^2 = 6$ |

Posteriormente la suma de la desviación cuadrada (Σd^2) y se obtiene la correlación de rangos (P) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$P = 1 - \frac{6 (\Sigma d^2)}{n (n^2 - 1)}$$

donde n = número de pares correlacionados. De este modo, ya que la suma de la desviación cuadrada para los resultados del grupo de jueces es de 6, y el número de pares es de 10, entonces:

$$P = 1 - \frac{6 (6)}{10 (10^2 - 1)} = 0.964$$

cuando las otras pruebas instrumentales fueron correlacionadas de manera similar a los resultados de los jueces se obtuvieron los siguientes coeficientes de correlación de rango.

| Calificaciones de jueces sensoriales con | Coefficiente de correlación (P) |
|--|---------------------------------|
| Segundos que tarda en fluir el puré en proceso | + 0.96 |
| Segundos que tarda en fluir la emulsión de agua y puré | + 0.39 |
| Pulgadas recorridas por la emulsión agua y puré | + 0.32 |
| % sólidos totales en la emulsión agua y puré | + 0.31 |
| % sólidos solubles en la emulsión agua y puré | + 0.24 |
| Fuerza de cizalla necesaria para rebanadas | + 0.93 |

Por referencia de la tabla de comparación por pares, se indica que para una comparación de 10 pares, el coeficiente de correlación debe ser por lo menos de 0.632 para una probabilidad de 0.05. Siendo que solo las correlaciones con el

fluido del puré en proceso (producto intermedio), y la prueba de fuerza de cizalla en las rebanadas de manzana cruda cumplen con el mínimo de 0.632, nuevamente se puede concluir que solo estas pruebas están relacionadas significativamente con la consistencia final del puré de manzana. De esta manera podemos seleccionar entre la precisión de esta prueba como método de medición instrumental de la consistencia del puré de manzana. En este punto se deben realizar más repeticiones de las pruebas elegidas, procediendo después con el análisis de correlaciones. Asumiendo que la correlación sigue siendo satisfactoria, se mejorará y simplificará el método o prueba instrumental.

VIII. Mejoramiento en la simplicidad y precisión del método

Asumiendo que se ha encontrado el mejor método de medición de una característica dada, es necesario que éste sea preciso, simple y suficientemente rápido como sea posible. En este punto, cada paso o etapa del método de medición debe ser examinado minuciosamente, con el fin de ver las posibles fallas, o mejoras que se le pueda realizar; incrementar la velocidad y la simplicidad, sin olvidar que debe ser con máxima precisión. La precisión del método es de extrema importancia, pues esto permitirá realizar el menor número de repeticiones posibles.

Es necesario examinar todos los factores externos que puedan alterar la correlación entre el método de medición y la evaluación humana; por tanto, se debe tener extremo y completo control en cada etapa, así como en el diseño estadístico, tomando en cuenta las variables que puedan afectar la calidad de la medición.

Y haciendo lo correspondiente con nuestro ejemplo, debido al cuidado que se tuvo al tomar las muestras, no es necesario obtener una nueva muestra de manzana cruda entrando a la línea de producción, pero si fuera el caso, una muestra de manzana descorazonada y pelada puede ser obtenida sin mayor esfuerzo, y aun así, los resultados de sus análisis podrían ser obtenidos con anticipación suficiente para poder manipular la consistencia. Sin embargo, queda un problema por resolver, cual o cuales son las condiciones óptimas de manejo de

muestra durante el proceso de machacado, específicamente las cuestiones que preocupan son:

- a) la velocidad de pistón (efecto de machacar las manzanas)
- b) y si es aconsejable llenar la celda de prueba con una muestra previamente pesada; o llenarla por volumen.

ambas cuestiones son resueltas variando estos factores experimentalmente con replicaciones. Un total de 60 determinaciones de fuerza de cizalla fueron realizadas al mismo lote de manzanas, se tomo en cuenta el cuidado para minimizar o al menos aleatorizar las variaciones de las condiciones bajo las cuales estaba el proceso. 20 muestras fueron cortadas (esfuerzo de cizalla) a una velocidad de golpe de 15 segundos, 20 muestras a 30 segundos y las 20 restantes fueron a 60 segundos. A cada velocidad la mitad de las determinaciones fueron hechas en muestras de 150 gramos (pesados previamente) y las otras 10 determinaciones fueron uniformes, pero en esta ocasión la celda de prueba se llenó por volumen, no por peso. Los resultados se muestran en la tabla 8.1. Los valores medios (parte inferior de la tabla), indica que los valores de fuerza de son reducidos al tiempo que la velocidad del pistón aumenta, y que las muestras que fueron llenadas por volumen tienen lecturas más altas, que las muestras pesadas previamente. Esta información solo indica que la velocidad del pistón y el tamaño de la muestra debe ser especificado. Sin embargo, el objetivo principal es mejorar la precisión, para ello se deben hacer cálculos determinando de que manera se debe llenar la celda de prueba, y la velocidad del pistón, para ello

primero se obtiene el rango dentro de cada columna de 10 repeticiones (ver tabla 8.1) y encontrar el rango que sea substancialmente reducido al tiempo que la velocidad del pistón es mayor, particularmente cuando se utiliza una muestra pesada previamente. Más allá, la mejora es considerable de 15 a 30 segundos del velocidad, pero únicamente se desprecia cuando la reducción es de 60 segundos. Esta conclusión la podemos poner en términos estadísticos; en términos más generales, primero obteniendo la desviación estandar y después determinando el coeficiente de variabilidad o la precisión relativa.

Tabla 8.1 Valores de la fuerza de cizalla realizado a las manzanas, con diferente velocidad y diferente llenado de muestra.

| Repetición | Velocidad del pistón | | | | | |
|---------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 15 seg. | | 30 seg. | | 60 seg. | |
| | Peso | Volumen | Peso | Volumen | Peso | Volumen |
| 1 | 350 | 360 | 340 | 330 | 330 | 340 |
| 2 | 370 | 340 | 320 | 310 | 330 | 360 |
| 3 | 310 | 410 | 330 | 370 | 310 | 310 |
| 4 | 340 | 320 | 350 | 350 | 340 | 330 |
| 5 | 380 | 370 | 310 | 320 | 320 | 320 |
| 6 | 330 | 350 | 330 | 340 | 330 | 350 |
| 7 | 390 | 380 | 320 | 330 | 310 | 300 |
| 8 | 340 | 390 | 340 | 350 | 320 | 340 |
| 9 | 350 | 340 | 320 | 330 | 320 | 320 |
| 10 | 320 | 360 | 320 | 320 | 310 | 310 |
| Σ | 3480 | 3620 | 3280 | 3350 | 3220 | 3280 |
| X | 348 | 362 | 328 | 335 | 322 | 328 |
| Rango | 80 | 90 | 40 | 60 | 30 | 60 |
| Des. std. | 26.0 | 29.2 | 13.0 | 19.5 | 11.6 | 19.5 |
| Coef. Var | 7.5 | 8.1 | 3.9 | 5.8 | 3.6 | 5.9 |
| Precisión relativa* | 6.8 | 8.5 | 1.7 | 3.8 | 1.3 | 3.8 |

* Número de repeticiones necesarias para la precisión deseada.

Otro método para comparar la precisión del método es determinar cuantas réplicas necesita el procedimiento para conseguir una cierta precisión a una cierta confianza. De este modo si asumimos que se desea obtener un resultado que no vaya más allá de las 20 lbs/fza de la media, 95% de las veces se debe multiplicar la desviación estándar por 2 (para obtener el 95% de la certeza o $p=0.05$) dividido entre 20 y elevado al cuadrado, como se muestra:

$$N = \frac{Ks^2}{P}$$

donde N = al número de repeticiones necesarias, K para un 95% de seguridad es de 2, s es la estimación de la desviación estandar y P = es el nivel preciso deseado, de este modo se tiene:

$$K = 2, s = 26 \text{ y } P = 20$$

$$N = \left(\frac{(2)(26)}{20} \right)^2 = 6.76 \text{ o siete repeticiones}$$

Al mirar los valores obtenidos (parte inferior de la tabla 8.1), se puede notar que existe una gran ventaja en utilizar en reducir la velocidad a 30 segundos, así como la ventaja de utilizar una muestra pesada previamente, se puede observar que únicamente es necesario realizar dos repeticiones. El aumentar la velocidad del pistón a 60 segundos no esta claramente justificable, ya que el número de repeticiones se reduce, pero únicamente por un número. Por lo que la conclusión es que se debe utilizar: una muestra pesada previamente, y la velocidad del pistón debe ser 30 segundos. Ahora el método tendrá que ser validado.

IX. Validación del método de medición

La validación del método es un proceso en el cual se asegurará que el método de medición elegido, trabajará adecuadamente bajo cualquier condición.

La validación de cualquier método analítico de medición que se utilice, es una parte fundamental en el desarrollo de especificaciones, y de la técnica de análisis de control de calidad, ya que es en este punto donde se puede comprobar que un método es consistente.

La validación generalmente incluye una evaluación de la precisión, linealidad, exactitud y especificidad, proporcionando así una medida del comportamiento del método. Antes de explicar con amplitud las generalidades sobre validación de un método de medición, es importante dejar en claro este concepto.

El mecanismo mediante el cual queda establecida la capacidad y confiabilidad de las técnicas analíticas se llama "Validación de métodos analíticos" que puede definirse como el proceso mediante el cual queda establecido, después del tratamiento estadístico de una serie de experiencias de laboratorio, que el método es confiable para cuantificar, identificar y/o caracterizar una sustancia, cuando es llevado a cabo por cualquier profesional capacitado en cualquier tiempo.(20)

El tratamiento estadístico de los datos experimentales tiene como fin la obtención de parámetros estadísticos que representan la media del error del método analítico, los valores de estos parámetros estadísticos deben ser

comparados con criterios teóricos que aparecen en las especificaciones de las guías de validación. Se ha establecido que el método está validado si los valores obtenidos experimentalmente son menores que los valores teóricos de las especificaciones.(21) El criterio de aceptación de los valores teóricos dependerá de la complejidad del método y de la matriz del producto alimenticio, debido a que éstos contienen diversos compuestos que podrían interferir en la determinación de una característica en específico.

a) Parámetros de validación

Para la Validación de un método es necesario determinar el valor de los siguientes parámetros:

- Coeficiente de variación del equipo
- Límite de detección
- Límite mínimo de cuantificación
- Límite máximo de cuantificación
- Intervalo de operación
- Intervalo lineal de operación, linealidad del equipo y del método
- Exactitud y precisión inicial.

b) Definiciones de términos relacionados con validación(22)

Linealidad. La linealidad de un sistema o un método analítico es su habilidad para asegurar que los resultados analíticos, los cuales pueden ser obtenidos directamente o por medio de una transformación matemática bien definida, son

proporcionales a la concentración de la sustancia dentro de un intervalo determinado.

Intervalo. Concentraciones comprendidas entre los niveles superior e inferior de la sustancia (incluyendo estos niveles), en el cual se ha demostrado que el método descrito es preciso, exacto y lineal.

Exactitud. Concordancia entre un valor obtenido experimentalmente y el valor de referencia. Se expresa como el por ciento de recobro obtenido del análisis de muestras a las que se les ha adicionado cantidades conocidas de sustancia.

Precisión. Grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento se aplica repetidamente a diferentes muestreos de una muestra homogénea de producto. Usualmente se expresa en términos de desviación estándar o coeficiente de variación. La precisión es una medida del grado de reproducibilidad y/o repetibilidad del método analítico bajo las condiciones de operación.

Repetibilidad. Es la precisión de un método analítico expresada como la concordancia entre determinaciones independientes realizadas bajo las mismas condiciones (analista, tiempo, aparato, laboratorio, etc.)

Reproducibilidad. Es la precisión de un método analítico expresada como la concordancia entre determinaciones independientes realizadas bajo condiciones diferentes (diferentes analistas, en diferentes días en el mismo y/o en diferentes laboratorios, utilizando el mismo y/o diferentes equipos).

Límite de detección. Es la mínima concentración de la sustancia en una muestra la cual puede ser detectada, pero no necesariamente cuantificada, bajo las condiciones de operación establecidas.

Límite mínimo de cuantificación. Es la menor concentración de la sustancia en una muestra que puede ser determinada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones de operación establecidas.

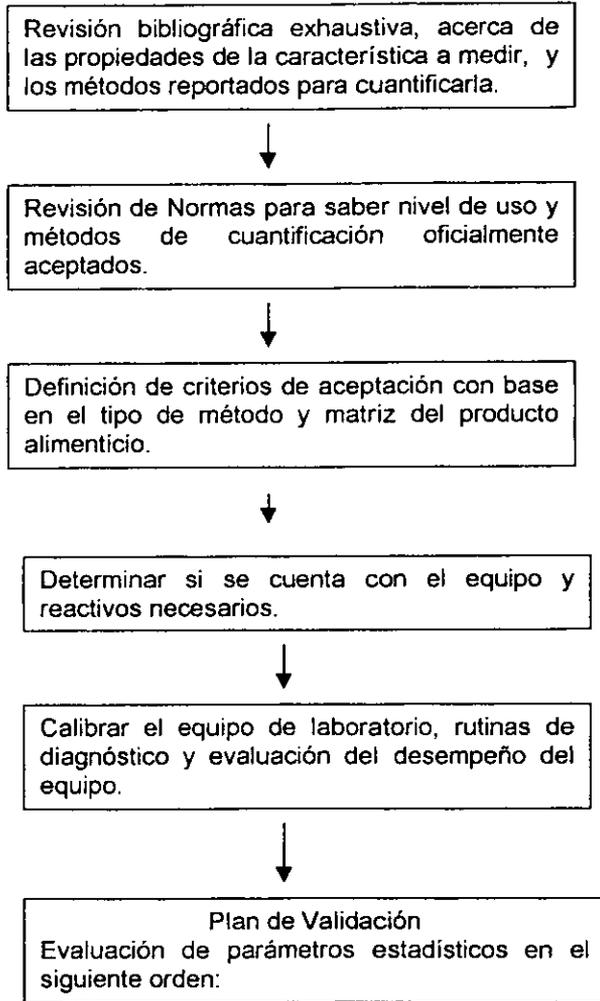
Límite máximo de cuantificación. Es la mayor concentración de la sustancia en una muestra que puede ser determinada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones de operación establecidas.

Especificidad. Es la habilidad del método analítico para obtener una respuesta debida únicamente a la sustancia de interés y no a otros componentes de la muestra.

Tolerancia. Es el grado de reproducibilidad de los resultados analíticos obtenidos por el análisis de la misma muestra bajo modificaciones de las condiciones normales de operación, tales como diferentes temperaturas, lotes de reactivos, modificación de las diluciones, condiciones ambientales, cambio de marca de equipo, optimización en la instrumentación del espectrofotómetro, cambio de partes del equipo.

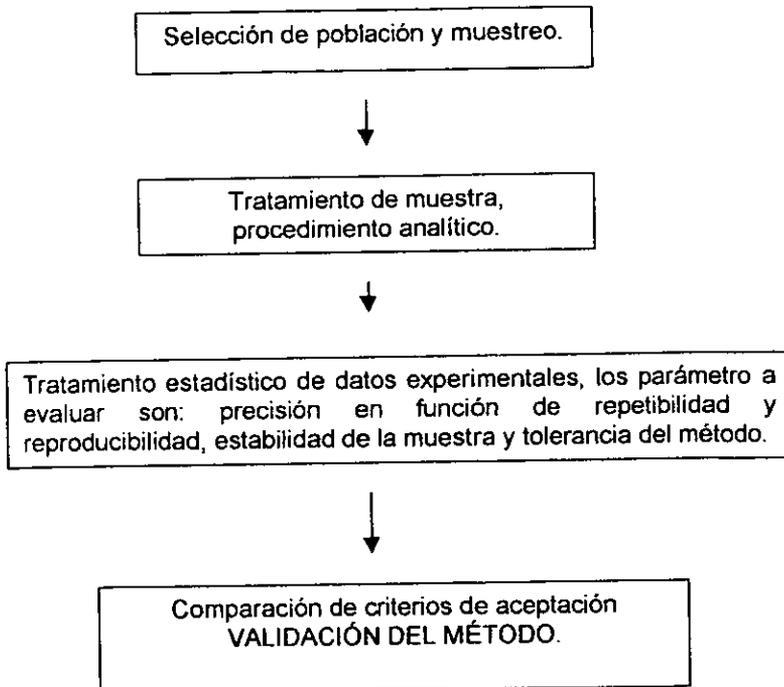
Estabilidad de la muestra. Es la propiedad de una muestra preparada para su cuantificación, de conservar su integridad fisicoquímica y la concentración de la sustancia de interés, después de almacenarse durante un tiempo determinado bajo condiciones específicas.

c) Diagrama de validación de un método analítico



1. Pruebas para conocer la respuesta del equipo utilizado, se trabaja con estándares de concentración conocida, los principales parámetros por evaluar son: linealidad y precisión de equipo

2. Pruebas de estándar interno; los principales parámetros por evaluar son: Especificidad, linealidad y exactitud del método.



a) Determinaciones

Linealidad del sistema

Se determina, construyendo una curva de calibración (concentración vs: respuesta medida) utilizando cuando menos 5 diluciones preparadas a partir de una misma solución patrón y haciendo análisis cuando menos por duplicado para cada dilución.

Criterio:

Coefficiente de variación \leq 1.5%

Coefficiente de relación \geq 0.99

Coefficiente de determinación \geq 0.98

Precisión del sistema

Se determina por el análisis sextuplicado de una misma solución estándar correspondiente al 100% establecido en la linealidad del sistema.

Criterio:

CV \leq 1.5%

Linealidad del método

Se determina a partir de placebos adicionados de cuando menos 3 diferentes cantidades de la sustancia de interés, (placebos cargados), cada uno de manera independiente, haciendo los análisis por triplicado. La amplitud del estudio dependerá del uso y aplicaciones del método, y deberá llevarse a cabo por un mismo analista en las mismas condiciones de operación.

Criterio:

Cantidad adicionada vs: cantidad recuperada: $m=1$; $b=0$; $r^2 \geq 0.98$

Exactitud y repetibilidad al 100%

Se determina de, cuando menos, 6 placebos cargados de manera independiente con la cantidad necesaria de la sustancia de interés para obtener la concentración del 100%, utilizando el método propuesto. Haciendo el análisis en las mismas condiciones de operación y por el mismo analista.

Criterio:

El por ciento recuperado y el CV deberán de estar de acuerdo con lo siguiente:

| Método: | Promedio de Recobro | CV |
|---------------------------------|---------------------|---------|
| Cromatográficos | 98 – 102% | </- 2 % |
| Tritrimétricos | 98 – 102% | </- 2 % |
| Químicos y espectrofotométricos | 97 – 103% | </- 3% |
| Microbiológicos | 95 – 105% | </- 5% |

Precisión (reproducibilidad)

Se determina de una manera homogénea del producto cercana al 100% de la concentración teórica, analizada cuando menos por dos analistas, en dos días diferentes y por triplicado.

Criterio:

El CV total debe cumplir con los siguientes criterios.

| METODO | CV |
|---------------------------------|--------|
| Cromatográficos | </- 2% |
| Químicos y espectrofotométricos | </- 3% |
| Microbiológicos | </- 5% |

Volviendo a nuestro ejemplo del puré de manzana, ahora ya tenemos un método el cual es preciso para la determinación de la consistencia del puré de manzana enlatado, debemos asegurarnos que el método trabajará bien bajo cualquier condición, por lo que se prepara un experimento el cual estará saturado de variables que puedan afectar nuestro resultado final. Encontramos algunas variables a utilizar: las manzanas pueden provenir directamente del huerto o de una bodega; y por otra parte las manzanas pueden ser parte de una cosecha madura, verde o término medio. Por lo que se decide tener un total de 3 estados de madurez de la manzana (verde, tiempo medio y maduro) así como dos fuentes (huerto y bodega). El total de número de muestras debe incluir todas las combinaciones posibles, por lo tanto: $3 \times 3 \times 2 = 18$. Se obtienen 2 series más de 18 muestras con el fin de tener repeticiones suficientes. Todo el manejo y proceso fue el mismo para todas las muestras, excepto la cantidad de agua que se agrega, esto en el orden de cumplir con los límites comerciales; sin embargo, para cada grupo de muestras la cantidad de agua es la misma. Se realiza una prueba en términos requeridos para que 250 mL. del puré fluya a través de un orificio, se

obtiene el análisis de varianza, así como los valores medios. Con el análisis de varianza encontramos que existe una diferencia significativa entre las variedades, una estimación rápida puede realizarse calificando cada juego de tres variedades de manzanas, sumando los rangos y aplicando un tratamiento para cada juego de 18 réplicas.

Los valores medios para las variables de madurez y fuente de la manzana se presentan a continuación en la tabla 9.1

Tabla 9.1

| Temporada | | | | Media de la fuente |
|------------------------------|--------------|---------------------|---------------|---------------------------|
| Fuente | Verde | Tiempo medio | Madura | |
| Huerto | 35.2 | 36.7 | 35.6 | 35.7 |
| Bodega | 36.1 | 36.2 | 36.2 | 36.2 |
| Media de la temporada | 35.7 | 36.5 | 35.8 | |

Las diferencias son tan pequeñas que pueden ser consideradas insignificantes en una inspección. En este punto los tres tipos de manzanas pueden ser clasificados en rangos. Cuando esto esta hecho, las suma de los rangos dan: 37 para manzanas verdes, 35.5 para manzanas tiempo medio y 35.5 para manzanas maduras. Esto indica que el método de esfuerzo de cizalla puede ser aplicado de igual manera a cualquier tipo de manzana, siendo un método valido para la medición de consistencia en manzana cruda.

X. Estableciendo una escala

Este punto, ayuda a afinar el estándar de calidad, es decir, le da un valor a todo el trabajo que se ha llevado a cabo, y es en este instante, cuando todas las variables posibles están controladas, se han hecho las medidas correspondientes con sus repeticiones, y se ha obtenido una correlación casi perfecta con la evaluación sensorial. Sin embargo, este trabajo aun no tiene su papel de estándar de calidad, ya que falta desarrollar, establecer una escala por la cual los valores obtenidos puedan tener un significado, ser entendidos y sobre todo signifiquen calidad, tanto para el productor como para el usuario.(9)

El establecimiento de escalas nuevamente significa el utilizar un panel sensorial, en donde será necesario que se utilicen jueces (entrenados), especializados en pruebas tipo "diferencia-preferencia", para por este medio poder calificar con escala numérica el grado de preferencia; y al mismo tiempo, este panel indicará su rechazo por el producto que no cumpla con sus expectativas y para cada producto se adecuará una escala diferente.

La manera sensorial de establecer una escala es la siguiente: se preparan muestras del producto a evaluar, sin embargo, en el laboratorio algunas muestras son alteradas de manera tal que el panel de jueces pueda dar un juicio específico de aceptación o rechazo aun sin notar que son muestras comerciales alteradas; y con esto se pueden establecer límites, hasta que punto el producto agrada al consumidor y donde se rechaza. Es conveniente utilizar una escala de 10 puntos, sin embargo generalmente se utilizan escalas más pequeñas.

Debido a la importancia de este panel el cual va a establecer los grados de calidad de determinado atributo, debe ser un panel "representativo" de los productores, consumidores y todos aquellos que estén involucrados con el producto.

Teniendo el método adecuado y el proceso constante como anteriormente se menciona, ahora es necesario tener manzanas de buena calidad y en los límites adecuados de firmeza, así como necesario establecer una escala para determinar la cantidad de agua necesaria que se debe agregar al puré. Por esto es necesario preparar muestras adicionales, de preferencia de manera comercial (no en el laboratorio). En el ejemplo de puré se preparan 12 muestras, 3 muestras aplicando una fuerza de cizalla de 300 lbs. aproximadamente, 3 con 400 lbs., 3 con 500 lbs. y otras 3 con 600 lbs. Cada juego de tres muestras se prepara con agua de la siguiente manera: una con menor cantidad a la necesaria, otra con el agua que se cree necesaria y por último una con exceso de agua. En este punto se realizan curvas de regresión, las cuales ayudaran a determinar la cantidad de agua exacta; así mismo, se debe calcular el coeficiente de correlación (P) en orden de investigaciones futuras.

Primero se obtiene el orden de correlación simple entre los siguientes parámetros: fuerza de cizalla (S), agua (W) y consistencia (C) también se obtiene la sumatoria y el promedio para cada parámetro. Se obtiene la multiplicación de los 3 parámetros: (S X W), (S X C) y (W X C), y la sumatoria de estos resultados, y

con ello obtener la varianza de esta red o sumatoria de los cuadrados de las sumas de los productos.

Si en algún momento, obtenemos números negativos dentro de la varianza de esta red, indica que existe una relación negativa entre aquellos parámetros; que en algunos casos puede ser lógica, por ejemplo, si se obtuviera una relación negativa entre la consistencia y el agua agregada, sería lógico, pues esto indica que a mayor cantidad de agua, el puré pierde su consistencia. Es necesario obtener el coeficiente de correlación (r).

Para determinar la cantidad exacta de agua que se debe agregar, se calcula un coeficiente de correlación múltiple (R) para realizar esto, se debe calcular un coeficiente de regresión parcial (b) de la fuerza de cizalla y el agua, lo cual dará un efecto independiente de la importancia relativa de cada una de estas variables en la consistencia.

Posteriormente se obtiene el coeficiente de determinación (R^2), sumando el coeficiente de correlación (r) y el coeficiente de regresión parcial (b) para cada una de las variables independientes con las variables dependientes. Con lo anterior obtenemos una gráfica la cual ayuda a la determinación del porcentaje de agua que se debe agregar para obtener la consistencia deseada en el producto final.

XI. Integración ponderada de las características de calidad

Al elaborar una especificación de calidad en alimentos, en ocasiones es necesario realizar una integración de las características de calidad; esto se realiza asignando valores relativos a cada característica de calidad en concordancia con su importancia. Esto se puede realizar mediante el uso de correlaciones múltiples; en donde cada una de las características medidas puede ser correlacionada con un grado o calificación dada a todo el producto, la cual fue proporcionada por el panel específico de diferencia-preferencia. Otra manera de obtener estos valores relativos puede ser estadísticamente con el cálculo de determinación de coeficientes (R^2), lo que puede indicar que tan importante es esa característica en la integración preponderante de calidad.

Una vez establecida la escala es necesario determinar la importancia relativa entre los factores dentro de la consistencia, se debe ver la influencia que tiene dentro de nuestro ejemplo, la fuerza de cizalla y el agua, esto se realiza por medio de una ecuación muy simple, con datos obtenidos del paso anterior. Se debe sumar los coeficiente de regresión parcial (b) y dividirlos entre cada suma, y cada cociente debe ser multiplicado por el coeficiente de determinación.

De esta manera, para el efecto relativo del esfuerzo de cizalla tenemos:

$$(R^2_{c'sw}) \left(\frac{b_s}{b_s + b_w} \right) = 0.543$$

Y para el efecto relativo del agua tenemos lo siguiente:

$$(R^2_{c*sw}) \left(\frac{bw}{bs + bw} \right) = 0.435$$

Podemos observar que la indicación relativa es que el 54% de la variación en la consistencia del puré de manzanas enlatado se debe a la fuerza de cizalla con la que se corten las manzanas; y el 44% de la variación se debe al agua agregada y por último el 2% restante, de debe a diversas causas.

XII. Método alternativo para establecer especificaciones de calidad sensorial.

Las especificaciones sensoriales de calidad, están representadas por un rango de intensidades o límites permisibles para cada uno de los atributos "críticos"; es decir, la producción dentro de especificaciones debe caer dentro de los límites de intensidad establecidos por las especificaciones sensoriales. De igual manera, los productos que estén fuera de esos límites, son considerados inaceptables.

Desde el punto de vista de Muñoz et al. (1999), existen dos maneras de establecer especificaciones sensoriales. La primera opción, en la cual las especificaciones sensoriales son establecidas por los consumidores y con retroalimentación de los gerentes de empresas. La segunda opción, aquella en la que las especificaciones sensoriales son establecidas únicamente por los gerentes.

a) Especificaciones sensoriales establecidas por consumidores y gerentes.

Para establecer especificaciones es necesario que el consumidor pruebe el producto, ya que con esto se obtiene información directa referente a los atributos que guían la aceptación del producto, así como la tolerancia del consumidor hacia la variabilidad de estos atributos, este tipo de investigaciones, demanda seleccionar una serie de muestras de producción que representan tanto los extremos y puntos medios del rango de atributos. Y con estos datos se puede

establecer especificaciones sensoriales de calidad más realistas, y para ello es necesario involucrar los siguientes pasos:

Valoración de necesidades y planeación de etapas para evaluaciones con consumidor

Es necesario valorar las necesidades de las pruebas a realizar, así como las etapas, esto incluye el número y tipo de pruebas las cuales determinará la cantidad de producto a utilizar. La tabla 12.1 muestra un ejemplo de la cantidad de producto que se necesita para establecer una especificación sensorial de papas fritas. La parte I de la tabla corresponde a un cálculo común usualmente seguido cuando se planea una prueba sensorial. La parte II muestra la única característica de cálculo de producto necesario para propósitos de control de calidad. Para el establecimiento de especificaciones toda la cantidad de producto de la parte I de la tabla, debe ser multiplicado por el número total de las muestras de producción recolectadas. Si se recolecto de 100 a 150 muestras de producción de 1 a 4 semanas de producción, entonces la cantidad total de producto que debe ser recolectado y almacenado es de 100 a 150 veces la cantidad calculada para la parte I de la tabla. Para el ejemplo de papas fritas, la cantidad total de producto con 100 muestras de producción es de 8,500 bolsas de papas.

Tabla 12.1 Cálculo del producto necesario para establecer especificaciones.

| Papas Fritas | |
|---|-----------------------------|
| I. Cantidad de producto que es necesario recolectar de cada producción. | |
| | <u>Bolsas de 7 oz. c/u.</u> |
| • Identificación de variabilidad en la producción. | |
| 1ra. Inspección | 1 |
| 2da. Inspección (para seleccionar muestras) | 1 |
| • Análisis descriptivo (10 panelistas) | |
| (inicial) 1era. repetición | 2 |
| 2da. repetición | 2 |
| (2da. evaluación) Cercana al estudio con consumidor (opcional) | (2) |
| • Reunión gerencial | |
| 20 participantes | 2 |
| • Estudio con consumidores | |
| 100 consumidores por locación (20) | |
| 300 consumidores por locación | 60 |
| A. Mínima unidad por muestra | 68 |
| B. Total requeridos (A+0.25 A) | 85 |
| II. Total de producto que debe ser recolectado y almacenado. | |
| • Unidad por pickup | 85 bolsas |
| • Total de unidades recolectadas por cada 100 pickups | 8,500 bolsas |

Otro factor importante a tomar en cuenta es la calendarización de las pruebas, basándose en la investigación de la variabilidad del producto, pruebas descriptivas incluso vida de anaquel del producto en estudio. Cuando la vida de

anaquel de un producto no es una limitación, todas las pruebas pueden ser planeadas y conducidas pausadamente, sin embargo, para otros productos - ciertamente los productos alimenticios- es requerida una planeación cuidadosa debido a la corta vida de anaquel. Si la planta que elabora el producto cuenta con una planta piloto, esta última puede ser la que realice toda la producción necesaria para realizar las pruebas con el consumidor sin tener problemas con la vida de anaquel y la calendarización.

Recolección de muestras e Investigación Inicial

Las necesidades del tipo de muestra recolectado, dependerán de su historial dentro de los programas sensoriales y de control de calidad, específicamente en la cantidad de inspecciones del pasado. Si no se ha tenido un seguimiento de inspección y no se ha identificado alguna variabilidad, entonces será necesario planear y administrar un amplio número de muestras. Por otro lado, si se ha llevado una serie de inspecciones, las necesidades de inspección serán menores y se ajustará hasta encontrar las muestras que abarquen un rango de producción variable.

Para el ejemplo de papas fritas se sigue la siguiente inspección, el producto es recolectado de:

- 3 sitios de manufactura (plantas de producción)
- 9 días de producción
- 2 cambios (turnos) y
- 2 recolectas de un mismo turno.

Esta inspección conduce un total de 108 muestras para ser analizadas. A través del proceso de análisis, una subserie de estas 108 muestras es seleccionada para pruebas posteriores. Las muestras que no presentes una variabilidad extrema serán eliminadas. Aquellas muestras que presenten una variabilidad extrema de lo "típico" o del "control", o en su defecto se alejen demasiado de las demás muestras, son las elegidas. Para el ejemplo de papas fritas un total de 25 productos han quedado seleccionados.

Ahora bien existe lugares donde se lleva una inspección constante, y por lo tanto se tiene registrado la variabilidad, en estos casos se recolectan suficientes muestras que señalen la variabilidad de todas las características sensoriales.

Análisis Descriptivo

El análisis descriptivo es necesario para obtener una caracterización detallada de la subserie de productos seleccionados. Esta información muestra cada característica sensorial del producto así como su intensidad/nivel al cual es percibido. La información descriptiva es utilizada con tres fines:

- Selección final de los productos a ser probados por el consumidor.
- El establecimiento de especificaciones.
- Selección de referencias del producto reemplazado en etapas posteriores del programa de operación.

La información descriptiva es obtenida por un grupo de jueces entrenados. Un personal profesional y experimentado en Evaluación Sensorial, diseña y administra la prueba descriptiva. Se dará consideración a un diseño

experimental, preparación de muestras, procedimientos de evaluación y pruebas de control.

Una caracterización completa de cada muestra incluye una evaluación, por ejemplo, de un total de 20 a 40 atributos. En la tabla 12.2 se muestra una lista de atributos y los resultados de una de los lotes evaluados. (La escala de intensidad va de 0 a 15, en donde 0 =ninguna y 15=extremo)

Al completar esta prueba, una caracterización descriptiva similar es obtenida de cada una de las 25 muestras analizadas. Con esta prueba se obtiene información más precisa referente a la variabilidad del producto La tabla 12.3 muestra los resultados estadísticos y el rango de variabilidad para cada atributo obtenido de la evaluación de las 25 muestras. Una revisión de estos resultados nos indica cuales atributos presentan pequeña, mediana o mayor variabilidad. Por ejemplo, algunos atributos muestran la mayor variabilidad en el color, tamaño, forma, salinidad y crujibilidad.

La caracterización descriptiva se utiliza para la prueba final de selección de muestras descrita a continuación y para el análisis de datos y establecimiento de especificaciones.

Los mismos procedimientos y principios que documentan la variabilidad descrita para el caso de las papas fritas, puede aplicarse para otro producto alimenticio o no alimenticio.

Tabla 12.2 Caracterización descriptiva de una muestra de papas fritas.

| Atributo | Muestra 613 Resultados |
|-------------------------------|------------------------|
| Apariencia | |
| Intensidad de color | 3.2 |
| Color | 6.0 |
| Manchas (manchado) | 0.0 |
| Translúcida | 9.7 |
| Tamaño | 3.4 |
| Forma | 3.6 |
| Delgadez | 4.5 |
| Burbujas | 5.2 |
| Pliegues | 7.3 |
| Sabor | |
| Papa | 5.3 |
| papa cruda | 2.1 |
| papa cocida | 2.0 |
| papa freida | 3.3 |
| casaca de la papa | 0.7 |
| Aceite caliente | 1.5 |
| Tierra | 0.8 |
| Cartón | 1.2 |
| a pintura | 0.0 |
| Salado | 10.5 |
| Dulce | 4.3 |
| Astringente | 5.0 |
| Quemado | 4.0 |
| Textura | |
| Superficie con protuberancias | 5.2 |
| Superficie grasosa | 4.1 |
| Dureza | 6.3 |
| Crujibilidad | 12.4 |
| Densidad | 8.9 |
| Número de partículas | 11.5 |
| Partículas abrasivas | 4.5 |
| Persistencia de crujibilidad | 6.1 |
| Mezcla con saliva | 10.1 |
| Cohesibilidad de la masa | 4.1 |
| Granos en la masa | 6.7 |
| Relleno molar | 6.5 |
| Película grasosa | 4.3 |

Selección de muestra

La identificación de atributos que exhiben variabilidad significativa y la selección de muestras representativas ocurre simultáneamente. No hay procedimiento analítico arreglado para realizar la identificación de atributos variables y muestras representativas. El acercamiento es un procedimiento exploratorio, en el que las muestras poseen una combinación única de atributos clasificados, e identificados y simultáneamente rastreados en su variante y covariante del atributo clasificados en sí mismo. Técnicas simples de análisis de datos, como las gráficas juegan un papel central en el acercamiento y en algún momento, puede ser todo lo que se requiera. Los instrumentos de análisis de datos básicos utilizados para la selección de muestra pueden ser gráficos (histogramas, gráfica de dispersión), estadística (media, moda, desviación estandar, correlaciones, etc.), y si es necesario análisis de componentes principales. El acercamiento esta ilustrado utilizando datos descriptivos de las 25 muestras de papas que son evaluadas en 36 atributos por un grupo de jueces descriptivos (ver tabla 12.3). Lo que sigue, es un paso a paso de la secuencia de análisis utilizado para identificar atributos variables y para seleccionar muestras representativas para cada estudio.

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

Tabla 12.3 Resumen estadístico de los atributos sensoriales para las 25 muestras de papas fritas.

| Atributo | Media | Des. Estan. | Mínimo | Máximo | Rango |
|---------------------|--------------|--------------------|---------------|---------------|--------------|
| Color intenso | 3.2 | 0.5 | 2.0 | 8.0 | 6.0 |
| Color | 6.0 | 0.9 | 4.0 | 13.3 | 9.3 |
| Manchas | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Translucido | 9.7 | 0.6 | 8.6 | 12.2 | 3.6 |
| Tamaño | 3.4 | 1.3 | 4.0 | 8.4 | 4.4 |
| Forma | 3.6 | 0.8 | 1.0 | 6.1 | 5.1 |
| Delgado de la papa | 4.5 | 0.1 | 4.4 | 4.6 | 0.2 |
| Burbujas | 5.2 | 0.2 | 5.1 | 5.4 | 0.3 |
| Pliegues | 7.3 | 0.8 | 5.0 | 10.1 | 5.1 |
| Papa | 5.3 | 0.7 | 2.6 | 6.7 | 4.1 |
| Papa cruda | 2.1 | 0.2 | 0.7 | 4.2 | 3.5 |
| Papa cocida | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 2.0 | 0.0 |
| Papa frita | 3.3 | 0.5 | 2.0 | 5.0 | 3.0 |
| Cascara | 0.7 | 0.1 | 0.6 | 0.8 | 0.2 |
| Aceite caliente | 1.5 | 0.2 | 1.2 | 1.6 | 0.4 |
| Tierra | 0.8 | 0.1 | 0.7 | 0.8 | 0.1 |
| Cartón | 1.2 | 0.3 | 0.0 | 5.1 | 5.1 |
| Pintura | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 3.8 | 3.8 |
| Salado | 10.5 | 1.1 | 8.1 | 14.7 | 6.6 |
| Dulce | 4.3 | 0.1 | 4.2 | 4.3 | 0.1 |
| Astringente | 5.0 | 0.0 | 5.0 | 5.0 | 0.0 |
| Quemado | 1.3 | 0.5 | 0.0 | 3.2 | 3.2 |
| Sup. c/ protuberan. | 5.2 | 0.1 | 5.0 | 5.3 | 0.3 |
| Sup. | 4.1 | 0.5 | 2.8 | 5.1 | 2.3 |
| Grasosa | | | | | |
| Dureza | 7.3 | 0.7 | 4.7 | 9.4 | 4.7 |
| Crujibilidad | 12.4 | 0.7 | 9.5 | 14.6 | 5.1 |
| Densidad | 8.9 | 0.6 | 6.1 | 10.0 | 3.9 |
| Num. De partículas | 11.5 | 0.2 | 11.2 | 11.6 | 0.4 |
| Part. | 4.5 | 0.1 | 4.2 | 4.6 | 0.4 |
| Abrasibas | | | | | |
| Persistencia de | 6.1 | 0.1 | 6.0 | 6.2 | 0.2 |

| | | | | | |
|---------------------------------|------|-----|-----|------|-----|
| crujibilidad | | | | | |
| Mezcla con saliva | 10.1 | 0.1 | 9.9 | 10.2 | 0.3 |
| Cohesibilidad de la masa | 4.1 | 0.3 | 3.8 | 4.3 | 0.5 |
| Granos en la masa | 6.5 | 0.0 | 6.5 | 6.5 | 0.0 |
| Relleno molar | 3.5 | 0.5 | 1.5 | 4.7 | 3.2 |
| Película grasosa | 4.3 | 0.1 | 4.3 | 4.4 | 0.1 |

PASO 1. Exploración de atributos sobre todas las variabilidades.

El análisis comienza por determinar cuales atributos exhiben mayor variabilidad significativa. El rango de respuestas que puede tener cada atributo se obtiene examinando la sumatoria de estadística de la muestra tabla 12.3. Los atributos que exhiben pequeñas cantidades triviales de variabilidad, deben ser eliminadas de análisis posteriores. Lo que se considera "pequeñas cantidades triviales" debe analizarse caso por caso. por ejemplo una escala total de valores de 0.5 unidades o menos han sido consideradas muy pequeñas como para tomarlas en cuenta. De los 36 atributos iniciales, 18 presentan poca o ninguna variabilidad. Los atributos que permanecen después de la exploración inicial, se presentan en la figura 12.1.

La ausencia significativa de diferencia estadística entre las muestras no debe usarse para decidir lo que constituye pequeña variabilidad trivial de respuestas. Al no encontrar diferencia significativa, no significa que las muestras sean iguales. Más bien, grandes diferencias (por ejemplo de 1 o 2 unidades en una escala de 15 unidades) puede fallar al declarar una unidad significativa por

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

una variedad de razones, incluyendo un grupo pequeño de jueces, o confusión en referencia a la escala de cada atributo. Familiarizado con el producto y un buen juicio sensorial debe utilizarse con los resultados estadísticos para tomar una decisión.

| | | |
|---------------------|-------|----|
| APARIENCIA | 0 | 15 |
| Int. de color | ----- | |
| Uniformidad color | ----- | |
| Translucido | ----- | |
| Uniformidad Tamaño | ----- | |
| Uniformidad | ----- | |
| Pliegues | ----- | |
| SABOR | 0 | 15 |
| Papa | ----- | |
| Papa freída | ----- | |
| Papa cruda | ----- | |
| Cartón | ----- | |
| Pintura | ----- | |
| Salado | ----- | |
| Quemado | ----- | |
| TEXTURA | 0 | 15 |
| Super. Grasosa | ----- | |
| Dureza | ----- | |
| Crujibilidad | ----- | |
| Densidad | ----- | |
| Molestia en dientes | ----- | |

Figura 11.1 Atributos sensoriales que presentan variabilidad en las papas fritas.

PASO 2. *Exploración de muestras para escalas extremas.*

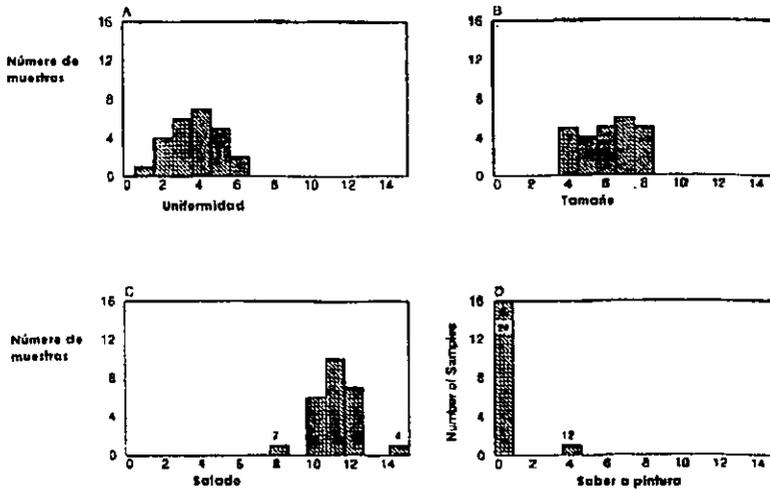
Utilizando únicamente los atributos que quedan después del Paso 1, la atención ahora se enfoca en las muestras. Histogramas de los atributos clasificados tales como los de la figura 12.2, son utilizados para identificar muestras que se ubican en los extremos de las distribuciones. El acercamiento gráfico puede revelar más de la distribución general de resultados obtenidos en los datos estadísticos tabulados en el Paso 1. Por ejemplo, la figura 12.2a muestra una típica distribución de campana, obtenida para el atributo de forma. Ninguna muestra sobresale como distinta. De forma similar, en la figura 12.2b ninguna muestra sobresale para el atributo de tamaño, sin embargo, el histograma revela una uniformidad (parejo) en la distribución de rango. A pesar de la figura se sabe que existe un gran rango de variabilidad (ver tabla 12.3), muestra por muestra en tamaños proporcionales es aparentemente mayor debido, al gran parecido que en una muestra individual la cual caerá en los extremos del rango.

Figuras 12.2 c y 12.2d ilustran dos situaciones de suma importancia, ejemplos que incluyen muestras extremas. En la fig. 12.2c la muestra No. 4 es muy salada y la muestra No. 7 muestra un rango muy bajo en relación con otras muestras. Las muestras restantes exhiben un patrón similar, parecido al de la figura 12.2a. La figura 12.2d muestra otro caso importante, para el atributo de "pintura", la muestra No. 12 exhibe una fuerza moderada, mientras que las

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

muestras restantes del grupo tienen una respuesta de "0.0". La sumatoria tabular de los datos realizada en el Paso 1 indican una significancia grande en números en este atributo, sin embargo, la aparente variabilidad, es debido a una sola muestra.

Basándose en la figura 12.2c y 12.2d, las muestras 4, 7 y 12 serán incluidas en las muestras para el consumidor, esto con el fin de determinar los



Histogramas de la distribución de intensidad de 28 muestras de papas fritas para algunos atributos seleccionados

Figura 12.2 Histogramas de distribución para el ejemplo de papas fritas.

efectos de sus comportamientos extremos. Sin embargo, no serán incluidos en ningún paso posterior de este análisis para selección de muestras, ya que esto reduce la sensibilidad para identificar variables en los atributos, así como muestras representativas.

Adicionalmente al buscar muestras extremas, la distribución de la clasificación de atributos debe ser examinado por cualquier comportamiento anormal, como por multi-modalidad (múltiples "picos") o en extremo, grupos de muestras que no se traslapen los rangos de calificación. Los resultados del análisis paramétrico tales como correlación y componentes principales debe ser interpretados bajo la luz de cualquier comportamiento extraño, o diferente a lo ya conocido. La información puede ser utilizada directamente en la selección final de muestras para pruebas con consumidor.

Ya que las muestras 4, 7 y 12 han sido seleccionados para las pruebas con consumidor, y no existe una variabilidad significante en estos 3 atributos, pueden ser eliminados para consideraciones posteriores en el proceso de selección de muestra.

PASO 3. Identificación de muestras que difieren de la tendencia general debido a sus interrelaciones entre atributos.

Eliminando las muestras extremas y atributos sin variabilidad, ahora se puede realizar un estudio más sensitivo de las interrelaciones existentes entre los atributos que aun estan dentro de estudio. Este nuevo análisis es importante, ya

que las muestras que no entran dentro de los extremos de la clasificación de atributos pueden ser únicos en el sentido, de que pueden ser parte de un patrón de atributos que estén presentes en la mayoría de las muestras cuando uno o más atributos pueden ser considerados simultáneos. Estas muestras pueden ser percibidas como no mezcladas o con sabor desbalanceado y como resultado ser menos aceptable por el consumidor.

Los diagramas de dispersión (scatterplot) son un buen parámetro de inicio para identificar las relaciones entre atributos y para sacar diferencias únicas en cada muestra. Las muestras que no sigan un patrón sistemático de las muestras restantes deben ser identificadas y aisladas para ser tratadas de otra manera. (Los posibles errores de datos no deben ser revisados en este punto) Los 153 diagramas de dispersión de los posibles pares de 18 atributos de ejemplo de papas fritas, son muy extensos para ser presentados, sin embargo los podemos revisar en cuestión de minutos, para revelar la fuerza y naturaleza la naturaleza de la relación entre cada par. Y para determinar si alguna muestra se aleja de la tendencia general. En el ejemplo, las muestras 3 y 20 se apartan de otra manera, la relación lineal entre salinidad y complejidad de la papa (fig. 12.3) Las muestras 3 y 20 son seleccionadas para pruebas con consumidor por su comportamiento único.

Haciendo un recuento de los 3 primeros pasos a seguir, tenemos lo siguiente:

1. Las muestras 4, 7 y 12 han sido seleccionadas para pruebas con el consumidor basados en sus resultados extremos presentados en ciertos atributos.
2. Muestras 3 y 20 han sido seleccionadas para pruebas con consumidor debido a un patrón único: su relación entre salinidad y complejión.
3. Los atributos de sabor a papa, cartón y pintura, fueron excluidos de la lista de 18 atributos que quedaba del paso 1 debido a la falta de variabilidad que existe después de una o más muestras extremo (4, 7 y 12) fueron excluidas.

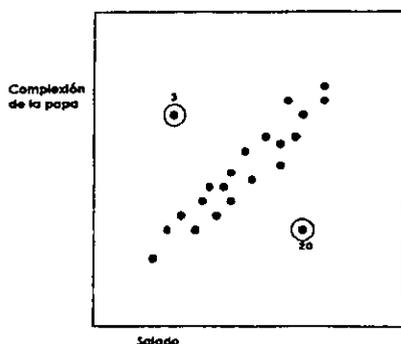


Figura 12.3 Relación lineal entre salinidad y complejión de la papa

PASO 4. Selección final de las muestras que el consumidor probará. En situaciones donde únicamente un pequeño grupo de atributos son considerados, es posible realizar la selección final de muestras a evaluar por el consumidor,

directamente de los resultados obtenidos (tablas y gráficas) del análisis descriptivo de la clasificación de atributos. Las muestras deben ser seleccionadas de manera que se presente un amplio rango de variabilidad (alto, medio y bajo) en cada atributo. Cuando el número de atributos es muy grande para la selección directa de muestras, los principales componentes de análisis (PCA) pueden ser aplicados, para reducir el número de dimensiones de la variabilidad de producto.

Aplicando el análisis de Componentes Principales (PCA) a los 15 atributos restantes después del análisis del paso 1, 2 y 3. Revela que solo 2 componentes principales (PC's) son requeridos para explicar 88% de la variabilidad en las 20 muestras restantes (ej. menos las cinco muestras que fueron seleccionadas para pruebas en los pasos 2 y 3). El comportamiento ascendente de la gráfica de la fig. 12.4 muestra que no existe ganancia significativa en explicar la variabilidad que sucede por incluir componentes adicionales. Los PC's cargados para cada atributo pueden ser estudiados para revelar la agrupación de los atributos en cada uno de los PC's. Más importante para nuestro propósito, los resultados de los PC's son computados por cada muestra utilizada por ejemplo con PROC SCORE. Los resultados de los 2 PC's por muestra son más fáciles de examinar que los 15 atributos originales. Muestras representativas de los rangos de variabilidad de producción alta, media y baja pueden ser seleccionadas de este pequeño número de dimensiones. Las muestras tentativamente seleccionadas para la prueba con consumidor están indicadas en la gráfica de resultados de los 2 PC's Figura 12.5.

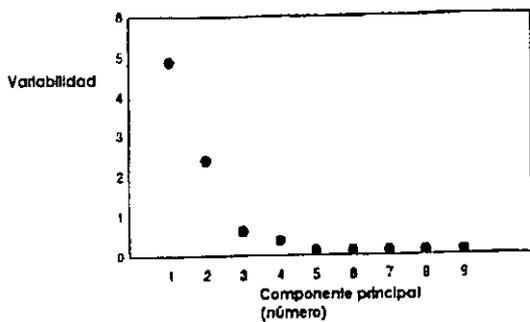
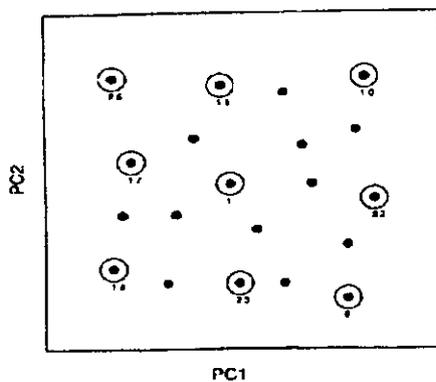


Figura 12.4 Gráfica de monitoreo de los PCA (Análisis de componentes principales). Fig. 12.5 muestras tentativamente seleccionadas.



El último paso antes de finalizar la selección de muestras, es examinar la distribución de la selección tentativa a lo largo con aquellas muestras extremas y muestras únicas identificadas en los pasos 2 y 3, en las escalas originales de cada atributo. Establecer que el rango de variabilidad esta adecuadamente cubierto por las muestras seleccionadas. Si es necesario quitar o adicionar muestras para alcanzar una cobertura uniforme de los rangos observados. En el ejemplo de las papas fritas, ninguna de las muestras seleccionadas hasta este momento tiene una calificación alta en uniformidad de color. Por lo tanto, la muestra No. 8 es anexada al grupo de muestras por la simple razón que es la muestra más alta en el rango de color uniforme.

Del paso No. 4 resulta la selección de muestras 1,6,8,10,15,17,19,22,23,y 25 para pruebas con consumidor. Además de estas, las muestras extremas 4, 7 y 12 y las muestras únicas 3 y 20 para formar el juego completo de 15 muestras a evaluar por el consumidor.

Planeación y Ejecución del estudio con consumidor

Las respuestas del consumidor ante las variables que presenta un producto, son obtenidas por medio de un estudio con consumidores. La metodología y protocolos a seguir en el estudio, deben ser diseñados por profesionales experimentados en evaluación sensorial. Este soporte es generalmente proporcionado por el área sensorial de I&D o el departamento de evaluación de la producción. Alternadamente es posible utilizar un grupo consultor externo. Con este soporte, el diseño de la prueba incluirá procedimientos sensoriales

adecuados para la recolección de información válida y confidente sobre el consumidor.

Planear, administrar y ejecutar pruebas con consumidores para propósitos de Control de Calidad requiere involucrar y apoyarse en algunos departamentos de la compañía, entre ellos están: Manufactura/Operaciones, Control de calidad, Desarrollo de nuevos productos, y mercadotecnia/Investigación de mercado. Los asuntos más importantes a considerar cuando se diseña un estudio con consumidores son: el lugar donde se realiza la prueba, reclutamiento de consumidores, diseño de prueba, diseño de cuestionario para el consumidor, ejecución de la prueba y la validación.

El equipo de profesionales trabajando en el proyecto sensorial/control de calidad necesita decidir la locación o locaciones para la prueba con consumidor. El área de distribución del producto y la filosofía regional de la compañía contra la consistencia nacional juegan un papel muy importante en esta decisión.

- Solamente es necesario una locación cuando tanto el producto y el área de distribución del producto están confinados a una sola región.
- Varias regiones deben ser examinadas cuando existen facilidades de manufactura en varias locaciones, y los productos regionales difieren debido a que la fórmula o proceso sean diferente.

Las compañías pueden tratar en forma diferente los datos y programas regionales (establecer diferentes especificaciones, y programas de calidad sensorial en cada región), o las compañías pueden tratar de estandarizar diferentes productos

regionales antes de establecer especificaciones y programas sensoriales de calidad.

Los consumidores potenciales, o medio potenciales del producto deben ser seleccionados. Para la fase de planeación es necesario una interacción con el Depto. de Investigación de Mercado de la compañía, para seleccionar el criterio de investigación necesario para el estudio.

Las necesidades de un estudio con consumidor en un programa sensorial de calidad incluye la evaluación de varias muestras. La selección de muestras descrita anteriormente es una herramienta para reducir el número total de muestras. Sin embargo, un número considerable de productos van a ser parte de la prueba. Para el ejemplo de papas fritas, un total de 15 productos van a ser incluidos en la prueba de consumidor. El profesional sensorial a cargo del estudio selecciona el diseño apropiado, basado en las características del producto y el número total de muestras a evaluar.

En la selección apropiada de diseño experimental, el investigador tiene que decidir entre el uso de bloques completos o bloques incompletos (diseño estadístico para grupo de jueces sensoriales). Típicamente debido al gran número de muestras involucradas, se utiliza un diseño de bloque incompleto. En un diseño de bloque incompleto cada persona evalúa únicamente un número pequeño de muestras de prueba. En un diseño de bloque completo cada entrevistado evalúa todas las muestras a evaluar.

Al escoger un diseño de bloque completo, involucra tanto sesiones largas de evaluación (ej. sesiones de 2 – 4 hrs.) y/o múltiples sesiones conducidas a lo largo de varios días, con el fin de evaluar todas las muestras. Estos diseños tienen tanto ventajas como desventajas que deben ser consideradas cuando se planea el estudio.

En el ejemplo de papas fritas, 15 muestras fueron seleccionadas para prueba con consumidor. Para evitar fatiga sensorial y tedio de los entrevistados, se seleccionó un diseño de bloques incompletos. En este diseño, cada consumidor evalúa solo 3 de las 15 muestras

Ejecución de la prueba y validación.

El profesional sensorial vigila la ejecución de la prueba, para asegurar adhesión al protocolo de la prueba y controles. Así como en otras pruebas con consumidor, la ejecución actual de la prueba, es un proceso que estipula que el estudio ha sido cuidadosamente diseñado.

Es recomendable que se realice una validación completa de las respuestas del consumidor. Esta práctica involucra contactar por teléfono a un subgrupo de evaluados, para confirmar su participación en la prueba.

Análisis de datos/Relación entre datos.

Las relaciones entre las respuestas de los consumidores y los datos de intensidad de atributos del grupo de jueces descriptivos, son examinadas, para ayudar en el establecimiento de especificaciones de control de calidad para cada atributo sensorial. Los métodos estadísticos aplicados para determinar la naturaleza de

las relaciones deben quedarse tan simples como sea posible. Los métodos gráficos puede ser todo lo que se requiera.

Mientras que la relación de los atributos descriptivos y el nivel de agrado es lo más importante, siempre es informativo examinar la relación entre los atributos descriptivos y el rango de aceptabilidad para atributos específicos. Adicionalmente un análisis de las relaciones entre los atributos descriptivos y los rangos de intensidad del consumidor de varias características del producto, pueden ser usadas para ganar una clara comprensión de las respuestas de los consumidores, el uso de su vocabulario y más.

El primer paso en el análisis es realizar una gráfica del nivel de aceptación y la aceptabilidad del atributo contra la clasificación de atributos descriptivos. Un análisis de correlación, se realiza simultáneamente, lo que proporciona información de soporte útil. Algunos atributos descriptivos que fallan al exhibir relación sistemáticas con la aceptación en general, puede tener una relación más fuerte con una o más de las respuestas de los atributos aceptados. La relación de los atributos aceptados no debe ser ignorada al establecer especificaciones sensoriales de calidad.

Las gráficas deben ser examinadas primero para identificar los atributos que no exhiben relación sistemática de la aceptabilidad en general o alguna de las respuestas de los atributos aceptados (esto es, gráficas que exhiben un patrón completamente aleatorio, acompañado de un coeficiente de relación cercano al cero). Las muestras enviadas para la prueba con consumidor, fueron

seleccionadas para expandir el típico rango de variabilidad del producto; cualquier atributo que exhiba un patrón aleatorio, no tiene un impacto significativo en la aceptabilidad. (Ver fig. 12.6a)

Siguiente, el interés debe ser enfocado en aquellos atributos que exhiban una fuerte tendencia lineal, ya sea positiva o negativa, en nivel de agrado y/o nivel de agrado de un atributo en particular vs. rangos descriptivos. Estas tendencias son obvias en gráficas y son acompañadas por una larga (positiva o negativa) correlación de coeficientes. Una regresión lineal simple de la forma:

$$\text{Aceptación} = b_0 + b_1 (\text{Attr})$$

Donde (Attr) es la calificación de atributos descriptivos, puede ser utilizados para obtener ecuaciones predecibles que relacionen el valor del atributo descriptivo a la calificación de aceptabilidad del consumidor (Fig. 12.6 b)

Finalmente, la gráfica de las calificaciones descriptivas que exhiben relaciones curvilíneas con aceptabilidad (ambas nivel de agrado, y nivel de agrado de un atributo en particular) debe ser examinada. Para el buen comportamiento de los datos un ajuste debe ser suficiente para desarrollar una relación predecible entre las respuestas descriptivas y de aceptabilidad (afectivas), pero típicamente una ecuación de regresión cuadrática de la forma:

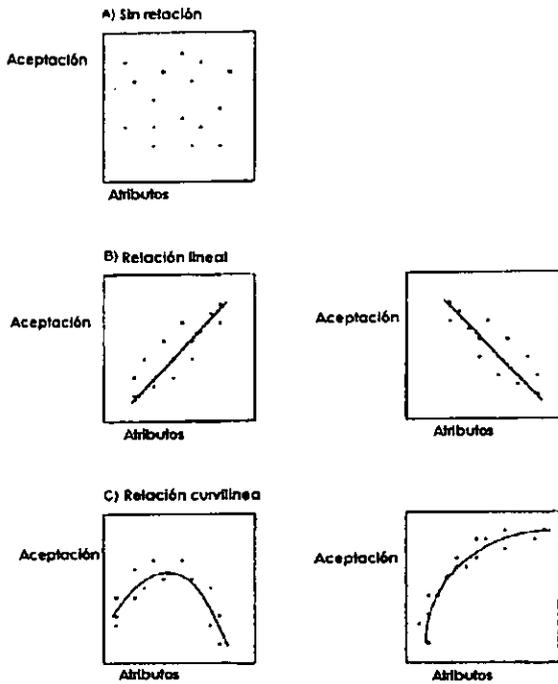
$$\text{Aceptación} = b_0 + b_1 (\text{Attr}) + b_2 (\text{Attr})^2$$

Es utilizada (esto es, tanto las calificaciones descriptivas y el valor cuadrado de las calificaciones son utilizadas para la predecir el valor aceptable (Fig. 12.6 c)).

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

Los 18 atributos descriptivos en el ejemplo de las papas fritas llevados a gráficas vs: el nivel de agrado y el nivel de agrado de un atributo en particular, utilizando las 15 muestras que fueron evaluadas tanto por el grupo de jueces descriptivos y los consumidores.

Figura 12.6 Gráfica de dispersión para mostrar diferentes tipos de relaciones.



Diagramas de dispersión, relaciones comunes entre las respuestas de aceptación (nivel de agrado o atributos) y calificaciones de los atributos descriptivos

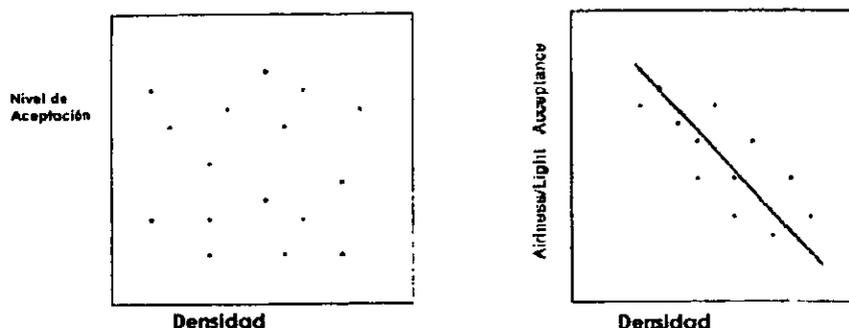
Las siguientes relaciones son los resultados (gráficos individuales no se muestran):

1. Los atributos de: translucido, forma uniforme, pliegues, complexión de la papa, sabor a papa cruda, quemado, superficie aceitosa y relleno molar no exhiben relación sistemática con ninguno de las respuestas de aceptabilidad del consumidor – ninguna de los dos, nivel de agrado, o el nivel de agrado de un atributo en particular (ejemplo, todas las gráficas de la figura 12.7a)
2. Los atributos de: tamaño uniforme, sabor a papa frita, crujiente/quebradizo, exhiben una relación lineal positiva con el nivel de agrado. Los atributos de cartón y pintura exhiben una relación lineal negativa con el nivel de agrado (como en la fig. 12.7 b). Densidad exhibe una relación no sistemática con el nivel de agrado, pero tiene una relación lineal negativa con la respuesta vivas de la aceptabilidad del consumidor. (Como se muestra en la fig. 12.7).
3. La intensidad del color, uniformidad del color y salado no exhiben un patrón sistemático con el nivel de agrado. Sin embargo, la intensidad de color y la uniformidad de color exhiben una relación curvilínea con la respuesta de aceptabilidad de color del consumidor parecido al patrón presentada en la fig. 12.7c. Adicionalmente el atributo salado exhibe una relación curvilínea similar con la respuesta de aceptabilidad de sal del consumidor. Solo el atributo de dureza exhibe una relación curvilínea con el nivel de agrado.

En orden de las relaciones reveladas en el análisis discutido anteriormente que será utilizado para establecer especificaciones de calidad, los gerentes deberán

seleccionar el criterio de desempeño mínimo del producto para la respuesta de nivel de agrado, y si es necesario, para cada uno de los niveles de agrado de los atributos en particular. Ninguna especificación puede ser establecida sin esta información ya que los atributos descriptivos por ellos mismos no demuestran directamente aceptabilidad. Este punto es discutido con detalle en la siguiente sección. En la preparación para una reunión gerencial, las relaciones entre las respuestas descriptivas y afectivas (aceptabilidad) deben ser resumidas utilizando gráficas similares a las presentadas en la fig. 12.7. Solo aquellas gráficas que aclaren las relaciones entre los datos descriptivos y de consumidor deben ser presentados.

Figura 12.7 Gráficas de dispersión del nivel de aceptación y la intensidad de densidad.



Establecimiento de especificaciones.

Una reunión gerencial es programada para revisar los descubrimientos del análisis de datos. Es importante que la alta gerencia y los gerentes de área de la compañía (I&D, mercadotecnia, operaciones, control de calidad, aseguramiento de calidad, etc.) asistan. El objetivo de la reunión es el establecimiento final de las especificaciones sensoriales de cada atributo, valorando los cambios en la respuesta hedónica del consumidor hacia la variabilidad del producto. Los resultados se presentan en dos grupos:

1. Aquellos atributos variables *que no muestran* un efecto sobre la aceptación del consumidor (Fig. 12.7a) y
2. Aquellos atributos variables *que muestran* un efecto sobre la aceptación del consumidor (Fig. 12.7 y 12.7c).

La discusión y la decisión son hechas examinando un atributo a la vez y para cada atributo se revisa lo siguiente:

- La definición
- La demostración de la variabilidad por muestras de producción actuales (la mas baja, la más alta, y una o dos de intensidad intermedia son mostradas); y
- Las gráficas las cuales muestran la relación de datos entre las respuestas del consumidor y el grupo de jueces.

Los atributos que muestran una relación como la descrita en la fig. 12.7a (ej. translucido, o pliegues), no muestran un efecto en la aceptación del consumidor.

Para aquellos atributos no es necesario establecer especificaciones ya que la aceptación del consumidor no se ve afectado por su variabilidad. Por eso, estos son atributos que no necesitan ser medidos por el grupo de jueces. A pesar de esto, algunas compañías deciden que se realice una medición de estos atributos por medio de un grupo de jueces. Esto es efectuando para propósitos de documentar o rastrear atributos que son de interés particular para la empresa.

Atributos con relaciones como las mostradas en la figura 12.7b (ej. crujiente) y la figura 12.7 c (ej. salado) afectan la aceptabilidad del consumidor y son utilizadas para establecer especificaciones. Las especificaciones finales representan los límites del rango de variabilidad tolerado para cada atributo expresado en términos de intensidad descriptiva.

En orden para establecer especificaciones de calidad en los atributos calificados el criterio de desempeño mínimo del producto debe ser establecido por el nivel de agrado y cada una de las respuestas de aceptabilidad de los atributos críticos. Una especificación con verdadero significado no puede ser establecida sin esta información, ya que los atributos descriptivos por ellos mismos directamente no reflejan la aceptabilidad. La gerencia de la compañía de las papas fritas ha establecido un nivel de agrado de 6.5 (en una escala de afectividad 1-9) para ser el criterio de desempeño mínimo del producto. Este límite es utilizado para establecer especificaciones.

La figura 12.9 ilustra este proceso. Con un punto de quiebra de 6.5 en nivel de agrado, la especificación establecida es de 5.8 - 10.0. Productos con

intensidad de atributos menor a 5.8 o mayor a 10.0 si del consumidor se obtiene una calificación menor al mínimo establecido (6.5) y por lo tanto será considerado inaceptable (fuera-de-especificación).

Otros factores además de los proporcionados por el consumidor son tomados en cuenta cuando se establecen especificaciones, tales como una limitante de producción, costos y las expectativas de calidad de los gerentes. Esto significa que son muy pocas las especificaciones establecidas basándose en la inspección honrada de las relaciones anteriormente discutidas.

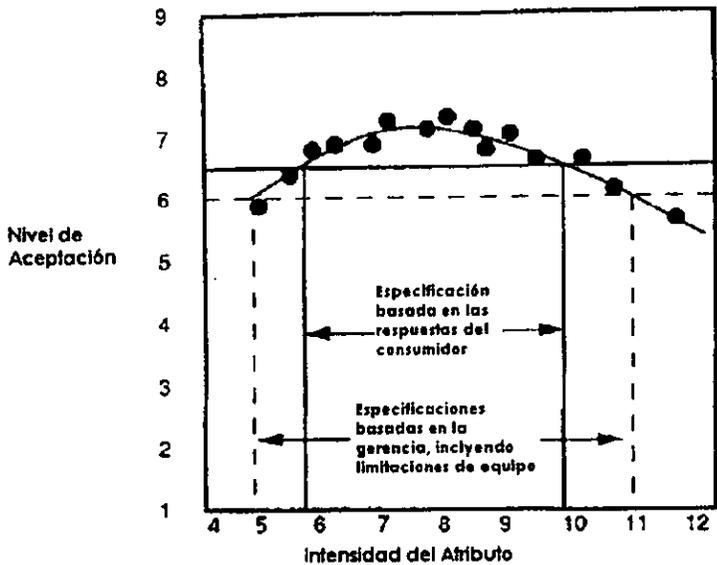
En realidad, las especificaciones finales pueden ser establecidas con un rango de intensidad muy amplio o muy angosto que el determinado por el límite aceptado. Rangos angostos son establecidos por compañías que tienen un criterio muy estricto, incluso mayor que los consumidores mismos. Rangos aun mayores que aquellos establecidos por consumidores, son establecidos por compañías para las cuales el costo de mantener rangos angostos es muy alto, comparado con los beneficios ganados. Por ejemplo, pocas compañías incurrirían en altos costos para elevar toda su maquinaria (equipo de proceso), para asegurar que 100% de su producto entraría en una especificación de rango tan ajustado. Estos conceptos también están ilustrados en la figura 12.8. Los maquiladores de las papas fritas establecieron un límite de aceptación del consumidor de 6.5 o más alto. Basados en este criterio, la especificación para el atributo mostrado en la figura 12.9 fue establecido de 5.8 a 10.0. Sin embargo, es imposible tener más del 80% del producto dentro del rango determinado y

conseguir el límite de 6.5 en aceptación con las condiciones comunes del proceso. En este caso en lugar de establecer la especificación para ese atributo de 5.8-10.0 se establece de 5.0 - 11.0 (Fig. 12.9).

La tabla 12.8 muestra las especificaciones finales establecidas para una serie de atributos medidos para papas fritas.

Tabla 12.8 Especificaciones finales para papas fritas

| Atributo | Especificación |
|-----------------------|-----------------------|
| Apariencia | |
| Intensidad del color | 3.5-6.0 |
| Uniformidad del color | 6.0-12.0 |
| Uniformidad de tamaño | 4.0-8.5 |
| Sabor | |
| Papa frita | 3.0-5.0 |
| Cartón | 0.0-1.5 |
| Pintura | 0.0-1.0 |
| Salado | 8.0-12.5 |
| Textura | |
| Dureza | 6.0-9.5 |
| Crujiente | 10.0-15.0 |
| Densidad | 7.0-10.0 |



Establecimiento de especificaciones, a) basadas en las respuestas del consumidor y b) basadas en las respuestas del consumidor y otras instancias.

Figura 12.8 Establecimiento de especificaciones

Especificaciones sensoriales establecidas por gerentes.

El complicado proceso que requiere el coleccionar respuestas del consumidor hacia las variables del producto, obliga a algunas compañías a escoger el método más simple para establecer especificaciones. Incluso los autores prefieren el método más sonado (utilizar información del consumidor) y considerar que es el

proceso más apropiado de los dos, un pequeño repaso de esta alternativa es discutido.

Cuando las especificaciones se establecen basándose en el criterio gerencial únicamente, la inspección completa del producto y el resumen de los datos es necesario. Esto significa completar únicamente 2 o 3 de los 7 pasos que se llevan a cabo cuando se emprende un estudio con consumidor.

Las especificaciones sin retroalimentación del consumidor se establecen en reuniones gerenciales. En estas reuniones se presentan los siguientes puntos:

- Los resultados de la inspección completa del producto para la identificación de la variabilidad.
- Un subgrupo de muestras de producto que demuestren el rango de los atributos más variables.

El subgrupo de muestras de producción mostrados a los gerentes, son los productos que representan los extremos de variabilidad de los atributos y algunos puntos intermedios. La inspección de muestras es esencial en la decisión del proceso de marcaje, los gerentes deben entender tanto los atributos como sus intensidades.

Las especificaciones sensoriales para cada atributo variable son establecidas por los gerentes, tras la reinspección de las muestras presentadas para demostrar cada atributo variable. Basados *en su criterio únicamente* los gerentes deciden que tan amplio o angosto es cada especificación (rango de variabilidad tolerable) debe ser. Por ejemplo establecer especificaciones para los atributos de sabor a

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

cartón y densidad, los gerentes revisan las muestras correspondientes y establecen las especificaciones.

XIII. Conclusiones

Tanto en la Dirección General de Normas, como en otros organismos encargados de emitir estándares de calidad, no se cuenta con un documento en el cual se analice los pasos técnicos a seguir en la realización de un estándar de calidad; es por ello que el presente trabajo, es una compilación cuya intencionalidad es presentar los pasos técnicos a seguir en la elaboración de un estándar de calidad.

Para el desarrollo de estándares de calidad, es necesario:

1. Involucrar a todas las personas que tengan relación con el producto: productores, consumidores y secretarías de estado, con el fin de tener mayor acertividad en los parámetros que se consideren a evaluar.
2. Trabajar con todos lo elementos, que la ciencia ha puesto frente a nosotros y lograr una interacción entre ellos, tal es el caso de la Medición Instrumental y la Evaluación Sensorial; ya que la combinación de ambos nos proporciona información valiosa para la elaboración de estándares de calidad.

La secuencia para el desarrollo de estándares de calidad es la siguiente:

- a) Se pide la elaboración del estándar, ya sea por parte de los productores, consumidores o por una secretaría de estado.
- b) El producto es analizado por profesionales pertenecientes a todos los sectores; para con ello determinar los atributos a medir, así mismo, se determinan los métodos de medición instrumental y sensorial que pueden ser utilizados.

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

- c) Por parte de los laboratorios acreditados, se realiza una correlación entre los datos obtenidos por medición instrumental y los sensoriales, de este análisis se obtendrá el mejor método de medición de todos los propuestos.
- d) Se establece una escala y se integran las características de calidad.
- e) El documento NORMA con los estándares se da a conocer en el Diario Oficial.
- f) Se dan 90 días de comentarios.
- g) Se publica la Norma en el Diario Oficial de la Federación.

En la elaboración de este trabajo se evidencia que, en ambos métodos presentados, se utiliza la estadística como principal herramienta para obtener resultados confiables.

Existe cierta diferencia entre los dos métodos expuestos para el establecimiento de especificaciones; el primer método se basa tanto en mediciones instrumentales como sensoriales; y el segundo únicamente maneja datos sensoriales.

El presente trabajo deberá servir para brindar elementos a quienes pertenecen a la Industria Alimentaria, permitiéndoles elaborar sus propios estándares de calidad, considerando las características que deben medir, la forma de medirlos y el establecimiento de escalas de forma adecuada; de los atributos que se pueden medir sensorialmente.

XIII. Bibliografía

1. Manuales Técnicos para la elaboración de Cursos de Capacitación, "Normalización de Granos", Ed. Sistema Nacional para el Abasto, México, 1987, pp 4-27.
2. Gould W.A., "Total Quality Assurance for food Industry", 2nd Edition, The CTI Publications Inc. Baltimore, USA, 1993, pp 127 – 128.
3. Kleyn, D.H. U.S. Estándar for Cheeses, Dairy and Food Sanitation, Vol 5, No. 10 Paginas: 375-379 Octubre de 1995.
4. Carpeta Institucional de la Dirección General de Normas, Subsecretaría de Normatividad y Servicios de la Industria y Comercio Exterior, México, 1997.
5. Quintanilla, Dorantes, et al., "Las Normas Obligatorias (NOM) y Voluntarias (NMX), estándares del Mercado y de la Vida cotidiana", AMECOP, Número 53,1997.
6. Blanchfield, R. The Philosophy of food control, "Quality Control- A Function of Quality Assurance Strategy" at the 40th Annual Meeting of the Institute of Food Technologists, June 8-11, 1980.
7. Amitava, "Fundamental of Quality Control and Improvement", Ed. MacMillan Publishing Co. New York, 1993, pp:14-16.
8. Stayffer J., "Quality assurance of food", Food & Nutrition Press INC., USA, Connecticut, 1994, pp:50-59 y 171-179.
9. Muñoz, Vance et al., "Sensory Evaluation in Quality Control", Ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 1992, Capítulo 1 y 2.

10. Kramer y Twigg, "Quality Control for the food Industry", The AVI Publishing Company, INC., USA, Connecticut, 1970 Capítulos: 1 al 13
11. Hill L.D, Grain Quality Grading and Classification, Cereal Foods World, Vol. 36, No. 6, páginas: 491-497, Junio de 1991
12. Ley Federal sobre Metrología y Normalización, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas, Diario Oficial de la Federación, 1 de Julio de 1992.
13. Hubbard M., "Statistical Quality Control for the food Industry", The AVI Book, New York, USA, 1990, pp.:230-237.
14. Pedrero y Pangborn, "Evaluación Sensorial de los Alimentos, Métodos Analíticos", Ed. Alhambra Mexicana, México, 1996, pp.:37-39; 63-105 y 133.
15. Salazar y Torres. 1999, "Evaluación Sensorial", Tecnología de alimentos Industria y Mercado, 34(1)27-35
16. O'Mahony, 1982, Some Assumptions and difficulties with common statistical for sensory analysis", Reprinted from Food Technology, November 1982, pp.:75-82.
17. Kirk, Egan, et al. "Composición y análisis de alimentos de Pearson", Ed. CECSA, Segunda Edición, México, 1996, pp. 10-42
18. Skoog y Leary, "Análisis Instrumental", Cuarta Edición, McGraw-Hill, 1994, capítulos 6, 7 y 8.
19. Juran, JM. Editor-in-chief, "Quality Control Handbook", 3rd edition, McGraw-Hill, New York, 1974

20. Asociación Farmaceutica Mexicana. "Memoras del seminario de Validación", Noviembre de 1997.
21. Valentina Rodríguez, "Validación de un método espectrofotométrico de UVVIS para determinar ácido benzoico en bebidas de frutas", Facultad de Química, UNAM, 1999.
22. Colegio Nacional de Químicos Farmacéuticos de México, "manual de Validación", Secretaria de Salubridad y Asistencia, México, 1992.
23. 2do. Curso Nacional de Normalización Técnica, Bases de la Normalización Técnica, México, 1977 (Recopilación de diversos autores).
24. Frontard R., "Historia de la normalización", Traducción México, Ed. Trillas, 1977.
25. Corral V., Martínez F., "El sistema de Normalización de los Alimentos en México", Tesis, Facultad de Química, UNAM, 1984.
26. Curso sobre Formación de Instructores en Normalización Integral, Área Normalización, Dirección General de Normas, 1982.
27. " Modus operandi del Codex Alimentarius (como funciona el Codex)" Comisión del Codex Alimentarius, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO, Novena Edición, ROMA
28. Normalización, Verificación y Certificación Oficial de la Calidad Secretaría de Industria y Comercio - Dirección Nacional de Normas, 1973.
29. Montaña S.F, "Normas Oficiales Mexicanas", Administración Calidad y Control, Administrate Hoy, (71)2000, pag. 52-59

Internet

I1. Introduction to ISO <http://www.iso.ch/infoe/intro.htm>

I2. Guía de Normalización conceptos

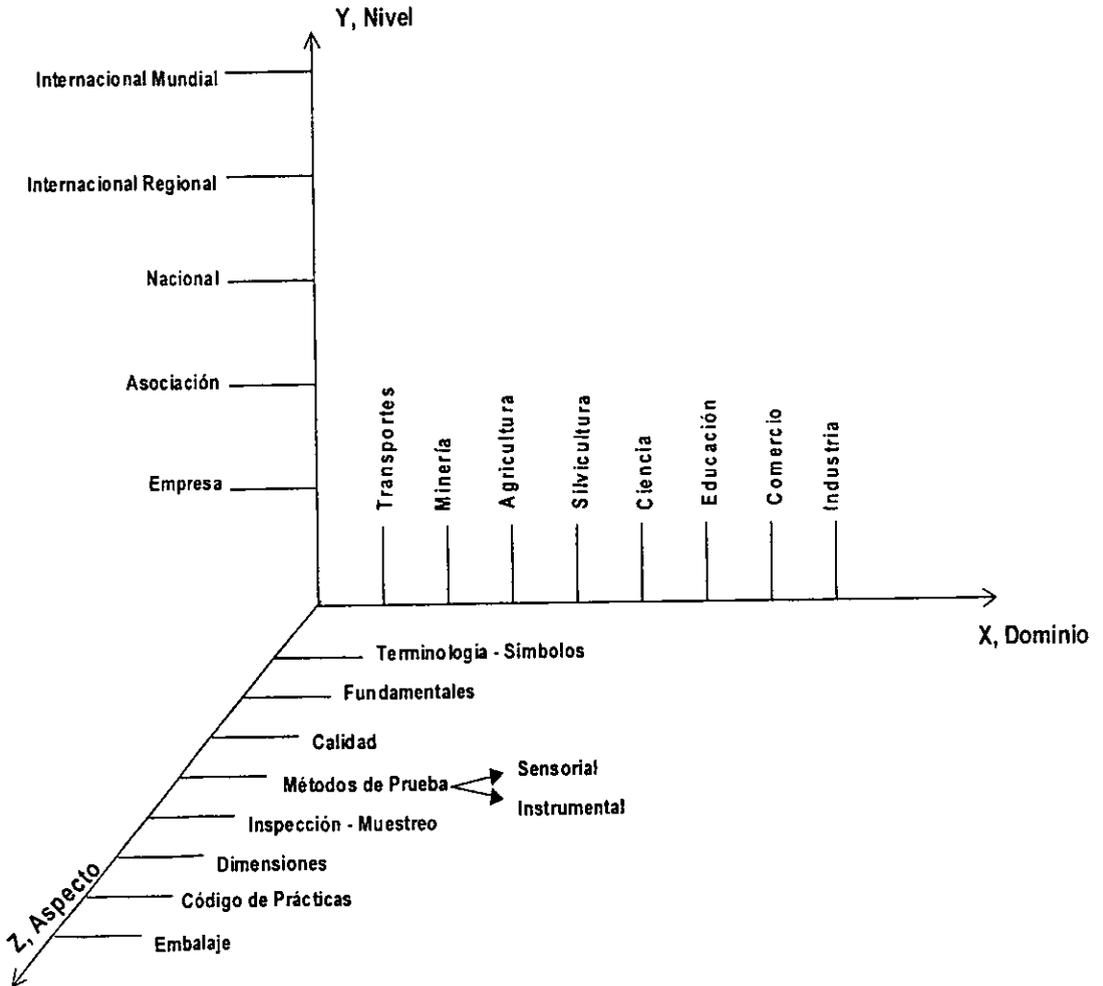
www.impiva.es/servicios/publica/ediciones/ncerho.html#anchor203272

Entrevistas

E1 IQ. Miguel Angel Hidalgo Torres

Departamento de Biotecnología y Alimentos, Facultad de Química, UNAM

Anexo A Espacio de la Normalización.



Anexo B. Mediciones físicas y químicas realizadas a los alimentos

En el presente hay algunas de las mediciones físicas y químicas más frecuentes que se realizan a los alimentos.

Mediciones físicas realizadas a alimentos.

Tabla 2.1

| Factor físico | Medición | Descripción |
|-------------------------------------|--|---|
| Color | Sistema de color Munsell Espectrofotometría | Basado en discos de colores o estándares. Mide la refracción de la luz a diferentes λ |
| Reología, viscosidad y consistencia | viscosímetro de Ostwald viscosímetro EFFLUX viscosímetro rotatorio Penetración de un peso | Pasar el fluido por un tubo capilar. Pasar el fluido por un orificio pequeño. Rotación de un huso o cilindro dentro de la sustancia prueba. Medición del tiempo que tarda un peso en penetrar la sustancia prueba. |
| Textura | Tenderómetros, Texturómetros, Separación con presión. | Dan indicaciones de la textura, y valores para separación con presión. |
| Forma, tamaño y figura | Peso, volumen, diámetro y largo. | Uniformidad y clasificación. |
| Defectos | Revisión de medidas | Defectos fisiológicos, patológicos, mecánicos. |

Mediciones químicas realizadas a alimentos.

Tabla 2.2

| Factor químico | Prueba | Descripción |
|---------------------|------------------------|---|
| Humedad y Sólidos | Secado | Mide la pérdida de peso tras la evaporación. |
| Gravedad Específica | Hidrómetro | Concentración de sólidos disueltos. |
| Grasa-Aceite | Extracción etérea | Extracción de muestra sólida, con éter etílico. |
| Proteína | Kjeldahl Micro y Macro | Determinación de Nitrógeno total. |
| Carbohidratos | Examen general de | Color de la reacción con |

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

| | | |
|---------------------|--|---|
| | Molisch | naftol. |
| Fibra | Digestión para fibra cruda | Hidrólisis enzimática y dietética. |
| Minerales y cenizas | Mufla a 550°C | Determinación total de cenizas por diferencias de peso; determinación de cenizas solubles e insolubles. |
| Enzimas | Catalasa y peroxidasa | Reacciones químicas con H ₂ O ₂ , y otros indicadores. |
| Vitaminas | Reacciones químicas específicas, o bioensayos para cada vitamina | Se deben seguir protocolos de análisis de vitaminas |
| pH, acidez | Concentración del ion hidrógeno; pHmetro o titulación | Medición de la alcalinidad o acidez. |
| Cloro | Titulación química | Medición del cloro residual. |

Mediciones Físicas

Color

Físicamente el color es una característica de la luz, que puede ser medible en términos de intensidad (energía radiante), onda y longitud. Fisiológicamente el color se limita simplemente a una banda del espectro visible entre 380 y 770 milimicrones (m μ), los cuales son perfectamente visibles y por lo tanto perceptibles para el ojo humano. Y para términos de este trabajo se adaptara la siguiente definición: el color es una característica de la luz, es aquella parte de la energía radiante la cual el humano puede percibir y ser sensible a esta, provocando una estimulación en la retina del ojo. (Sociedad Óptica de Estados Unidos de Norteamérica, 1944). El color es una sensación que un individuo experimenta cuando la energía en forma de radiación (dentro del espectro visible), entra en la retina del ojo. Sin luz, el color no existe; el color no es una característica inerte del objeto, ya que un objeto, emite, transmite o refleja la luz de una cierta distribución espectral la cual es trasladada por un complejo entre el ojo, el nervio y el cerebro en el color responsable.

El color percibido por el ojo depende de:

- la composición espectral de la fuente luminosa.
- Las características físicas y químicas del objeto o del colorante, y por último
- La sensibilidad espectral del ojo observador.

La evaluación del color tanto en productos frescos como en productos procesados, día a día toma mayor importancia, por ejemplo, en la industria hortícola (frutas y verduras), tanto en productos frescos como en productos procesados el color es una característica de calidad de suma importancia, pues con la evaluación de esta característica se puede aceptar o rechazar un lote. Y

por esta medida, se llega a la necesidad de medir y controlar el color en la mayoría de los productos alimentarios, tanto como control de calidad interno, como para ofrecer al consumidor la calidad que se merece. La variación de un color no solo demerita la calidad del producto, sino que puede evidenciar los cambios en el sabor y en la consistencia, ya que en productos como el jitomate, el color y el cuerpo dependen de la cantidad de constituyentes de este. Hoy día, existen instrumentos electrónicos que son capaces de medir y calificar el color de productos como pueden ser el jitomate, naranjas y papas entre otros; estos aparatos no solamente son utilizados en laboratorios; sino que algunos de ellos se utilizan directamente en el campo, como parte del equipo de cosecha, y otros se utilizan en la línea de producción en fábrica; estos aparatos están diseñados para responder a una gran gama de colores con mínimas diferencias.

En la inspección visual del color de los alimentos, se han dado grandes errores; ya que la inspección se ha llevado a cabo a distintas horas; con condiciones de climas diferentes, con localización geográfica indistinta y en diferente época del año, así mismo, en otras ocasiones la fuente luminosa no emite la suficiente energía radiante para poder estar dentro de los visibles; es por esta razón que la Comisión Internacional de Iluminación, estableció 3 estándares de iluminación:

- Fuente de Iluminación A: lámpara incandescente 2854K (2580.85°C)
- Fuente de Iluminación B: luz solar de medio día 5000 K (4726.85°C)
- Fuente de Iluminación C: luz de un día nublado o luz del norte 6800 K (6526.85°C)

Reología: viscosidad y consistencia.

La viscosidad y la consistencia es una propiedad muy importante en los alimentos, entre ellos: la catsup, la mayonesa, los jugos, cremas, gelatinas, jarabe entre otros; la medición de estos factores de calidad no solo indica la consistencia de un producto terminado; sino también es una gran herramienta en el control de la calidad de la materia prima, o del producto en diferentes puntos de su procesamiento, para con esto predecir la consistencia final del producto.

La viscosidad puede llegar a ser un importante criterio de disgregación o de polimerización como puede ocurrir en un proceso de hidrólisis de proteína o pectina, también puede ser utilizada en la constitución de polímeros como los polisacáridos o en la determinación de pesos moleculares.

Definiciones.

Los líquidos fluyen como si estuvieran compuestos por capas individuales, la fricción resultante de la resistencia a fluir entre las capas del líquido a la resistencia ofrecida por una sustancia a la deformación cuando se le aplica una fuerza es denominado *consistencia o aparente viscosidad* (G.V. Reklaitis, 1989).

Esta resistencia es el resultado del movimiento de moléculas en el interior del líquido propias al movimiento Browniano y las fuerzas intermoleculares de cohesión. Algunos fluidos los cuales son químicamente puros y físicamente homogéneos son *Fluidos Newtonianos* tienen un valor constante de consistencia

si la presión y la temperatura son constantes; para estas sustancias la consistencia usualmente es llamada *viscosidad* o *viscosidad absoluta* (Perry, 1950). Sin embargo, el término *consistencia* es comúnmente utilizado para productos que no son químicamente puros y físicamente heterogéneos, los cuales son conocidos como *Fluidos Newtonianos*. En otras palabras, un fluido puede diferenciarse de un sólido por su comportamiento cuando se somete a un esfuerzo (fuerza por unidad de área), cuando un fluido se somete a un esfuerzo aplicado, se deforma, y esta deformación es continua, esto es, el flujo aumenta al incrementarse el esfuerzo. La *viscosidad* es la propiedad de un fluido que da lugar a fuerzas que se oponen al movimiento relativo de capas adyacentes en un fluido.

La *fluidéz* o *flujo*, expresa la tendencia de un líquido a seguir su camino, mientras que la *viscosidad* es un medio de resistencia del líquido de seguir su camino, el flujo es lo contrario a la viscosidad. (Joslyn, 1950).

Tipos de fluido.

Cuando un fluido fluye a través de un canal cerrado, esto es, una tubería o entre dos placas planas, se presentan dos tipos de flujo, dependiendo de la velocidad de dicho flujo, a bajas velocidades el flujo tiene a fluir sin mezcla lateral y dichas capas adyacentes se resbalan unas sobre otras, en este caso no hay corrientes cruzadas perpendiculares a la dirección del flujo, ni tampoco remolinos de fluido. A este régimen o tipo de flujo se le llama *flujo laminar*. A velocidades más altas se forman remolinos lo que conduce a una mezcla lateral a este se le llama *flujo turbulento*.

Ley de Newton, Fluidos Newtonianos y No Newtonianos.

La ley física que gobierna la viscosidad de los fluidos es la ley definida por Isaac Newton, que establece lo siguiente: la viscosidad o el coeficiente de fricción interno, de un fluido dado, es independiente de la velocidad cortante a la fuerza cortante aplicada a un fluido (Geankoplis, 1982).

Los fluidos Newtonianos, obedecen la Ley de la Viscosidad de Newton, en estos fluidos existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad (velocidad cortante). Esto significa que la viscosidad permanece constante e independiente de la velocidad cortante. Para fluidos No Newtonianos, la relación entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad no es lineal, es decir, la velocidad no permanece constante sino que es una función de la velocidad cortante, en otras palabras, la viscosidad es una constante independiente de la velocidad cortante.

Los fluidos No Newtonianos se dividen en dos:

- a) Fluidos en los que el esfuerzo cortante es independiente del tiempo o duración de la acción cortante (independiente del tiempo).
- b) Aquellos en los que el esfuerzo cortante depende del tiempo o duración de la acción cortante (dependientes del tiempo).

Algunos fluidos No Newtonianos también tienen características elásticas, y son función del tiempo, se les llama *viscoelásticos* y se dividen a su vez en dos:

FLUIDOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO

- Fluido plástico de Bingham
- Fluido pseudoplásticos
- Fluidos dilatantes

FLUIDOS DEPENDIENTES DEL TIEMPO

- Fluidos tixotrópicos
- Fluidos reopéticos

Sistemas de Medición en Reología.

Existen diversos instrumentos para medir la viscosidad y a consistencia de un producto alimentario, y entre ellos encontramos en primera instancia:

A) Viscosímetros.

Viscosímetro de Ostwald.

Uno de los métodos más ampliamente utilizados para determinar la viscosidad de fluidos puros es el principio de Poiseville, y este viscosímetro es el mejor instrumentos para medir la viscosidad, haciendo pasar el fluido por un tubo capilar.

Los resultados son calculados por el tiempo que tarde el líquido en pasar por el tubo capilar una cierta distancia, mientras que el capilar esta siendo sumergido en un baño de agua a temperatura constante; con el viscosímetro de Ostwald, las determinaciones dan resultados en viscosidad relativa. Es necesario saber escoger el capilar adecuado tanto en diámetro como tamaño (longitud).

La objeción a este tipo de viscosímetro es que la fuerza hidrostática no es constante, la presión en la cabeza del capilar decrece proporcionalmente como la columna de líquido decrece, este tipo de problemas se ha tratado de mejorar, haciendo modificaciones.

Por último, el viscosímetro Jelmeter desarrollado por la Estación experimental de Agricultura de Delaware, U.S.A., es una versión simple del viscosímetro de Ostwald, y es utilizado para determinar las proporciones adecuadas en la producción de jaleas y mermeladas.

Viscosímetro EFFLUX.

Este tipo de viscosímetro tiene como principio pasar el fluido por un orificio pequeño; es el más simple; y generalmente se emplea para realizar comparaciones entre productos, sin una interpretación física muy estricta, y los resultados obtenidos se reportan como el tiempo de recorrido de un volumen determinado del material a prueba, que pasa a través de un orificio pequeño bajo temperatura constante. La cantidad de líquido a utilizar y el tamaño del orificio está sujeto a infinitas variables, es por ello que no es muy utilizado, pero a pesar de esto existe una gran variedad:

- El viscosímetro de Saybolt, el cual es utilizado para la industria petrolera.
- El Engler y Scott con pequeñas variaciones del Saybolt.
- El Ford, parecido al Saybolt, pero sin baño de agua a temperatura constante.
- El Zahn, no muy preciso

- El EFFUX modificado conocido como GOSUC que mide la consistencia; fue desarrollado en los Laboratorios de Proceso y Tecnología de la Universidad del Estado de Ohio, U.S.A.

Viscosímetro de penetración de peso.

Este tipo de viscosímetro miden el tiempo que tarda un peso en penetrar un tubo que contiene la sustancia a investigar o a probar. La pesa puede tener varias formas, como puede ser un disco, o un espiral, el rango de este tipo de pruebas puede variar debido al tamaño de la pesa, a su forma, al peso específico de la pesa, etc. El Gardener opera con base en este principio; y mide la consistencia tomando el tiempo que requiere un émbolo a caer entre dos puntos de referencia; y los resultados pueden ser expresados como el producto del tiempo y la pesa, dividido entre la distancia recorrida por el émbolo. Puede ser utilizado en la determinación de aceites, jarabes, productos densos derivados de lácteos, mayonesa y productos de tomate.

Viscosímetros rotatorios.

Rotación de un huso o cilindro en la sustancia prueba.

Otro viscosímetro usado en la industria es aquel que consta de un huso o un cilindro rotatorio, el cual es introducido en la sustancia prueba, este instrumento mide la resistencia que tiene la sustancia prueba, este instrumento mide la resistencia que tiene la sustancia a la rotación del cilindro. También pueden ser clasificados como viscosímetro de torsión, ya que los resultados son obtenidos del esfuerzo de torsión de la parte rotatoria del instrumento. El instrumento gira a revoluciones constantes, y esta graduado de manera que la lectura sé de directo en centipoise. Este tipo de viscosímetros se han utilizado en alimentos como: productos de jitomate, mayonesa, aderezos, y productos lácteos.

Entre este tipo de viscosímetros se encuentra el Stromer, este mide la viscosidad o consistencia utilizando otro sistema parecido: este toma el tiempo que tarde el cilindro en dar determinadas vueltas mientras permanece sumergido en la sustancia muestra, y la muestra puede o no estar sumergida en un baño a temperatura constante de agua o aceite. Cabe mencionar que este cilindro rotatorio tiene un peso específico y al aumentarlo, se aumenta el esfuerzo cortante.

Rotación de la sustancia muestra alrededor del cilindro.

Muchos viscosímetros de este tipo son también considerados como de torsión, entre ellos se encuentra el viscosímetro de MacMichael y el electroviscosímetro de Fischer.

Viscosímetro de vibraciones ultrasónicas.

Este tipo de viscosímetros mide la viscosidad de una muestra electrónicamente, por medio de un magneto que vibra longitudinalmente.

B) Consistómetros.

La velocidad de fluido de un material en un determinado periodo de tiempo, es el principio involucrado en cierto tipo de consistómetros para materiales tipo fluidos plásticos, como lo son el puré de manzana y la catsup, el consistómetro de Bostwick mide la consistencia de un material, por medio de cronometrar el tiempo

que el fluido tarda en recorrer cierta distancia, esto en un tipo de "riel" de metal que consta de una puerta la cual sirve para retener o dar paso al material. Al abrir la puerta el material a prueba sale al riel y recorre cierta distancia. Este aparato es utilizado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica.

Existe otro tipo de consistómetro, el de Adams, el cual trabaja bajo el mismo principio, con la diferencia que este maneja un disco el cual tiene 20 círculos concéntricos; la muestra se coloca en el círculo central y se va expandiendo en todas direcciones, después de treinta segundos se mide la distancia recorrida, y se ve hasta que círculo llega.

Textura

Las características de textura como: suavidad, fragilidad, tostado o firmeza, son algunos de los atributos más importantes en un alimento.

Cada alimento difiere entre uno y otro tanto es su estructura como en sus propiedades físicas, esto por varias razones:

- Propiedades intrínsecas al producto por su forma de haber sido cosechado
- Diferencia de madurez
- Diferencia en su cosecha y su tratamiento post-cosecha
- Diferencias causadas los procesos de producción.

A lo largo de los años se han logrado desarrollar aparatos que son capaces de medir estas diferencias, y generalmente estos aparatos se basan en la aplicación de una fuerza, de una u otra manera, cortando, ejerciendo fuerza de compresión o estirando.

Principios de medición.

A pesar de la gran cantidad de instrumentos existentes, los principios básicos son los mismos; muchas de las sensaciones que se miden tienen en común el resistir la fuerza que se esta aplicando (a los alimentos en prueba), por lo que en general las medidas obtenidas serán en términos de fuerza o libre, y esta fuerza puede ser aplicada en diferentes maneras, o en una combinación de estas.

- Compresión: esta fuerza se refiere a "apretar" todo el material de prueba, con el fin de que este ocupe menor espacio, pero se sigue manteniendo como una sola unidad, es decir, sin romperse.
- Separación: la resultante de aplicar este tipo de fuerza a un material de prueba, con el fin de separar en 2 o más partes el material de prueba, como si fuese una separación en capas.
- Cortar: esto ocurre cuando la fuerza aplicada es con el fin de que el material se divida de manera que se mantengan en sus posiciones originales respecto a cada una de las partes.
- Tensión: esta aplicación de la fuerza se da de manera opuesta; es decir, el material es jalado para que este se separe; como si se quisiera rasgar; este tipo de prueba se utiliza con mayor frecuencia en la industria textil, sin

embargo, se llega a utilizar en la industria alimentaria según el protocolo de la FDA.

- Separación con presión: es una combinación de dos fuerzas, primero se comprime, y después una fuerza de separación del alimento, existen instrumentos como el texturómetro que actúan así.

Instrumentación.

El desarrollo de este tipo de instrumentos comenzó a partir del año de 1971, cuando el profesor O.M. Morris quiso averiguar el grado de madurez de las frutas. El fin de estas pruebas es ver el tiempo de maduración, el tiempo de cocción, las proporciones correctas de una formulación, y el tiempo de vida de anaquel.

- Aparatos de compresión.

Generalmente estos aparatos son utilizados para frutas y constan de un émbolo (varia su tamaño), que está adherido o conectado a un tipo de medidor el cual está calibrado. Al introducir el émbolo a presión en la fruta, el medidor irá marcando la presión (en libras), que se necesita para introducir el émbolo en la fruta a cierta distancia dada; este aparato es conocido como el Medidor de presión Magness-Taylor. Existen modificaciones a este aparato, en el cual el émbolo no penetra la fruta y se utiliza un contacto eléctrico que tiene una luz que enciende en el momento en que siente una máxima presión.

Existe otro aparato para probar la dureza de unos productos como los granos de maíz y chícharos; es el método del pinchazo; llamado así, por que en vez de utilizar un émbolo, se utiliza una aguja, que tiene el mismo principio que el aparato anterior, con el único cambio que la fuerza utilizada para penetrar el maíz, es un líquido, el cual es quien ejerce la presión, conforme se va llenando una especie de "tanque", va ejerciendo presión en la aguja y esta a su vez va penetrando en la fruta.

Otro aparato de compresión es el Suculometer, desarrollado en la Universidad de Maryland, E.U.A., aquí el parámetro de calidad, es la cantidad de jugo que se puede extraer de una uva; el mecanismo es el siguiente: usando el principio de compresión indirectamente se presiona una uva bajo condiciones de temperatura y presión constante, midiéndose el extracto obtenido. Este aparato se ha utilizado para conocer la madurez del grano dulce, la calidad de las manzanas y más. Otros investigadores como Briskey et al. Han utilizado el principio de compresión para medir la elasticidad y extensibilidad del músculo de la carne durante el rigor mortis.

- Aparatos de Separación

Los tres elementos que se contemplan en este tipo de fuerza, fueron creados originalmente para medir la madurez de las frutas, en específico de peras destinadas a un proceso industrial, hoy día se aplican para varias pruebas más.

El Tenderómetro (Tenderometer), es un aparato de suma precisión simula ser una especie de mandíbulas, que come la fruta en cuestión, pero en contraste con la boca, en este caso, la barra inferior está en constante movimiento y la barra

superior permanece quieta. La fruta primero es comprimida, y después es mezclada con el material extraída de ella misma, estos movimientos se realizan, en combinación de un motor eléctrico y un sistema hidráulico. La fuerza en libras por pulgada² es indicada por un contador que esta sincronizada con las mandíbulas. Este aparato es difícil de calibrar.

Están también el texturómetro, aparato lejos de ser preciso y por tanto poco usado, y por último esta el Maturómetro, que es muy parecido al texturómetro.

- Aparatos de Corte

Dentro de esta fuerza, se encuentra el fibrómetro, específico para medir la fibrosidad en tallos de espárragos. El instrumento consiste en un aparato que tiene un canal para colocar el tallo del espárrago, este canal, tiene hendiduras cada 0.5 pulgadas, para permitir el paso de un alambre fino y delgado de 0.035 pulgadas de diámetro, que sirve para cortar transversalmente el tallo, este alambre tiene pegado en un extremo una pequeña pesa de 3 libras o menos. En cualquier hendidura por donde el alambre sea incapaz de pasar, se considera automáticamente un espárrago fibroso.

Otro aparato desarrollado por Kramer et al., es el medidor de fibrosidades a presión, con el fin de hacer el fibrómetro más versátil y para probar diferentes tipos de tallos, de diversos tamaños y frutas.

- Aparatos de separación con presión

Actualmente este tipo de pruebas son combinaciones de fuerzas entre compresión y fuerza de presión, estas pruebas simulan la acción de los dientes que primero imprimen una fuerza de compresión, y después tratan de separar la comida mediante la masticación. En un principio se media mediante personas masticando por horas (Hamington y Pearson). Tiempo después se desarrollaron unas "dentaduras plásticas" operadas mecánicamente y de estas se sacaban unas curvas para interpretar.

Hoy día se han desarrollado instrumentos para medir la presión de separación que utiliza algunos principios del texturómetro y tenderómetro, pero más versátil. La unidad básica consiste en un sistema hidráulico que mueve un pistón que se ajusta de 15 a 100 veces por segundo, y este es impulsado por un motor mecánico. Ha servido para medir la madures de las peras, limas y también del pollo.

Forma, Tamaño y figura.

El tamaño y la forma son por lógica factores de calidad y generalmente pueden ser medidos y controlados de una manera tan fácil que en ocasiones son pasados por alto. Dentro de la elaboración de estándares de calidad en productos alimentarios, uno de los primeros pasos que se realizan es elaborar una escala en donde se reflejen todos los tamaños y todas las formas de la materia prima; esto puede ser realizado en planta por operadores manuales o por medios mecánicos. El fin de esta escala, no solo es el de obtener una uniformidad, sino también el de proporcionar al cliente la calidad que pide. Así mismo, esta escala puede servir para facilitar las operaciones subsecuentes, como lo es el pelado,

cortado o una operación de mezclado, esta escala indirectamente también puede proveer otro tipo de atributos de calidad.

El Sistema General de Unidades de Medida se integra, entre otras, con las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades: de longitud, el metro; de masa, el kilogramo; de tiempo, el segundo; de temperatura, el Kelvin; de intensidad de corriente eléctrica, el ampere; de intensidad luminosa, la candela; y de la cantidad de sustancia el mol, así como con las suplementarias, las derivadas de las unidades base y los múltiplos y submúltiplos de todas ellas

Peso

Las medidas de peso, así como las de longitud, lógicamente son obtenidas de un estándar, es decir, se tiene un patrón nacional correspondiente a cada magnitud. El peso debe ser reportado como peso total, peso por unidad, porcentaje por arriba o debajo del pase necesario. La aplicación más común de la medida de peso, es para el llenado de algún contenedor de un producto alimenticio (lata, bolsa, etc.), o para referirse a la masa drenada de algún contenedor. Cuando la uniformidad del tamaño es importante para la calidad, es necesario pesar cada unidad de un producto.

Volumen

La medida del volumen, viene acompañada por una determinación del espacio ocupado por el material a medir. Una de las medidas, puede ser el aparente desalojo de un líquido, en este caso no cuenta el espacio de aire entre cada unidad y otra; u otra es el desalojo total, que si cuenta el espacio de aire entre cada unidad. El *desplazamiento aparente* muy utilizado en términos de unidades por contenido o porción, así como el número de naranjas por bolsa, número de duraznos en lata, etc., o en la etiqueta de información nutrimental el número de piezas por ración. Para obtener la medida de desplazamiento absoluto, la unidad o unidades pueden ser inmersas en un líquido; y el cambio de nivel de líquido se notará, por ejemplo, como medio puede ser agua, la cual se coloca en un cilindro donde se marca el nivel de esta 10 mL., al introducir un frijol el nivel del agua subirá a 12 mL., entonces con esto se puede decir que el volumen del frijol o el desplazamiento absoluto del frijol será igual a lo siguiente: $12 \text{ mL} - 10 \text{ mL} = 2 \text{ mL}$. En particular, cuando se trata de material tan pequeño como el frijol, la medida sería de varios frijoles, no solo de uno, y el volumen se reportaría como volumen total/número de unidades.

Radio

Para medir el tamaño de algún producto, se puede utilizar simultáneamente dos unidades: el radio, que no es estrictamente una expresión de tamaño, pero es mejor que la densidad del producto; de esta manera la densidad absoluta esta definida como masa (peso) por unidad de volumen y la densidad relativa como la relación de la densidad de una sustancia a una temperatura dada y la densidad de un estándar generalmente el agua a la misma temperatura.

Diametro-largo y ancho

Las medidas de largo, diámetro y ancho, son utilizadas para muchos productos, especialmente cuando el producto requiere uniformidad de tamaño, o cuando se tiene estipulado un tamaño máximo y un mínimo. Para estas mediciones se pueden realizar con reglas y más específicamente con el vernier o un micrómetro, para mediciones rápidas y de numerosos productos, se puede utilizar tamices de diferentes tamaños uno sobre otro. El radio de un producto, así como su anchura puede servir para caracterizar un producto, individualmente o en conjunto.

Defectos

Los defectos también se miden o califican en el momento de realizar un estándar, las "imperfecciones" se dan cuando a un producto le falta algo para llegar a la perfección (Anon, 1969). Con respecto a este punto, un estándar no debe decir si un producto es defectuoso o no, sino determinar si una unidad tiene un defecto particular de tal magnitud que no puede ser aceptado. Al hablar de escalas de defectos en alimentos las tolerancias pueden ser establecidas en base al número de defectos permitidos por unidad.

Clasificación de los defectos

Los defectos pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Genético-fisiológicos
- Entomológicos
- Patológicos
- Mecánicos
- Y presencia de material extraño.

Defectos genéticos – fisiológicos

Estos defectos ocurren como resultado de anomalías heredadas en materia prima; o por los efectos que causa un medio ambiente inadecuado durante la cosecha y la maduración de un producto. Las funciones normales del metabolismo pueden ser afectadas por temperatura, agua en exceso, nutrimentos proporcionados y aberraciones genéticas, estos efectos a la larga pueden ser subdivididos como:

- a) Defectos estructurales
- b) Defectos de decoloración
- c) Defectos en el desarrollo de ciertos tejidos anormales.

Defectos entomológicos

Los insectos causan daño a una gran cantidad de materia prima para alimentos de todo tipo; y son por tanto, uno de los principales causantes de defectos. Los daños pueden ser directos, como resultado de las actividades propias del insecto, y en otras ocasiones, los daños son indirectos, como es el hecho de que los insectos pueden traer plagas que acaben con la cosecha.

Los hoyos y cicatrices que presentan algunas materias primas, son causados principalmente por insectos, en partes blandas del producto los hoyos pueden encontrarse sobretodo en productos como maíz, frijol y tomates.

Defectos patológicos

Algunos plantíos enteros son desperdiciados o utilizados como materia prima para productos de baja calidad; esto debido al resultado de la acción de bacterias, hongos y virus. Debido a estos, los plantíos pueden llegar a ser desfigurados y deformes, y estos no solo se dan en la superficie del producto, sino también en el interior. Las infecciones patológicas pueden hacer más que simple alteración en el físico del producto.

Defectos mecánicos.

Los defectos mecánicos se refieren a todos aquellos defectos de naturaleza física, que de cierta manera, son imposibles de eliminar y la gravedad del daño puede ser regulado de cierta manera, cuidando el manejo de la materia prima, es decir, cuidando su transportación, empaquetado y utilización del equipo adecuado. El defecto mecánico más notorio es el del rompimiento de tejido, lo que desencadena otro tipo de reacciones.

Mediciones químicas

Humedad

El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia por muchas razones entre ellas: sirve para determinar la calidad comercial, para observar el control de calidad del producto, para cumplir un límite máximo o mínimo y como protección al producto; pero su determinación precisa es muy difícil. El agua se encuentra en los alimentos esencialmente en dos formas: como agua enlazada y como agua disponible o libre; el agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares, mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con "facilidad" por evaporación o secado.

La mayoría de los métodos da resultados reproducibles si se siguen con cuidado las metodologías.

Métodos de secado

Estos métodos incluyen la determinación de la pérdida de peso debido a la evaporación de agua en el punto de ebullición o temperaturas cercanas a él. Aunque se utilizan con frecuencia por que al considerarlos sobre una base comparativa dan resultados precisos, es necesario recordar que el resultado obtenido puede no ser una medida verdadera del contenido de agua en la muestra. En algunos alimentos sólo una porción del agua presente se pierde a la temperatura de secado; el resto (agua ligada), es difícil de eliminar y está asociada con las proteínas presentes. La proporción de agua perdida aumenta al elevar la temperatura; por lo tanto, es muy importante comparar sólo los resultados obtenidos utilizando las mismas condiciones de secado, más aún, si es factible

que ocurra alguna descomposición, es recomendable usar una temperatura menor de secado, y aplicar vacío.

Durante el proceso de fabricación de alimentos se puede efectuar determinaciones rápidas de humedad en forma aproximada utilizando hornos especiales que operan a temperaturas altas. Otros contienen lámparas infrarrojas para secado e incorporación de lecturas directas del peso aproximado. Un método sencillo aprobado por la AOAC es el siguiente:

Pesar de 2 a 3 gramos de muestra preparada, en un pesafiltro con tapa que ha sido previamente pesado después de ponerlo a peso constante 2 horas aproximadamente a 130°C. Secar la muestra 2 horas a la estufa a 100 – 110°C. Retirar de la estufa, tapar, dejar enfriar en el desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente. Repetir las operaciones de secado hasta peso constante. Calcular el porcentaje de humedad, reportándola como pérdida por secado a 100-110°C.

Secado por destilación

Estos métodos incluyen la destilación del alimento usando un disolvente no miscible con puntos de ebullición mayor y gravedad específica menor a la del agua, como tolueno, heptano y xileno. El agua destilada queda debajo del disolvente condensado en el recipiente graduado que mide el volumen de la fase acuosa. Cerca del extremo del receptor de destilación se introduce un alambre largo o "gendarme" en el tubo condensador para liberar el agua que pudiera estar adherida y hacerla llegar al recipiente graduado. Aunque los resultados obtenidos con frecuencia son bajos, tiene la ventaja de que requiere poca atención una vez montado el aparato y los aceites volátiles de la muestra destilan con el disolvente y no se miden.

Secado por métodos químicos

Este método es utilizado para alimentos como frutas deshidratadas y chocolates. Fue desarrollado por Karl Fischer, para la determinación de agua por titulación que tiene una gran sensibilidad, este método se basa en la relación estequiométrica de agua con yodo y dióxido de azufre en una solución de piridina metanol. Aunque el punto final de la titulación se puede determinar en forma visual, generalmente se emplean algunos instrumentos electrométricos. En forma rápida el método es el siguiente:

- Etapa I. Estandarización del reactivo de Karl Fischer. Con esto nos indica el contenido de agua en el reactivo, titulación con dimetil-formamida (vire amarillo), se agrega tártaro de sodio (0.25 mg.).
- Etapa II. Titulación de muestras. Titulación con reactivo de KF muestra de 10 mL. Disueltos en DMF, registrar mL. Gastados.
- Etapa III. Titulación DMF y reactivo.

Secado por métodos instrumentales

Una gran variedad de métodos instrumentales basados en principio físicos o fisicoquímicos se han aplicado para la determinación de la humedad. Muchos de éstos se han desarrollado para obtener resultados rápidos sobre un gran número de muestras del mismo tipo. Para esto se emplean instrumentos basados

en la resistencia eléctrica, la conductancia y la capacitancia; y más recientemente se ha utilizado la Resonancia Magnética Nuclear, se efectúan determinaciones de la densidad, y el índice de refracción en alimentos húmedos o líquidos. (Kropf, 1984).

Cenizas y Minerales.

La ceniza de un producto alimentario es el residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. La ceniza obtenida no tiene necesariamente la misma composición que la materia inorgánica del alimento original, ya que puede haber pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los componentes. El valor de cenizas se puede considerar como una medida general de calidad, y a menudo es un criterio útil en la identificación de la autenticidad de un alimento. Cuando un existe un valor alto en cenizas sugiere la presencia de una adulteración inorgánica.

Determinación de cenizas totales

El método general para la determinación de cenizas totales consiste en lo siguiente: Pesar de 3 a 5 gramos de muestra en un crisol de sílice previamente pesado, después de ponerlo a peso constante 2 horas aproximadamente en la mufla a 600°C (la muestra no debe sobrepasar el crisol), la muestra previamente ha sido calcinada, enfriada y pesada. A continuación el crisol y su contenido se incineran, primero de forma suave, con flama baja o una lámpara de luz infrarroja hasta que se carboniza y luego en mufla a 500 – 550°C. Repetir la operación anterior si es necesario, hasta conseguir unas cenizas blancas o ligeramente grises, homogéneas, enfriar en desecador y pesar.

Cenizas solubles e insolubles en agua

Las cenizas se llevan a ebullición con 25 mL de agua y el líquido se filtra a través de un papel filtro libre de cenizas que luego se lava perfectamente con agua caliente, después el papel filtro se incinera en la cápsula original, se enfría y se pesa para determinar las *cenizas insolubles en agua*;

$\text{Ceniza soluble en agua}(\%) = \text{Ceniza total}(\%) - \text{Ceniza insoluble en agua}(\%)$

Cenizas insolubles en ácido

Las cenizas insolubles en agua se llevan a ebullición con 25 ml de ácido clorhídrico diluido, durante 5 minutos, el líquido se filtrará a través de papel filtro libre de cenizas y se lava perfectamente con agua caliente. Este papel, se incinera en el crisol original, se enfría y se pesa.

Cenizas sulfatadas

El procedimiento consiste en humedecer las cenizas con ácido sulfúrico concentrado e incinerar suavemente hasta lograr un peso constante. La ceniza sulfatada es un valor más confiable para muestras que contienen cantidades variables de sustancias inorgánicas volátiles que se pierden a la temperatura de incineración utilizada.

Grasa cruda o extracto etéreo

Los constituyentes grasos de los alimentos son diversas sustancias lipídicas (Hannant, 1982), el contenido de grasa, o extracto etéreo, es aquel que puede ser

extraído por los disolventes menos polares, como fracciones ligeras de petróleo y éter etílico, o por disolventes un poco más polares. Dando una definición más firme, la grasa es el material soluble en disolventes orgánicos, siendo un material insoluble en agua, con puntos de fusión bajo y que aportan 9 kcal/g.

Métodos de extracción directa con disolventes

El contenido de lípidos extraíbles, que básicamente consiste en grasas neutras (triglicérido) y ácidos grasos libres, se determinan sin mayor problema en los alimentos por extracción de material seco y molido con una fracción ligera de petróleo o con éter etílico en un aparato de extracción continua. Existen varios métodos y en el presente trabajo se verán únicamente tres de estos métodos.

- **Método de Soxhlet**

Poner a peso constante un matraz de bola de fondo plano con perlas o piedras de ebullición en estufa a 1000°C, aproximadamente 2 horas.

Pesar de 4 a 5 gramos de muestra sobre un papel, enrollado y colocarlo en un cartucho de celulosa, tapar con un algodón, sin apretar el algodón contra la muestra, y colocar el cartucho en el exterior.

Conectar el matraz al extractor y éste al refrigerante, agregar dos cargas de éter etílico por el refrigerante y calentar el matraz con parrilla a ebullición suave.

Una vez extraída toda la grasa, quitar el cartucho con la muestra desengrasada, seguir calentando hasta la casi total eliminación de éter recuperando antes de que se descargue. Quitar el matraz y secar el extracto a 75-80°C por 30 minutos, enfriar y pesar.

- **Método de Goldfisch**

Poner un vaso para Goldfisch a la estufa a 1000°C hasta peso constante.

Pesar de 4 a 5 gramos de muestra sobre un papel, enrollado y colocarlo en un cartucho de celulosa, tapar con un algodón, situar el cartucho en un sostén o recipiente con el fondo perforado y colocarlo en el sostenedor del equipo.

Adicionar en el vaso para Goldfisch aprox. 40 mL de éter etílico y colocarlo en el equipo mediante un anillo metálico, calentar hasta extracción completa de la grasa.

Al finalizar, cambiar el sostenedor del cartucho por un recipiente sin perforación y calentar de nuevo para recuperar el éter del vaso.

Quitar el vaso del equipo y secar el extracto a 100°C por 30 minutos, enfriar y pesar.

- **Método por extracción de lotes**

Poner a peso constante un matraz bola de fondo plano con perlas o piedras de ebullición en la estufa a 100°C.

Pesar 25 gramos de la muestra y colocarla en un matraz aforado de 100 mL., adicionar el disolvente hasta la marca del aforo.

Realizar una extracción agitando cada 5 minutos durante 1 hora, filtrar (recuperando en el matraz de fondo plano), repetir la operación (dos veces) con 50 mL. De disolvente cada uno, agitando durante 15 minutos cada vez.

Evaporar el disolvente hasta sequedad utilizando un rotavapor.

Eliminar el disolvente remanente en una estufa a 75-80°C, hasta llegar a peso constante.

Cuantificar los lípidos extraídos. Calcular el porcentaje de grasa.

Proteína, proteína cruda o proteína bruta.

Hasta hace poco, el contenido total de proteínas en los alimentos se determinaba a partir del contenido de nitrógeno orgánico determinado por el Método Kjeldahl. En la actualidad, existen varios métodos alternativos físicos y químicos, algunos de los cuales han sido automatizados o semiautomatizados.

Método Kjeldahl

El método Kjeldahl es la técnica más confiable para la determinación de nitrógeno total el cual incluye: proteína, nitritos, bases nitrogenadas, ácidos libres y urea. Este método se base en la combustión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos y otro tipo para reducir el nitrógeno de la muestra hasta amoniaco, el cual queda en solución en forma de sulfato de amonio, este una vez alcalinizado, se destila directamente o por arrastre con vapor para desprender el amoniaco, el cual es atrapado y después es titulado. La titulación es para el exceso de ácido, ya sea con una solución de NaOH 0.1N, y en caso de recibir con ácido bórico, con una solución de HCl 0.1N. Se debe hacer lo mismo con un blanco empleando la misma cantidad de papel, calcular el % de proteína considerando las reacciones.

Con el tiempo se han desarrollando adaptaciones al método Kjeldahl, haciendo más rápido el proceso y es llamado micro y semi-micro Kjeldahl, y estas técnicas están reconocidas como métodos dentro de la AOAC.

Factores de conversión de nitrógeno a proteína cruda

En la determinación del nitrógeno total por el Método Kjeldahl, se debe hacer una última relación para obtener el nitrógeno proteínico, estos factores son los mas utilizados para convertir nitrógeno en proteína cruda. Los factores recomendados por la FAO/OMS (1973):

| | |
|-------------------------|------|
| Trigo (harina integral) | 5.83 |
| Arroz | 5.95 |
| Avena, centeno | 5.83 |
| Maíz | 6.25 |
| Leche y derivados | 6.38 |
| Huevo, carne, frijol | 6.25 |

Hidratos de Carbono (Carbohidratos)

Existen diferentes métodos para analizar carbohidratos, aunque es necesario primero realizar una clarificación al alimento, esto con el fin de eliminar interferencia, y después aplicar cualquiera de los métodos conocidos:

- Munson-Walker
- Fehling
- DNS (ácido dinitrosalicílico)
- Fenol-Ácido sulfúrico
- Fenil-triazolio

Fibra cruda y fibra dietética

Fibra cruda.

La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda poco después de tratar la muestra con petróleo ligero, ebullición con ácido sulfúrico diluido, ebullición con hidróxido de sodio diluido, con ácido clorhídrico diluido, con alcohol y por último por éter. Este tratamiento deja una fibra cruda que consiste en celulosa, cierta porción de lignina y hemicelulosa contenidas en la muestra original.

Fibra Dietética

La fibra dietética se considera importante para mantener la salud como el suministro adecuado de nutrientes absorbibles. La falta de una clara definición química de la fibra en la dieta ha impedido el desarrollo de un método sencillo de análisis de aceptación general, sin embargo, existe una combinación de procedimientos enzimáticos y gravimétricos que incorpora una digestión con alfa-amilasa estable al calor y una precipitación de fracciones solubles de fibra de la dieta mediante adición de etanol. Y esta aceptado como método de la AOAC, a continuación se describe el método: primero se gelatiniza e incuba con alfa-amilasa, se lleva a un pH de 6.0 por 30 minutos a 100°C; después se incuba con proteasa, se lleva a un pH de 7.5 por 30 minutos a 60°C; se vuelve a hacer otra incubación con amilglucosidasa, a pH de 4.5 por 30 minutos a 60°C. Después se realiza un precipitado con cuatro volúmenes de etanol, se filtra y se lava con alcohol y acetona, se seca y se pesa.

Acidez titulable y pH

La acidez se mide por titulación con un álcali hasta un punto final que depende del indicador seleccionado, y el resultado se expresa en términos de un ácido dado. El valor de la titulación no indica si los ácidos presentes son fuertes o débiles; sin embargo, si se efectúa una titulación potenciométrica. El valor del pH se puede definir como el logaritmo común del número de litros de solución que contienen el equivalente de 1 g de ion hidrógeno:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

El pH de un alimento se mide con un indicador de color o un pHmetro, en las titulaciones ácido-base se usan indicadores los cuales cambian de color a valores de pH específicos. La fenoftaleína cambia de violeta a incolora a un pH cercano a 9.0. Los valores de pH de productos alimenticios que no estén muy coloreados se determinan con facilidad con papel pH. La medición electrométrica con pHmetro resulta sencilla y precisa, algunos cuentan con electrodos construida en forma de varilla sumergible. Existen diversos tipos de electrodos diseñados para propósitos especiales, como los electrodos sensoriales para el examen de carne de res muerta; aunque raras veces se requiere una medición muy exacta de pH en alimentos.

Anexo C. Métodos de evaluación sensorial.

I. Métodos Analíticos (en el laboratorio).

A. *Sensitivos*

- | | |
|---------------|--------------------------|
| 1. Umbral | 2. Diferenciación |
| a) Límites | a) Comparación por pares |
| b) Ajuste | b) Dúo-trío |
| c) Frecuencia | c) Doble referencia |
| | d) Triangular |

B. *Cuantitativo*

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| 1. Gradiente | 2. Duración |
| a) Ordenación | a) Tiempo – intensidad |
| b) Intervalos | |
| c) Estimación por magnitudes | |

C. *Cualitativo*

1. Análisis descriptivo
 - a) Perfil de sabor
 - b) Perfil por dilución
 - c) Perfil de textura
 - d) Análisis cuantitativo
 - e) Análisis descriptivo

II. Métodos afectivos (a nivel consumidor)

A. Aceptación
Aceptación, rechazo cuando no hay opciones

B. Preferencia
Selección entre dos o más opciones

C. Hedónico
Nivel de agrado

Anexo D. Diferentes pruebas sensoriales utilizadas en el establecimiento de estándares de calidad.

A continuación se presentan en forma de cuadro las diferentes pruebas sensoriales que ayudan al establecimiento de estándares de calidad.

Métodos Analíticos

Métodos Sensitivos; Pruebas de umbral

| Nombre | Número de Muestras | Jueces | Análisis de datos | Referencia |
|--|--|-------------------|---|---------------------------|
| <p>a) <u>Prueba de límites</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Umbral absoluto • Umbral de diferencia | Depende de la naturaleza del estímulo (de 4 – 10) | Jueces entrenados | Realizar una gráfica, en base a ella hacer una regresión lineal y calcular el valor de la concentración del estímulo equivalente al 50%. | Pedrero y Pangborn, 1996. |
| b) <u>Prueba de error promedio o por ajustes</u> | 3; una que es la Referencia y otras 2; el número de repeticiones por sesión depende de la naturaleza del estímulo | Jueces estrenados | Se calcula el promedio y la desviación de la evaluación realizada al grupo de jueces. | Pedrero y Pangborn, 1996. |
| c) <u>Prueba de frecuencia</u> | Una referencia que se compara contra una muestra semejante, la cual forma parte de una serie de concentración es variables | Jueces estrenados | Se obtienen datos del número de veces (porciento), que se declaró cada concentración de la serie; se realiza una gráfica y se unen los datos para localizar el punto que corresponda al 50% del eje Y, para proyectar al eje X, y así encontrar la concentración. | Pedrero y Pangborn, 1996. |

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SENSORIAL EN ALIMENTOS

| | | | | |
|---|---------------------------------------|-------------------|---|---------------------------|
| estructurada | utilizar una referencia | | | |
| c) Prueba de estimación por magnitudes o proporciones | Depende de la naturaleza del estímulo | Jueces entrenados | $S = K C^n$ En otros términos: $\text{Log} S = n \text{ log} C + \text{log} K$ | Pedrero y Pangborn, 1996. |
| <u>2. Duración</u> a) Prueba de tiempo-intensidad | Una o varias series de 3 a 5 muestras | Jueces entrenados | Se utiliza de una computadora, que realiza las gráficas necesarias; y se interpretan los resultados | Pedrero y Pangborn, 1996. |

d) Métodos Cualitativos

Análisis Descriptivos

| Nombre | Número de Muestras | Jueces | Análisis de datos | Referencia |
|------------------------------|---|---|--|---------------------------|
| a) Prueba de perfil de sabor | Según el producto de estudio | Jueces entrenados, con habilidades para sabores básicos, de 6 a 10. | No hay análisis estadístico; a) lista de términos descriptivos; b) intensidad de cada atributo c) amplitud. | Pedrero y Pangborn, 1996. |
| b) Perfil de dilución | Se escoge un vehículo con el cual se preparen diversas concentraciones del estímulo | Jueces entrenados | Carece de estructura numérica, los datos se ordenan así: Componentes de los 4 sabores básicos Descripción general Características Notas extrañas | Pedrero y Pangborn, 1996. |
| c) Perfil de textura | Una sola muestra | Jueces entrenados | Se calcula el valor promedio para cada atributo, las marcas en el cuestionario se convierten en cm. | Pedrero y Pangborn, 1996. |

Pruebas de Diferenciación

| Nombre | Número de Muestras | Jueces | Análisis de datos | Referencia |
|---|--|-----------------------------|--|---|
| a) <u>Prueba de comparación por pares</u> | Un par o una serie de pares | Jueces entrenados 3 - 10 | Distribución binomial, Ji cuadrada o tabla de apéndice 2. | Pedrero y Pangborn, 1996. Kramer, 1970, Simone & Pangborn, 1957 |
| b) <u>Prueba Duo-Trio</u> | 3 muestras: 2 idénticas y 1 diferente | Jueces entrenados | Distribución binomial, Ji cuadrada o tablas de apéndice 2. | Pedrero y Pangborn, 1996. Kramer, 1970, Lockhart, 1951. |
| c) <u>Prueba doble referencia</u> | Dos referencias y otro par de las mismas | Jueces entrenados 3 - 10 | Ji cuadrada o tablas para una sola cola (apéndice 2) | Pedrero y Pangborn, 1996. |
| d) <u>Triangular</u> | 3 muestras, 2 idénticas y 1 diferente | Jueces entrenados 3 - 10 | Distribución binomial Ji cuadrada Tablas de 1 sola cola (apéndice 2) | Pedrero y Pangborn, 1996. Kramer, 1970, Gridgerman, 1955 |

d) **Métodos Cuantitativos**

| Nombre | Número de Muestras | Jueces | Análisis de datos | Referencia |
|---|--|-------------------|--|--|
| 1. <u>Gradiente</u> a) <u>Prueba de ordenación.</u> | Mínimo 2, máximo según la naturaleza del estímulo | Jueces entrenados | Métodos no paramétricos, Análisis de ordenamiento por rangos | Las referencias presentan diferencias muy grandes y se contradice. Pedrero y Pangborn, 1996. Kramer, 1970, |
| b) <u>Prueba de Intervalos.</u> • Escala estructurada • Escala no | Depende de la naturaleza del estímulo, se recomienda | Jueces entrenados | Análisis de Varianza | Pedrero y Pangborn, 1996. |