

Química de la Alimentación y la Salud.

2023



unidad de
publicaciones

Marsanasco, Marina

Química de la alimentación y la salud / Marina Marsanasco ; Silvia del Valle Alonso.- 1a ed.- Bernal : Universidad Nacional de Quilmes, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-558-867-7

1. Salud. 2. Alimentación. 3. Industria Alimentaria. I. Alonso, Silvia del Valle. II. Título.

CDD 664.001

Química de la Alimentación y la Salud

Dra. Ing. en Alimentos
Marina Marsanasco y
Dra. Silvia del Valle Alonso

Prólogo	7
Capítulo 1: Alimento genuino	10
1. Introducción	11
1.1. Normativa alimentaria	11
1.2. Tipos de alimentos	12
1.3. Referencias	16
Capítulo 2: Aditivos Alimentarios	17
2.1. Introducción	18
2.2. Tipos de aditivos y sus funciones	19
2.2.1. Aditivos que mejoran las propiedades sensoriales	20
2.2.1.1. Edulcorantes	20
2.2.1.2. Aromatizantes y saborizantes.....	21
2.2.1.3. Colorantes	22
2.2.1.4. Acidulantes	24
2.2.2. Aditivos que mejoran la estabilidad de los alimentos	24
2.2.2.1. Conservantes	25
2.2.2.2. Antioxidantes	27
2.2.3. Aditivos que permiten mantener o mejorar la textura de los alimentos	27
2.2.3.1. Espesantes y gelificantes.....	27
2.2.3.2. Emulsionantes	28
2.2.3.3. Mejoradores de la estructura del pan.....	28
2.2.4. Aditivos auxiliares para algunos procesos de elaboración de alimentos.....	29
2.3. Referencias	30
Capítulo 3: Actividad de agua de los alimentos	31
3.1. Introducción teórica	32
3.2. Actividad del agua	34
3.3. Actividad de agua y contenido de agua/humedad relativa.....	35
3.4. Comportamiento de la actividad del agua y humedad relativa del ambiente	35
3.5. Actividad de agua y crecimiento microbiano.....	36
3.6. La actividad de agua durante la congelación.....	38
3.7. La actividad de agua y la incorporación de solutos	38
3.8. Actividad de agua y deshidratación.....	39
3.9. Actividad de agua y liofilización	39
3.10. Referencias	41

Capítulo 4: Pigmentos de los alimentos	42
4.1. Información teórica	43
4.2. Pigmentos genuinos de los alimentos	43
4.2.1. Clorofilas	43
4.2.2. Mioglobina	46
4.2.2.1. Características	46
4.2.2.2. Mioglobina y rigor mortis	48
4.2.2.3. Mioglobina y carne curada.....	49
4.3. Flavonoides	50
4.3.1. Antocianinas	50
4.3.2. Antoxantinas	52
4.3. Carotenoides	52
4.3.1. Características	52
4.3.2. Estabilidad de carotenoides	53
4.4. Betalaínas	54
4.5. Referencias.....	54
Capítulo 5: Enzimas	56
5.1. Introducción	57
5.2. Clasificación de las enzimas	57
5.3. Factores que afectan la estabilidad de las enzimas	57
5.3.1. Efecto de la temperatura.....	57
5.3.2. Efecto de las radiaciones.....	58
5.3.3. Efecto de la humedad.....	59
5.3.4. Efecto del pH.....	59
5.4. Papel de las enzimas en la calidad de los alimentos	59
5.4.1. Color.....	59
5.4.1.1. Lipooxigenasa	60
5.4.1.2. Clorofilasa	60
5.4.1.3. Polifenoloxidasa.....	60
5.4.2. Textura.....	61
5.4.2.1. Enzimas pectinolíticas	61
5.4.2.2. Celulasas	61
5.4.2.3. Amilasas	61
5.4.2.4. Proteasas	62
5.5. Cambios del sabor y aroma de los alimentos	63
5.6. Calidad nutricional.....	63
5.7. Las enzimas como herramientas del procesado de alimentos	64
5.8. Enzimas inmovilizadas.....	65
5.9. Referencias	66

Capítulo 6: Evaluación Sensorial	67
6.1. Introducción.....	68
6.2. Sentidos.....	68
6.2.1. La vista.....	68
6.2.2. El olfato.....	69
6.2.3. El gusto.....	69
6.2.4. El tacto.....	70
6.2.5. El oído.....	72
6.3. Características que pueden influir en la evaluación sensorial de los alimentos.....	72
6.3.1. Ambientación	72
6.3.2. Presentación de los alimentos	72
6.3.3. Preparación de alimentos	73
6.3.4. Higiene y calidad	73
6.4. Análisis de los alimentos empleando la evaluación sensorial	73
6.5. Requisitos del lugar/ sala de degustación	74
6.6. Empleo de neutralizantes.....	75
6.7. Horario, codificación y presentación de muestras.....	75
6.8. Material para la degustación	76
6.9. Estadística: la base para el entendimiento de los resultados.....	76
6.10. Tipos de pruebas en las que se aplica la evaluación sensorial	78
6.10.1. Pruebas discriminativas.....	78
6.10.1.1. Pruebas de diferencia global: Prueba del triángulo.....	79
6.10.1.2. Prueba para diferenciar atributos: Prueba de comparación de a pares. Caso de Prueba de igual-diferente y de Prueba de decisión forzada con dos alternativas	83
6.10.2. Pruebas descriptivas	86
6.10.3. Pruebas afectivas.....	86
6.10.3.1. Pruebas afectivas: métodos para medir la aceptabilidad sensorial	87
6.10.3.1.1. Ensayo de preferencia (con comparación de a pares).....	88
6.10.3.1.2. Pruebas de medición del grado de satisfacción con escalas hedónicas	89
6.11. Bibliografía.....	94
Capítulo 7: Envases y envasado	95
7.1. Envasado aséptico.....	96
7.1.1. Sistema de llenado y envasado aséptico.....	96
7.1.2. Esterilización de equipos, superficies y envases	96
7.2. Tipos de tratamientos térmicos a aplicar en el envasado de alimentos.....	97
7.2.1. Esterilización convencional a escala gastronómica.....	99
7.2.2. Esterilización con empleo de presión a escala gastronómica.....	101
7.3. Envases a utilizar en alimentos	102
7.3.1. Envases de vidrio	103

7.3.2. Envases metálicos	104
7.3.3. Envases de materiales celulósicos	106
7.3.4. Envases de materiales poliméricos (plásticos)	106
7.3.4.1. Envase de polipropileno	107
7.3.4.2. Envase de polietileno	107
7.3.4.3. Envase de poliestireno	108
7.3.4.4. Envase de cloruro de polivinilo (PVC)	109
7.4. Envases activos	110
7.4.1. Envases con secuestradores de oxígeno.....	110
7.4.2. Envases con secuestradores de dióxido de carbono.....	110
7.4.3. Envases con etanol	111
7.5. Bibliografía.....	112
Capítulo 8: Componentes perjudiciales de los alimentos	113
8.1. Introducción teórica	114
8.2. Componentes tóxicos naturales de los alimentos.....	114
8.2.1. Alimentos vegetales	114
8.2.1.1. inhibidores de la proteasa, hemaglutininas y saponinas.....	114
8.2.1.2. Cianógenos.....	116
8.2.2. Alimentos de origen animal	117
8.2.2.1. Ictiotoxismo	117
8.2.2.2. Intoxicación paralítica por mariscos	118
8.3. Incorporación de aditivos alimentarios intencionalmente.....	118
8.3.1. Nitritos y compuestos N-nitrosos	119
8.3.2. Safrol.....	119
8.3.3. Sulfitos.....	120
8.4. Productos del crecimiento microbiano.....	120
8.4.1. Micotoxinas.....	120
8.4.2. Toxinas bacterianas.....	121
8.5. Contaminantes prohibidos.....	122
8.5.1. Fumigantes.....	122
8.5.2. Extracción de solventes y producción de factores tóxicos.....	122
8.5.3. Productos de la oxidación lipídica.....	123
8.5.4. Cancerígenos de los alimentos ahumados.....	123
8.5.5. Pesticidas y herbicidas.....	123
8.5.6. Metales pesados.....	123
8.6. Referencias.....	125
9 Anexo	128

Prólogo

Consumimos alimentos diariamente y casi nunca prestamos atención a su composición. Por ello, proponemos la lectura de este libro que estudia diversos tipos de alimentos, profundizando en su composición química y de cómo inciden en nuestra salud.

Un alimento es toda sustancia o mezcla de sustancias, naturales o elaboradas, que ingeridas por el hombre aportan a su organismo los materiales y la energía necesarios para el desarrollo de sus procesos biológicos (Capítulo I, Código Alimentario Argentino). Los nutrientes que nos aportan los alimentos, contribuyen para el desarrollo y crecimiento cuando somos niños y para mantener nuestro organismo cuando somos adultos.

El proceso de elaboración de un alimento cada vez engloba características de mayor complejidad porque no sólo se persigue que tenga nutrientes, sino también que posea cierta variedad en el tipo de nutrientes, determinadas características sensoriales y una vida útil suficiente, lo que contribuirá a la calidad final del producto. Un punto de especial cuidado en la elaboración y producción de alimentos son las materias primas, donde se deben seleccionar por tipo, características y sobre todo calidad de las mismas.

De esta manera, para poder entender el comportamiento, estabilidad, elaboración y resultado final de un producto alimenticio, es importante comprenderlos nutrientes, composición química y características de ese producto. En este sentido, el conocimiento de la química de los alimentos adquiere gran relevancia.

Además, un alimento no sólo debe cumplir con el objetivo de aportar nutrientes, sino también debe ser inocuo, es decir, no debe generar un efecto negativo en la salud.

En este libro se ha profundizado el estudio de tres grandes conceptos, el primero es el concepto de “alimento” considerando su definición, aspectos legales nacionales, latinoamericanos e internacionales, así como los tipos de alimentos acorde a la normativa.

El segundo concepto tratado es el de “química de los alimentos”, detallando diversos temas en los diferentes capítulos del libro. Entre los cuales se encuentran los aditivos, que son ingredientes de alimentos, destacando su importancia y uso en la actualidad, los tipos y características, así como las concentraciones dentro de la normativa legal. Otro de los temas a tratar es el estudio del agua y los pigmentos en los alimentos, especificando su relación con la estabilidad, conservación y características de los alimentos, según los tratamientos y técnicas culinarias. Profundizando además en el estudio del concepto de las enzimas alimentarias, las cuales son proteínas que se encuentran naturalmente en las materias primas o son incorporadas de manera intencional al proceso y que su control permite desarrollar, mejorar, estabilizar y conservar los alimentos.

En lo que respecta a la aplicación del estudio de la composición y el desarrollo de alimentos, la evaluación sensorial cumple un papel sumamente importante. Esto se debe a que no es viable producir un alimento que no sea aceptable, que no contenga las características sensoriales deseadas o que no se distinga de la competencia. Es por este motivo, que se dedicó un capítulo a la evaluación sensorial de los alimentos en el presente libro.

Además, otro aspecto importante es el envase donde los alimentos se van a almacenar hasta el momento de su consumo. Por ello, en otro capítulo se profundizó en el envase y envasado de los alimentos, con el fin de analizar la aplicación de las técnicas culinarias y tratamientos térmicos, así como la importancia en la estabilidad e inocuidad de los alimentos.

Finalmente, el tercer concepto se encuentra relacionado con el impacto directo que tienen los alimentos en la salud y la importancia de la inocuidad. En este punto, es importante considerar que existen sustancias que pueden estar presentes en los alimentos y que pueden ser perjudiciales para la salud. De modo que conocer estas sustancias, su procedencia y características es una forma de prevenir la contaminación de alimentos.

En este mismo orden de ideas, el correcto manejo de aditivos contribuye con la inocuidad del alimento, así como también es necesario conocer la estructura química relacionada y sus límites de utilización permitidos para un uso correcto.

01

Capítulo 1

**Alimento
genuino**

1. Introducción

El estudio de los alimentos está relacionado con la palabra *bromatología* que deriva del griego, donde *broma* significa alimento y *logos* significa estudio. La bromatología comprende conocimientos acerca de la naturaleza de los alimentos, su composición química y su comportamiento bajo diversas condiciones. Se trata de una ciencia que se centra en el estudio de los alimentos desde todos los puntos de vista posibles, teniendo en cuenta la totalidad de los factores involucrados, tanto de la producción de materias primas, como de su manipulación, elaboración, conservación, distribución, comercialización y consumo.

La bromatología tiene por objetivo estudiar la elaboración de los alimentos naturales o procesados, su composición en relación con su valor nutricional, sus características organolépticas, su alterabilidad biológica (microorganismos y enzimas) y química, su aceptabilidad, salubridad o inocuidad y/o alteración. Es por todo lo mencionado, que esta ciencia comprende diversas áreas como la química, bioquímica, enzimología, microbiología, tecnología de los alimentos, nutrición, analítica, toxicología y legislación.

1.1. Normativa alimentaria

En la República Argentina en lo que respecta a la legislación alimentaria se basa en el Código Alimentario Argentino (CAA), Resoluciones MERCOSUR y Codex Alimentarius.

En la mayoría de los países existen diversas reglamentaciones que rigen los asuntos vinculados a los alimentos que consume su población, éstos están supervisados por distintas autoridades de regulación y control. En el caso de la Argentina, estas reglamentaciones están plasmadas en el CAA, que es un conjunto de disposiciones legales higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial.

Esta normativa tiene como objetivo primordial la protección de la salud de la población y la buena fe de las transacciones comerciales. Toda persona, establecimiento o firma comercial que elabore, fraccione, conserve, transporte o expendan alimentos, deberá cumplir con las disposiciones del CAA. En el caso de alimentos importados, debe verificarse que al ingresar al país, éstos cumplan con dicho código. Y en el caso de los alimentos que se producen en la Argentina para exportar, deben cumplir con la normativa vigente en el país de destino, pero además, en caso de que esto sea opuesto a las normas del CAA se debe gestionar un pedido especial que se aplicará solo a estos productos.

El CAA cuenta con alrededor de 1400 artículos divididos en 22 capítulos e incluyen disposiciones referidas a condiciones generales de fabricación y comercio de alimentos, conservación y tratamiento, uso de utensilios, recipientes, envases, envoltorios, rotulación y publicidad, junto con especificaciones de los diferentes tipos de alimentos, bebidas y aditivos.

La visualización de este código es de fácil acceso y gratis obteniéndose en la página de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica cuya sigla es el ANMAT, con el siguiente URL: <http://www.anmat.gov.ar>

El Mercado Común del Sur - MERCOSUR - es un bloque comercial que resulta del proceso de integración regional instituido inicialmente por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay al cual en etapas posteriores se han incorporado Venezuela* y Bolivia, esta última en proceso de adhesión.

Los Estados Partes que conforman el MERCOSUR comparten una comunión de valores que encuentra expresión en sus sociedades democráticas, pluralistas, defensoras de las libertades

fundamentales, de los derechos humanos, de la protección del medio ambiente y del desarrollo sustentable, así como su compromiso con la consolidación de la democracia, la seguridad jurídica, el combate a la pobreza y el desarrollo económico y social con equidad.

Como parte de las resoluciones que establece el Mercosur, se encuentran aquellas relacionadas con la inocuidad y bromatología de los alimentos, las cuales se publican en la página de dicho organismo o en el caso de Argentina, en la página web del ANMAT.

La Comisión del Codex Alimentarius (Codex Alimentarius son palabras que en latín significan “código de los alimentos”) fue creada en 1963, durante la Conferencia Mundial de la Salud, organizada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (denominado en inglés *Food and Agriculture Organization of the United Nations* cuya abreviación es FAO) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Desde entonces, su objetivo ha sido desarrollar un programa conjunto con la FAO/OMS relacionado con las normas alimentarias, con el fin de proteger la salud de los consumidores y garantizar prácticas leales en el comercio alimentario. En la actualidad, la Comisión cuenta con 188 Estados miembros incluidos una organización miembro, la Comunidad Europea.

Los Comités de Especialistas y la Consultoría FAO/OMS (conferencias, estudios, consultas específicas, etc.) proveen las bases científicas para la elaboración de alimentos inocuos y saludables, así como las recomendaciones de calidad para el comercio internacional. La naturaleza de las normas del Codex tiene el objetivo de garantizar al consumidor un alimento sano, benéfico y libre de adulteraciones, correctamente rotulado y presentado.

A partir de todo lo mencionado es que el Codex Alimentarius es una colección reconocida internacionalmente de estándares, códigos de prácticas, guías y otras recomendaciones relativas a los alimentos, su producción y seguridad alimentaria bajo el objetivo de la protección del consumidor. Este código se aplica a nivel internacional, mantenido por la Comisión del Codex Alimentarius, en conjunto con la FAO (organismo perteneciente a las Naciones Unidas) y la OMS.

De modo que, en Argentina, las normativas alimentarias legales son el CAA y las resoluciones Mercosur incorporadas en él. Siendo el primero de aplicación nacional y las resoluciones Mercosur de injerencia latinoamericana. El Codex Alimentarius tiene aplicación en el contexto internacional y en muchos casos es tomado como punto de partida para la redacción de las normativas nacionales. La finalidad de estos tres tipos de normativas mencionadas es que se produzcan alimentos inocuos cumpliendo con todos los requisitos establecidos desde el punto de vista bromatológico y legal.

1.2. Tipos de alimentos

La definición de alimento y su relación con los aspectos bromatológicos y legales, así como su inocuidad y calidad, permiten definir una serie de conceptos que se detallan seguidamente:

En el artículo 6 del Capítulo I del CAA se establece que *“un alimento es toda sustancia o mezcla de sustancias naturales o elaboradas que ingeridas por el hombre aporten a su organismo los materiales y la energía necesarios para el desarrollo de sus procesos biológicos. La designación “alimento” incluye además las sustancias o mezclas de sustancias que se ingieren por hábito, costumbres, o como coadyuvantes, tengan o no valor nutritivo”*. Esta definición abarca puntualmente lo que implica ingerir un alimento el cual nos aporta nutrientes, sumando además que muchas veces se pueden ingerir sustancias que son aptas para consumo alimentario como por ejemplo la yerba mate, que es una infusión muy típica de Argentina, donde la yerba no suele aportar nutrientes, pero se consume

como costumbre en el país.

Cuando un alimento además de cumplir con el aporte nutricional lo hace también con respecto a los requisitos bromatológicos (microbiológicos, fisicoquímicos, sensoriales) y legales, se establece lo que se denomina alimento genuino o normal.

En el artículo 6 del Capítulo I del CAA establece que *“un alimento genuino o normal es aquel que, respondiendo a las especificaciones reglamentarias, no contenga sustancias no autorizadas ni agregados que configuren una adulteración y se expendan bajo la denominación y rotulados legales, sin indicaciones, signos o dibujos que puedan engañar respecto a su origen, naturaleza y calidad”* (con un rótulo, fecha de envasado, origen, establecimiento de elaboración, calidad organoléptica y composición que cumpla con el CAA). Cuando un alimento no es genuino puede ser alterado, contaminado o adulterado. De modo que se puede establecer que un alimento genuino o normal es un alimento inocuo que cumple con todos los nutrientes que debe aportar, así como con los requisitos bromatológicos y legales.

Si un alimento no es normal o genuino de acuerdo a la problemática que plantea el mismo puede que sea alterado, contaminado, adulterado y/o falsificado.

Acorde al Capítulo I del CAA (Artículo 6) *“un alimento alterado es aquel que, por causas naturales de índole física, química y/o biológica o derivadas de tratamientos tecnológicos inadecuados y/o deficientes, aisladas o combinadas, ha sufrido deterioro en sus características organolépticas, en su composición intrínseca y/o en su valor nutritivo”*. Es decir, un alimento alterado es aquel que sufrió un deterioro en las características organolépticas, composición intrínseca y valor nutritivo a tal punto que se lo puede detectar utilizando los sentidos ya sea vista, olfato, tacto, gusto y/o audición.

Entre los ejemplos de un alimento alterado, se puede mencionar una fruta que presenta una modificación tal en sus características organolépticas (color, textura, sabor, etc.) que se detecta que está alterada (Figura 1A). En este caso, la fruta está alterada porque se pasó de su punto de maduración, lo cual puede ocurrir producto de un golpe recibido y no necesariamente está contaminada con un hongo u otro microorganismo.

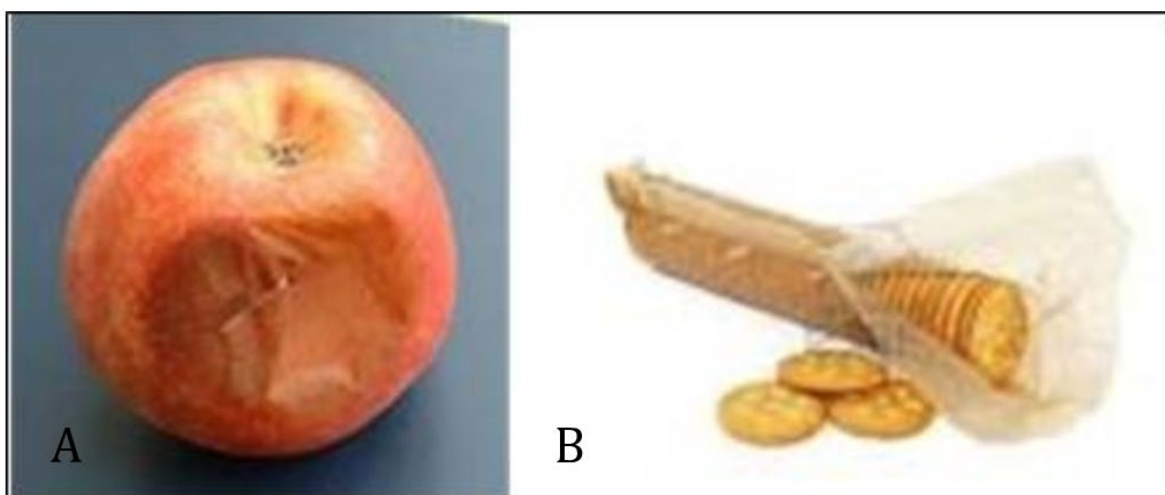


FIGURA 1: EJEMPLO DE ALIMENTOS ALTERADOS.

A): manzana con evidente deterioro. **B):** paquete de galletas expuestas al medio ambiente.

Otro ejemplo de alimento alterado es cuando se deja un paquete de galletitas tipo crackers abierto, donde al cabo de un tiempo las mismas absorben la humedad del ambiente y pierden la textura crocante (Figura 1B).

Los alimentos con presencia de hongos como puede ser el caso de una fruta, pan, queso o una salsa, son ejemplos de alimentos alterados, pero a la vez, se encuentran contaminados biológicamente por la presencia del hongo (Figura 2).



FIGURA 2: EJEMPLOS DE ALIMENTOS ALTERADOS Y CONTAMINADOS BIOLÓGICAMENTE POR PRESENCIA DE HONGOS.

Un alimento puede estar alterado cuando un valor clave del mismo no cumple con el rango o máximo establecido por el CAA. Por ejemplo, el índice de peróxidos de aceites, es un índice que indica la oxidación de los aceites. La oxidación produce lo que se suele denominar como la rancidez de los alimentos. El hecho de que un aceite supere el valor determinado por el CAA en el índice de peróxidos para ese alimento, quiere decir que puede estar rancio y puede tener compuestos no recomendables para su consumo.

Otro tipo de alimento es el contaminado, el cual según el artículo 6 del Capítulo I del CAA *“es aquel que contenga:*

a) Agentes vivos (virus, microorganismos o parásitos riesgosos para la salud), sustancias químicas, minerales u orgánicas extrañas a su composición normal sean o no repulsivas o tóxicas.

b) Componentes naturales tóxicos en concentración mayor a las permitidas por exigencias reglamentarias”.

Es decir que un alimento contaminado es aquel que tiene un agente o sustancia que no pertenece al alimento y que además puede ser tóxico o generar efectos adversos a la salud. De acuerdo al tipo de agente/sustancia será el tipo de contaminación en el alimento. Por ejemplo, si un alimento posee un agente vivo (bacterias, mohos, levaduras, parásitos) o un virus, será un alimento contaminado biológicamente debido a que el agente que se encuentra en el alimento es de origen biológico. Si el alimento tiene una sustancia química como por ejemplo detergente, insecticida, desinfectante, exceso de algún aditivo, etc.; se trata de un alimento contaminado químicamente ya que el agente es un compuesto químico.

Mientras que, si el alimento posee un objeto que ocupa un espacio físico como puede ser un cabello, un aro, un anillo, un tornillo, etc., se tratará de un alimento con una contaminación física.

Entre los ejemplos posibles se puede mencionar un alimento con contaminación biológica por la presencia de la bacteria *Salmonella* en una mayonesa casera. En este tipo de casos, el alimento tiene una contaminación biológica pero no se encuentra alterado, lo que lo hace más peligroso porque puede ser consumido sin generar ningún tipo de sospechas de la presencia biológica en el mismo.

La misma situación puede darse en las hamburguesas que no llegan al punto de cocción correcto quedando la presencia de la bacteria *Escherichia coli*. Esta bacteriano genera ningún tipo de alteración visible en el alimento, pero puede generar graves efectos en la salud como el Síndrome Urémico Hemolítico, según el tipo de cepa de este microorganismo que se encuentre presente.

Respecto de un alimento adulterado, se define como aquel que *“ha sido privado, en forma parcial o total, de sus elementos útiles o característicos, reemplazándolos o no por otros inertes o extraños; que ha sido adicionado de aditivos no autorizados o sometidos a tratamientos de cualquier naturaleza para disimular u ocultar alteraciones, deficiente calidad de materias primas o defectos de elaboración”* (Artículo 6, Capítulo I, CAA).

Un alimento adulterado es el que posee un ingrediente/sustancia que no corresponde con el alimento ya sea desde el punto de vista bromatológico como legal. Por ejemplo, la incorporación adicional de agua en alimentos líquidos como vinos, jugos, leches, generando una adulteración del contenido.

En Argentina en el año 1993 se produjo una adulteración de vinos que ocasionó la muerte de cerca de treinta personas y más de cincuenta enfermos, treinta de ellos graves, por haber consumido vino elaborado con alcohol metílico. El vino había sido despachado de una Bodega de San Juan, con certificado de aprobación del Instituto Nacional de Vitivinicultura, delegación San Juan.

La adulteración en vinos y otras bebidas alcohólicas con metanol es una práctica ilegal que ha ocurrido en diversos lugares del mundo, generando muertes y enfermos por la intoxicación que genera este tipo de alcohol. Este hecho se genera porque al vino le adicionan agua lo que le baja la graduación alcohólica final del producto. Entonces, para compensar el descenso de la graduación alcohólica se incurre en este tipo de prácticas de agregar alcohol directamente al vino.

El problema de adulterar un vino con metanol, es que este es un líquido incoloro, volátil, inflamable, y, a diferencia del etanol, no es apto para consumo humano ya que es una sustancia tóxica. El metanol pertenece a la familia química de los alcoholes y se usa mayormente para elaborar combustible, disolventes y anticongelante.

Finalmente se detalla el alimento falsificado que de acuerdo con el artículo 6 del Capítulo I del CAA *“es aquel que tenga la apariencia y caracteres generales de un producto legítimo protegido o no por marca registrada, y se denomine como éste sin serlo o que no proceda de sus verdaderos fabricantes o zona de producción conocida y/o declarada”*.

Un alimento falsificado es aquel que no es lo que dice ser. Por ejemplo, un producto rotulado como aceite, pero no tiene aceite, sólo posee especias, vinagre, espesante. No está contaminado, alterado ni tampoco adulterado. Otro ejemplo es un alimento que no declara un ingrediente y si está presente en el mismo, o un jugo de fruta que no lo es y tiene una naranja en el “envase”. Otro caso sería un vino con etiqueta idéntica a una bodega, sin ser fabricado por esa bodega.

1.3. Referencias

—Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica.
Disponible en: <http://www.anmat.gov.ar/principal.asp>.

—Capítulo I del Código Alimentario Argentino.
Disponible en: <http://www.anmat.gov.ar/webanmat/codigoa/CAPITULOI.pdf>.

—Codex Alimentarius. International Food Standards.
Disponible en: <http://www.codexalimentarius.org/about-codex/en/>.

—Código Alimentario Argentino.
Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas__alimentos__caa.asp.

—Gutiérrez, J. B. (2000). Ciencia Bromatológica. Principios generales de los alimentos. Primera edición. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid. (Capítulo I).

—López, L. B.; & Suárez, M. M. (2003). Fundamentos de Nutrición normal. Primera edición. Editorial El Ateneo, Buenos Aires. (Capítulos VIII y IX).

—Mercado Común del Sur (MERCOSUR).
Disponible en: <http://www.mercosur.int/>.

—Portafolio educativo en temas claves de Control de la Inocuidad de los Alimentos. La gestión del conocimiento en red. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT).
Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/portafolio__educativo/Capitulo2.asp.

02

Capítulo 2

Aditivos Alimentarios

2.1. Introducción

Que un consumidor acepte un alimento depende de muchos factores, entre los que resaltan el color, aroma, textura, costo, valor nutritivo, la facilidad de preparación, la vida útil y, en muchos casos, hasta el sonido que produce al consumirse.

Cada componente del alimento influye en alguna medida en estas características, sin embargo, en ocasiones éstas necesitan reforzarse para obtener mejores resultados y generar productos más atractivos y diferenciados para el consumidor.

Es así que el empleo de aditivos aumenta cada día más en los países desarrollados ya que demandan mayor número de alimentos preparados, que se diferencien en sabor, textura y vida útil. A partir de estas necesidades es que surge la aplicación de los aditivos alimentarios.

De acuerdo al Artículo 6, inciso 3, del Capítulo I del CAA, un aditivo alimentario es cualquier sustancia o mezcla de sustancias cuya función es modificar las características físicas, químicas o biológicas de un alimento, a los efectos de su mejoramiento, preservación, o estabilización. De este modo, los aditivos surgen como una ayuda en la fabricación de los alimentos en diversos aspectos como:

- Mantener o mejorar el **valor nutritivo**,
- Aumentar la estabilidad o capacidad de **conservación del alimento**,
- Incrementar la **aceptabilidad** de alimentos sanos y genuinos, pero faltos de atractivo.
- Permitir la **elaboración económica** y en gran escala de alimentos de composición y calidad constante en función del tiempo (Artículo 1391, Capítulo XVIII del CAA).

De ningún modo los aditivos se deben emplear para enmascarar materias primas o productos de mala calidad, provocar una reducción considerable del valor nutritivo de los alimentos, perseguir finalidades que pueden lograrse con prácticas lícitas de fabricación y económicamente factibles. El profesionalismo del técnico es primordial para **no engañar al consumidor** mediante el abuso indiscriminado de estas sustancias.

A partir de lo mencionado, es que los aditivos deben cumplir con los siguientes requisitos legales (establecidos en el Artículo 1391 del Capítulo XVIII del CAA):

- a) Ser inocuos por sí mismos o a través de su acción como aditivos en las condiciones de uso.
- b) Formar parte de la lista positiva de aditivos alimentarios del CAA.
- c) Ser empleados exclusivamente en los alimentos específicamente mencionados en el CAA.
- d) Responder a las exigencias de designación, composición, identificación y de pureza establecidas en el CAA.

Algunos aditivos son de origen natural como por ejemplo la sal, la sacarosa o la glucosa; y hay otros aditivos que son sintéticos, como algunos antioxidantes, colorantes, conservantes, etc. Para aprobar la utilización de los aditivos en los alimentos existen dos organismos que son la FAO y la OMS (detallados en el Capítulo I), cuyas normas y lista positiva de aditivos se exponen en el Codex Alimentarius. Estos organismos se encargan de realizar la evaluación toxicológica y elaboración de normas de identidad y pureza, así como la determinación de su inocuidad de los posibles aditivos a emplear. Para ello se basan en estudios realizados en animales de experimentación, con diversas dosis y periodos prologados.

Dentro de los aditivos hay algunos que se pueden usar sin ningún tipo de limitaciones y otros que sí las tienen. La máxima concentración a emplear de determinados aditivos está relacionada con los estudios que realizaron la FAO, la OMS y la evidencia científica disponible (Fuentes: <https://www.fao.org/home/es>; <https://www.who.int/es>); y lo que definieron como la Ingesta Diaria Admitida (IDA). La IDA es la cantidad de sustancia que puede ingerirse diariamente a través de la dieta, aún durante toda la vida sin riesgos detectables. Se expresa en mg de sustancia ingerida por kg de peso corporal y por día.

Todos los aditivos permitidos por estas organizaciones y establecidos en el Codex Alimentarius, ya sea con o sin limitaciones, se encuentran en el CAA en lo que se denomina la “lista positiva”.

A partir de lo mencionado, es que la cantidad de un aditivo autorizado (agregado a un producto alimenticio) será siempre la mínima necesaria para lograr el efecto lícito deseado. La cantidad de aditivo a adicionar debe estar relacionada con el nivel de consumo estimado del alimento o alimentos y debe dejar el suficiente margen de garantía para evitar todo peligro para la salud en todos los grupos de consumidores.

Una vez que los aditivos han sido aprobados, deben declararse en los rótulos, específicamente en la lista de ingredientes. Los aditivos legalmente son considerados ingredientes y al declararse se debe colocar el nombre completo de los mismos o su número INS, o ambos (INS es la abreviación en inglés del Sistema Internacional de Numeración establecido por el Codex Alimentarius). A continuación del nombre del aditivo se debe colocar la función que cumple el mismo, empleando abreviaturas.

Las abreviaturas de las funciones de los aditivos son las que se muestran en la Figura 3.

AC REG: Regulador de la Acidez	EST: Estabilizante
ACI: Acidulante	EST COL: Estabilizante del color
AGC: Agente de masa	EXA: Resaltador de Sabor
AN AH: Antiaglutinante/Antihumectante	FIR: Agente de Firmeza o Endurecedor o Texturizante
AN ESP: Antiespumante	FLO: Mejorador de la Harina
ANT: Antioxidante	FOA: Espumante
ARO: Aromatizante/Saborizante	GAS: Gaseante
COL: Colorante	GEL: Gelificante
CONS: Conservador	GLA: Glaseante
EDU: Edulcorante	HUM: Humectante
EMU: Emulsionante/Emulsificante	RAI: Leudante químico
ESP: Espesante	SEC: Secuestrante

FIGURA 3: ABREVIATURAS DE LAS FUNCIONES DE LOS ADITIVOS.

2.2. Tipos de aditivos y sus funciones

En los próximos apartados, se explicará en detalle los tipos de aditivos más importantes y las funciones que cumplen en los alimentos.

2.2.1. Aditivos que mejoran las propiedades sensoriales

2.2.1.1. Edulcorantes: Dentro de este grupo de aditivos los más usados son el azúcar, cuyo nombre químico es sacarosa, además del jarabe de glucosa, jarabe de fructosa conocido como jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF), miel, azúcar invertido, etc.

Otros edulcorantes mucho más potentes se añaden, en pequeñas proporciones, en alimentos de bajo valor calórico o para diabéticos u otros fines similares. Los más importantes son sintéticos como la sacarina, el aspartamo y el acesulfame de potasio (acesulfame K).

La ventaja es que los edulcorantes sintéticos como son mucho más dulces que la sacarosa, se usan en una cantidad inferior.

La sacarina posee un poder edulcorante alrededor de 350-500 veces mayor que el de la sacarosa, pero deja un ligero gusto amargo. El aspartamo y el acesulfame K tienen un poder edulcorante 200 veces mayor que la sacarosa. El aspartamo es inestable a temperaturas altas, aunque no deja resabio amargo, en cambio el acesulfame K es estable en la cocción y puede dejar un gusto desagradable sólo en altas concentraciones. Suele usarse la mezcla de ambos edulcorantes por tener un efecto sinérgico.

Otro edulcorante sintético de menor importancia es el ciclamato con un poder edulcorante de hasta 30 veces el de la sacarosa, con la ventaja de que no deja resabio amargo.

Actualmente está en auge un edulcorante de origen natural conocido como estevia, el cual se extrae de la planta *Stevia rebaudiana*. Tiene de 250 a 300 veces más poder edulcorante que la sacarosa, aunque se debe ajustar bien su concentración a usar ya que puede ocasionar un regusto amargo y desagradable.

Hay una gran variedad de alimentos que emplean este tipo de aditivos como las bebidas refrescantes, alimentos dulces (galletitas, mermeladas, etc.), alimentos lácteos (yogures, postres, helados, dulce de leche, etc.), entre otros.

Por supuesto que para determinados edulcorantes naturales como la sacarosa, miel, fructosa no hay restricciones. En cambio, para los edulcorantes sintéticos existe un límite máximo a aplicar en los alimentos, como es el caso de los empleados en bebidas sin alcohol dietéticas de bajas calorías. En este caso el aspartamo, la sacarina y el ciclamato se pueden incorporar en una cantidad máxima de 100 mg/100 cm³; 15 mg/100 cm³; y de 100 mg/100 cm³, respectivamente.

Además, se muestran ejemplos de edulcorantes en listas de ingredientes de las siguientes bebidas analcohólicas:

- Bebida cola light: Agua carbonatada, Colorante Caramelo, Aromatizantes, Edulcorantes: **Aspartamo (0,024%) - Acesulfame K (0,016%)**, Acidulantes: Ácido cítrico - Ácido fosfórico, Conservante: Benzoato de sodio.

- Bebida saborizada de pomelo: agua mineral natural; **JMAF y/o azúcar**; jugo de pomelo; ACI: Ácido Cítrico; ARO: Pomelo; CONS: benzoato de sodio y sorbato de potasio; ACREG: citrato de sodio; COL: caramelo; pirofosfato férrico; SEC: EDTA; vitaminas B9 y B12.

Las listas de ingredientes presentadas, contienen todos los nutrientes que se le incorpora al alimento, así como también los aditivos que son considerados ingredientes. Siempre el orden de información de los ingredientes es de mayor a menor concentración, colocando al final los aditivos.

En el ejemplo de la bebida cola light el único ingrediente nutritivo es el agua carbonatada, siendo además el compuesto mayoritario. Esto se debe a que a partir de la palabra “colorante”, en la lista de ingredientes, es donde comienza la descripción de aditivos incorporados en el producto. Dentro de los aditivos de la lista de ingredientes de la bebida cola light, se encuentran los edulcorantes sintéticos como el aspartamo y el acesulfame K.

Los edulcorantes sintéticos presentan una ventaja porque permiten endulzar un alimento sin aportar calorías ni azúcares. De modo que este tipo de alimentos pueden ser consumidos por aquellas personas que no deben ingerir azúcares, por ejemplo, una persona diabética o con sobrepeso. Sin embargo, este tipo de aditivos no aportan nutrientes y es por este motivo que se los llama también edulcorantes sintéticos no nutritivos.

Mientras que, en el ejemplo de la bebida saborizada de pomelo, el ingrediente nutritivo en mayor concentración es el agua mineral y el resto son aditivos. Pero en este caso, hay una diferencia, y es que el azúcar/JMAF, los cuáles se encuentran en menor concentración que el agua mineral, si bien cumplen la función de aditivos como edulcorantes son además nutrientes del grupo de los hidratos de carbono. Estos edulcorantes aportan calorías, considerando que se trata de una bebida analcohólica dulce y que no se corresponde con una bebida dietética. Sin embargo, debe cuidarse la ingesta en exceso de este tipo de aditivos, para prevenir enfermedades como la diabetes, la hiperglucemia o la obesidad, entre otras.

2.2.1.2. Aromatizantes y saborizantes: Los aromatizantes se utilizan en la preparación de los alimentos para aportar un determinado aroma. Dentro de los aromatizantes naturales se encuentran aquellos de origen vegetal, desecados y pulverizados, como por ejemplo la canela, el ajo deshidratado y el pimentón. También se pueden emplear esencias como la de menta o la de naranja.

Además, hay una gran variedad de aromatizantes sintéticos, muchos imitan con gran fidelidad a los aromas naturales como café, vainilla, manteca, carne, chocolate, etc. Los mismos pueden desarrollarse gracias al buen conocimiento de los componentes de los aromas naturales.

Los saborizantes son aquellos que poseen una mayor influencia en el sabor que en el aroma. Una de sus principales funciones además de aportar sabor es exaltar y maximizar los propios sabores del alimento.

Un saborizante de gran aplicación es el glutamato monosódico, también conocido como ajinomoto, el cual posee un sabor cárnico-salino y en exalta el sabor de los productos cárnicos. Se lo emplea en productos cárnicos, salsas, sopas, etc. (Jinap&Hajeb, 2010; Bhuvanewari, Sripriya&UdayaPrakash, 2015).

Un ejemplo de la aplicación de un aromatizante es el de pomelo, como se muestra en la lista de ingredientes de una bebida saborizada de pomelo, los cuales son: agua mineral natural; JMAF y/o azúcar; jugo de pomelo; ACI: Ácido Cítrico; **ARO: Pomelo**; CONS: benzoato de sodio y sorbato de potasio; ACREG: citrato de sodio; COL: caramelo; pirofosfato férrico; SEC: EDTA; vitaminas B9 y B12

Donde ARO es la abreviación para el aditivo de aromatizante.

En la Tabla 1 y 2 se exponen ejemplos de aplicación de aromatizantes y saborizantes en alimentos.

INS	ADITIVO / FUNCIÓN	CONC. MAX. EN EL PROD. FINAL
		g/100g ó g/100ml
621	Glutamato de Sodio	Quantum satis

TABLA 1: QUESO EN POLVO (CAPÍTULO VIII DEL CAA).

Con respecto a la tabla 1, se realiza la siguiente aclaración donde las palabras quantum satis o q.s. en forma abreviada, significa en cantidad suficiente. Lo que significa que no hay un límite establecido, sino que se admite la cantidad que hiciera falta para lograr el propósito por el cual se agrega el aditivo.

ADITIVO	FUNCIÓN	CONC. MAX. EN EL PROD. FINAL
		g/100g ó g/100ml
Aromatizantes / Saborizantes	Aromatizantes / Saborizantes	q.s.

TABLA 2: EN YOGURES (CAPÍTULO VIII DEL CAA).

En la tabla 2 no hay un listado concreto de aromatizantes/saborizantes, lo que significa que mientras el aditivo esté presente en la lista positiva del CAA se puede emplear en cantidad suficiente o sea que no hay un límite establecido..

2.2.1.3. Colorantes: La industria de alimentos utiliza colorantes para restituir el color en determinados procesos de elaboración o para dar colores atractivos a algunos preparados. El mayor uso es en bebidas, helados, pastas, dulces, sopas, margarinas, etc.

En la Tabla 3 se presentan los siguientes colorantes naturales:

COLORANTE	ORIGEN	COLOR
Azafrán	Pistilos de flores de <i>Crocus sativa</i>	Amarillo - Naranja
Carotenoides	Extraídos de corteza de naranja, zanahorias.	Amarillo - Naranja
Betanidina	Extracto de remolacha roja.	Rojo
Clorofila	De hojas de plantas.	Verde
Antocianos	De hollejo de la uva.	Azul
Caramelo	Sacarosa caramelizada.	Marrón

TABLA 3: EJEMPLOS DE COLORANTE NATURALES, ORIGEN Y COLORACIÓN.

A modo de ejemplo, se muestra una lista de ingredientes de yogur comercial de frutilla, donde se remarca el empleo de colorante y saborizante en el mismo. Dichos ingredientes son: leche entera seleccionada pasteurizada; azúcar; cultivos lácticos; cultivos probióticos (*Bifidobacterium* y *Lactobacillus casei*); almidón modificado; estabilizante (gelatina); solución de pirofosfato férrico; **solución de colorante natural (carmín); saborizante artificial de frutilla;** vitamina A; vitamina D.

En este caso se utilizó un saborizante artificial de frutilla y un colorante natural de carmín.

Dentro de los colorantes sintéticos más empleados se encuentran la Tartrazina (amarillo), Eritrosina-Rojo-a-6 (rojo), Verde FCF (verde), Azul brillante FCF (azul). Los colorantes ya sea de origen natural como sintético tienen límites máximos de aplicación en los alimentos en el Capítulo VIII del CAA, como se muestra en la Tabla 4. Solo algunos aditivos como el caso de la clorofila pueden incorporarse en el alimento en cantidad ilimitada.

ADITIVO	FUNCIÓN	CONC. MAX. EN EL PROD. FINAL
Aromatizante / Saborizante	Aromatizante / Saborizante	q.s.
Carotenos, extractos naturales INS 160	Colorante	50 mg/kg
Cúrcuma o curcumina INS 100	Colorante	80 mg/kg

ADITIVO	FUNCIÓN	CONC. MAX. EN EL PROD. FINAL
Azorubina INS 122	Colorante	50 mg/kg
Rojo Punzó 4R INS 124		
Amarillo ocaso, Amarillo Sunset INS		
Azul Patente V INS 131		
Verde Rápido INS143		

TABLA 4: COLORANTES DE APLICACIÓN ALIMENTARIA (CAPÍTULO VIII DEL CAA).

Otro ejemplo de aplicación de colorantes es en la manteca, donde se permiten sólo aditivos que sean colorantes naturales o sintéticos idénticos a los naturales en cantidades suficientes para lograr el efecto deseado de un color amarillo. Los colorantes autorizados son el Bija o bixa, beta caroteno y cúrcuma o curcumina.

También se admite, como opción contraria para obtener una manteca de color blanco, el uso de decolorantes. Permitiendo el empleo de clorofilina o clorofilina cúprica en cantidades suficientes para lograr el efecto deseado.

La manteca se obtiene de la grasa láctea que posee un leve color amarillento. Es por ello que el producto final es coloreado para que tome un intenso color del tipo amarillo, o es decolorado, con un color final cercano al blanco.

2.2.1.4. Acidulantes: Se emplean por ejemplo para dar sabor agridulce a las bebidas refrescantes, en helados, caramelos y encurtidos. Además, sirven para aportar acidez y controlar la flora bacteriana de conservas, quesos, etc.

Entre los acidulantes usados se pueden mencionar al ácido cítrico, ácido acético, ácido tartárico, ácido málico, ácido láctico, entre otros.

En una bebida comercial saborizada de pomelo, se emplean saborizantes como aditivos para dar el gusto ácido deseado en el producto. Un ejemplo de acidulante incorporado es en la lista de ingredientes de la bebida saborizada de pomelo, los cuales son: agua mineral natural; JMAF y/o azúcar; jugo de pomelo; **ACI: Ácido Cítrico**; **ARO: Pomelo**; **CONS: benzoato de sodio y sorbato de potasio**; **ACREG: citrato de sodio**; **COL: caramelo**; **pirofosfato férrico**; **SEC: EDTA**; vitaminas B9 y B12.

En este tipo de alimento se utilizó como acidulante el ácido cítrico.

2.2.2. Aditivos que mejoran la estabilidad de los alimentos

2.2.2.1. Conservantes: Son aquellos que evitan la alteración microbiana de los alimentos. El empleo de este tipo de aditivos y su concentración debe tener una importante regulación por el tipo de componentes que se utilizan.

La acción antimicrobiana de los conservantes está relacionada con el pH del alimento y con la afinidad que tenga este aditivo con los microorganismos. Es por ello que algunos se emplean para evitar el crecimiento de bacterias, mientras que otros inhiben el desarrollo de hongos y levaduras.

El ácido sulfúrico se emplea por ejemplo en enología, en bebidas refrescantes y frutas desecadas. Inhibe el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias.

El ácido benzoico es un buen fungicida y en menor medida bactericida. Se emplea en bebidas refrescantes, mermeladas, preparados de frutas no esterilizados, etc.

El ácido acético, (más conocido como vinagre), se emplea en conservas vegetales, en escabeches de pescados y carnes, inhibiendo principalmente las levaduras y bacterias.

El ácido sórbico se usa principalmente en bebidas, jugos, mermeladas, quesos y margarinas. Es activo contra levaduras y bacterias e inhibe el crecimiento de *Clostridium botulinum*, lo que es de suma importancia en los alimentos.

Los nitritos y nitratos mantienen el color rojo de los productos cárnicos envasados y además tienen una importante actividad antimicrobiana incluyendo a *Clostridium botulinum*. Sin embargo, hay serias dudas respecto del empleo de los nitritos ya que pueden formar lo que se denomina nitrosaminas que son cancerígenas. Por esta razón, se discute mucho la autorización de su empleo y cada vez más se está restringiendo su uso sólo a los casos necesarios.

Dentro de los conservantes está permitido un antibiótico, que es la nisina. Este conservante inhibe el crecimiento de bacterias, hongos, levaduras y sobre todo *Clostridium botulinum*. Su principal aplicación es en productos lácteos como quesos y leches concentradas.

En la Tabla 5 se presentan ejemplos de aplicación de conservantes en quesos, considerando la clase de queso, tipo de conservante y concentración máxima a aplicar en el alimento.

INS	NOMBRE	FUNCIÓN MÁXIMA	LÍMITE / CONCENTRACIÓN	CLASE DE QUESO (*)
234	Nisina	Conservador	12,5 mg/kg de queso	m.a.a, a.h., m.h, b.h.
200	Ácido sórbico	Conservador	1000 mg/kg de queso en ácido sórbico	m.a.a, a.h., m.h, b.h.
202	Sorbato de potasio			
203	Sorbato de calcio			

INS	NOMBRE	FUNCIÓN MÁXIMA	LÍMITE / CONCENTRACIÓN	CLASE DE QUESO (*)
251	Nitrato de sodio	Conservador	50 mg/kg de queso en nitrato de sodio	m.h., b.h.
252	Nitrato de Potasio (solos o combinados)			

TABLA 5: CONSERVANTES PERMITIDOS PARA APLICARSE EN QUESOS Y SU CONCENTRACIÓN MÁXIMA (CAPÍTULO VIII DEL CAA).

Nota (*) m.a.h quesos de muy alta humedad; a.h. quesos de alta humedad, m.h. quesos de mediana humedad; b.h. quesos de baja humedad.

Uno de los alimentos que requiere de conservantes son el grupo conformado por las salazones. Este grupo de alimentos abarca una gran variedad de productos como la bondiola; cabeza de cerdo salada; costillas de cerdo saladas; chalona; cuero de cerdo salado; jamón cocido; jamón crudo; hocico o trompa de cerdo salados; huesos de cerdo salados; lenguas saladas; orejas de cerdo saladas; paletas de cerdo saladas; paleta de cerdo cocida, panceta salada; patitas de cerdo saladas; tasajo; tocino salado; lomos de cerdo salados; entre otros. Entre los conservantes empleados en las salazones, se destacan los nitratos y nitritos como se detalla en la Tabla 6.

ADITIVO: NÚMERO O INS	ADITIVO: FUNCIÓN / NOMBRE	ADITIVO: CONCENTRACIÓN MÁXIMA G/100G
249	Potasio nitrito de	0,015 (3)
250	Sodio nitrito de	0,015 (3)
251	Sodio nitrato de	0,03 (3)
252	Potasio nitrato de	0,03 (3)
201	Sodio sorbato de	0,02 (6)

TABLA 6: LÍMITE MÁXIMO A APLICAR DE CONSERVANTES EN SALAZONES (CAPÍTULO VI, CAA).

Nota: (3) Cantidad residual máxima expresada como nitrito de sodio. (6) Sólo para uso externo, tratamiento de superficie, cantidad máxima en productos solos o en sus mezclas, expresado como ácido sórbico. (Ausencia en la masa).

Nuevamente se presenta el listado de ingredientes de una bebida comercial saborizada de pomelo, donde se remarca el conservante utilizado que fue la combinación de benzoato de sodio y sorbato de potasio, como se expone a continuación: agua mineral natural; JMAF y/o azúcar; jugo de pomelo;

ACI: Ácido Cítrico; ARO: Pomelo; CONS: benzoato de sodio y sorbato de potasio; ACREG: citrato de sodio; COL: caramelo; pirofosfato férrico; SEC: EDTA; vitaminas B9 y B12

2.2.2.2. Antioxidantes: La oxidación de las grasas es una de las alteraciones más generales de los alimentos, incluso de los que tienen poca cantidad de grasas. El aire y la luz son dos factores que contribuyen a que las grasas se oxiden. El uso de antioxidantes incrementa la vida útil del alimento evitando que se desencadene la oxidación durante un tiempo prolongado.

Dentro de los antioxidantes empleados se encuentran los de origen natural como la vitamina E (Tocoferol) y los sintéticos como el BHT (Butilhidroxitouleno). Se utilizan principalmente en aceites y margarinas.

2.2.3. Aditivos que permiten mantener o mejorar la textura de los alimentos

2.2.3.1. Espesantes y gelificantes: Existe en la naturaleza un grupo de polisacáridos complejos, algunos tienen la propiedad de absorber mucha agua dando soluciones viscosas, otros pueden gelificar en determinadas condiciones; y otros pueden otorgar viscosidad y gelificación.

Los polisacáridos más lineales forman geles; se emplean en postres, flanes, quesos de alta humedad, en productos cárnicos, etc. Mientras que los polisacáridos que son menos lineales aportan viscosidad. A mayor concentración mayor será la viscosidad y el efecto espesante en el alimento. Este tipo de polisacáridos se adicionan en yogures, en determinado tipo de dulce de leche, en quesos, cremas, salsas, sopas, etc. En la tabla 7 se presentan ejemplos de los espesantes y gelificantes más usados, su origen y funciones en el alimento:

ADITIVO	FUENTE	FUNCIÓN
Alginatos	Algas feofíceas (pardas)	Espesante / gelificante
Carragenatos	Algas rodofíceas (pardas)	Espesante / gelificante
Gomas de garrofín y de guar	Semillas de algarrobo y de guar	Espesante
Pectina	Frutas / cítricos	Gelificante
Gelatina	Huesos	Gelificante
Almidón	Cereales	Espesante / gelificante
Celulosa microcristalina	Hidólisis parcial de la celulosa	Espesante

TABLA 7: EJEMPLOS DE GELIFICANTES /ESPESANTES, ORIGEN Y FUNCIÓN.

Como ejemplo de aplicación de gelificantes se presentan los componentes de un yogur de frutilla, cuyos ingredientes son: leche entera seleccionada pasteurizada; azúcar; cultivos lácticos; cultivos probióticos (*Bifidobacterium* y *Lactobacillus casei*); almidón modificado; estabilizante (gelatina); solución de pirofosfato férrico; solución de colorante natural (carmín); saborizante artificial de frutilla; vitamina A; vitamina D. De la lista de ingredientes puede apreciarse que, en este alimento, el gelificante adicionado fue la gelatina.

2.2.3.2. Emulsionantes: Se utilizan para producir emulsiones estables que pueden ser de aceite en agua como la mayonesa, o de agua en aceite como la margarina. Como justamente se trata de dos fases compuestas por una grasa (lípidos o grasa que es lipofílica, es decir tiene afinidad por los lípidos) y otra acuosa (agua que es hidrofílica, es decir tiene afinidad por el agua), necesitan de un nexo que las pueda mantener juntas, de lo contrario no se mantiene la emulsión y las fases se separan. Es así como se usan emulsionantes naturales como la lecitina o los monoglicéridos; y otros sintéticos como el óxido de etileno. Estos aditivos tienen una parte que tiene afinidad con la fase grasa o lipídica y otra parte que interactúa con la fase acuosa, permitiendo así que la emulsión sea estable.

Además, estos aditivos se incorporan en otros tipos de alimentos como salsas, batidos, helados, espumas y actúan como ligantes en alimentos sólidos como chocolates y productos de pastelería.

2.2.3.3. Mejoradores de la estructura del pan: Hay harinas que dan masas blandas, es decir no se elevan, de modo que el pan queda pesado y de poco volumen. Estos aditivos mejoran la fuerza de las harinas y permiten obtener productos panificados de mayor volumen. En la tabla 8 se muestran algunos de los mejoradores empleados en el pan y las concentraciones máximas para su aplicación.

ADITIVO: NÚMERO O INS	ADITIVO: FUNCIÓN / NOMBRE	ADITIVO: CONCENTRACIÓN MÁXIMA G/100G
220	Azufre Dióxido Anhídrido Sulforoso	0,005 (como SO ₂)
221	Sodio Sulfito	0,005 (como SO ₂)
222	Sodio Bisulfito, Sodio Sulfito Ácido	0,005 (como SO ₂)
927	Azodicarbonamida	0,004
928	Benzoilo Peróxido	0,006

TABLA 8: MEJORADORES DE PAN Y LÍMITE MÁXIMO A EMPLEAR (CAPÍTULO IX, CAA).

El bromato de potasio es un compuesto químico que se usaba ampliamente en el país como mejorador de harina. Pero en el año 1998, este aditivo fue eliminado de la lista positiva del CAA y

prohibido porque se demostró que era tóxico en ingestas excesivas y potencialmente cancerígeno.

De esta manera, en nuestro país toda aplicación de este aditivo es ilegal y se encuentran aditivos sustitutos que no reemplazan al bromato en todas sus propiedades, pero son inocuos para la salud.

Un ejemplo de reemplazo del bromato de potasio, el ácido ascórbico, que es la vitamina C. El CAA fija un máximo de 0,02g/100g de vitamina C, pero como ascorbilpalmitato en la harina.

Otro sustituto del bromato de potasio es la azodicarbonamida cuya concentración máxima a emplear es 4 mg/100g en la harina acorde al CAA.

Tanto la azodicarbonamida como la vitamina C son agentes oxidantes que actúan en las uniones de proteínas que se generan durante el amasado, lo que luego contribuirá a una mayor retención del dióxido de carbono que producen las levaduras durante la fermentación y consecuente volumen final del pan. Estos aditivos suelen utilizarse juntos en mezclas, potenciándose así la efectividad de ambos y mejorando el resultado final.

2.2.4. Aditivos auxiliares para algunos procesos de elaboración de alimentos

Leudantes químicos/levaduras: Se emplean para producir dióxido de carbono en las masas lo que permite obtener el volumen deseado en diversos productos panificados. Algunos de los leudantes habitualmente utilizados en el pan y sus concentraciones máximas a aplicar se muestran en la tabla 9.

ADITIVO: NÚMERO O INS	ADITIVO: FUNCIÓN / NOMBRE	ADITIVO: CONCENTRACIÓN MÁXIMA G/100G
341i	Fosfato (mono) cálcico	2,0 (como P ₂ O ₅)
450i	Sodio-(di) Difosfato	2,0 (como P ₂ O ₅)
541i	Aluminio y sodio de Fosfato ácido	0,1 (como Al)

TABLA 9: LEUDANTES QUÍMICOS Y CANTIDAD MÁXIMA A INCORPORAR EN EL ALIMENTO (CAPÍTULO IX DEL CAA):

2.3. Referencias

—Badui Jergal, S. (2006). Química de los Alimentos. Cuarta Edición. Editorial Pearson Educación, México. (Capítulo IX).

—Bhuvaneswari, S.; Sripriya, N.; & UdayaPrakash, N. K. (2015). Ajinomoto: Antibacterial Impact. Indian Journal of Applied Microbiology, 18(1): 28-33.

—Capítulo I del Código Alimentario Argentino.

Disponible en: <http://www.anmat.gov.ar/webanmat/codigoa/CAPITULOI.pdf>.

—Capítulo VI del Código Alimentario Argentino.

Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/caa_cap_vi_feb2021.pdf.

—Capítulo VIII del Código Alimentario Argentino.

Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_viii_lacteos_actualiz_2020-01.pdf.

—Capítulo IX del Código Alimentario Argentino.

Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_ix_harinasactualiz_2020-01.pdf.

—Capítulo XVIII del Código Alimentario Argentino.

Disponible en: [http://www.anmat.gov.ar/webanmat/codigoa/CAPITULO_XVIII_Aditivos\(actualiz-2009-10\).pdf](http://www.anmat.gov.ar/webanmat/codigoa/CAPITULO_XVIII_Aditivos(actualiz-2009-10).pdf)

—Fennema, O. (2000). Química de los Alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, España. (Capítulo XII).

—Jinap, S.; & Hajeb, P. 2010. Glutamate. Its applications in food and contribution to health. Appetite, 55: 1-10.

—Yúfera, E. P. (1998). Química de los Alimentos. Editorial Síntesis, España. (Capítulo XIII).

—Wong, Dominic W. S. (1995). Química de los alimentos. Editorial Acribia, España. (Capítulo IX).

03

Capítulo 3

Actividad de agua en los alimentos

3.1. Introducción

El agua puede ser considerada como la molécula de la vida, puesto que todas las formas de vida conocidas dependen de ésta, es la sustancia más abundante de la tierra y su atmósfera, cubre la superficie del planeta y es el compuesto esencial para el desarrollo de la vida de los seres vivos.

La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno (H) unidos a un átomo de oxígeno (O) por medio de dos enlaces covalentes. El ángulo entre los enlaces H-O-H es de $104,5^\circ$ (Figura 4).

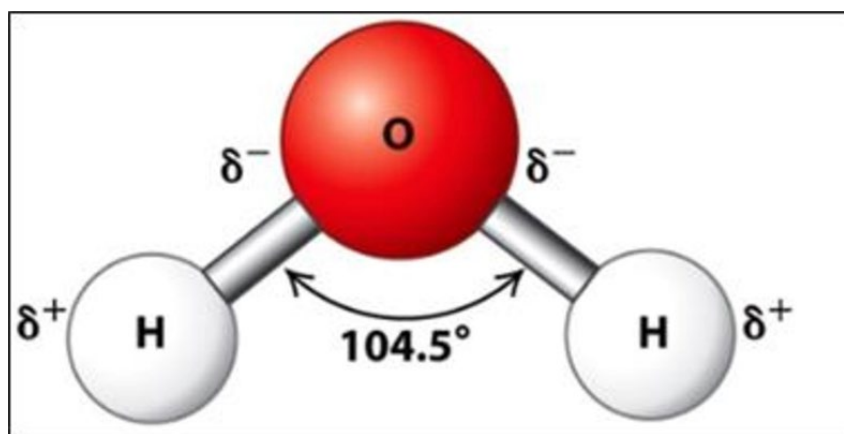


FIGURA 4: ÁNGULO DE ENLACE DE H-O-H Y CARGAS PARCIALES EN EL OXÍGENO E HIDRÓGENO DE LA MOLÉCULA DE AGUA.

El oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno y atrae con más fuerza a los electrones de cada enlace. Entonces, si bien la molécula de agua es eléctricamente neutra, en el oxígeno se genera una carga eléctrica negativa porque atrae los electrones del enlace con cada hidrógeno. Mientras que se produce una carga parcial positiva sobre los átomos de hidrógeno, porque están cediendo parcialmente los electrones por la atracción generada por el oxígeno.

Esto da lugar en la molécula de agua a lo que se denomina dipolo eléctrico y es lo que permite que se formen los puentes de hidrógeno. En este tipo de uniones, la carga parcial negativa del oxígeno de una molécula de agua atrae las cargas parciales positivas de los átomos de hidrógeno de otras moléculas de agua adyacentes y así es donde se forma el puente de hidrógeno (Figura 5).

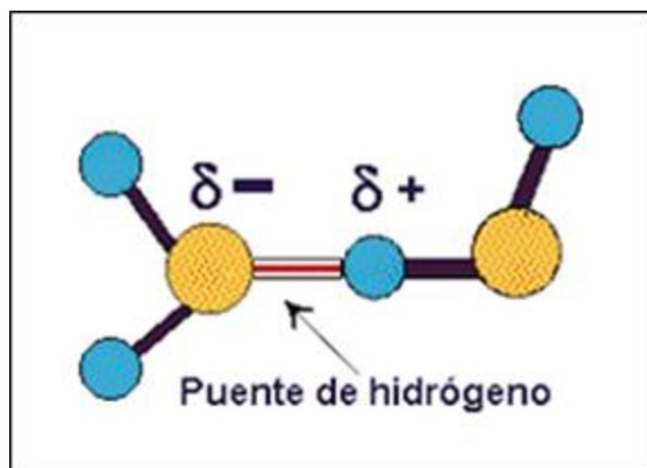


FIGURA 5: FORMACIÓN DE PUENTE DE HIDRÓGENO ENTRE MOLÉCULAS ADYACENTES DE AGUA.

De esta manera todas las moléculas de agua se van uniendo por medio de los puentes de hidrógeno, donde estos puentes son las líneas verdes, de la Figura 6, entre los átomos de oxígeno y los átomos de hidrógeno de moléculas de agua diferentes.

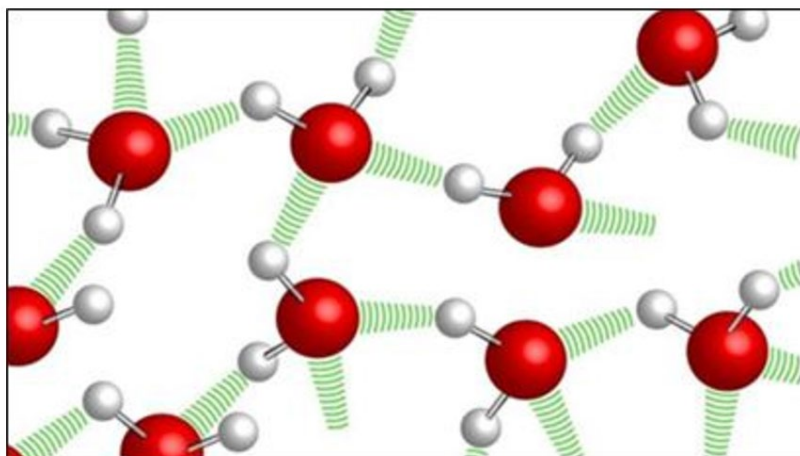


FIGURA 6: PUENTES DE HIDRÓGENO ENTRE MOLÉCULAS DE AGUA.

El agua es el disolvente universal dado que una gran cantidad de compuestos se pueden disolver en ella, como por ejemplo sales, compuestos iónicos, compuestos moleculares, etc. Para que el agua pueda disolver otras sustancias debe establecer puentes de hidrógeno como ocurre por ejemplo con el azúcar, alcohol, y otros compuestos. Las sustancias que forman puentes de hidrógeno con el agua, pudiéndose disolver o mezclar se denominan sustancias polares.

Aunque hay también compuestos que son insolubles en el agua, son los que se denominan no polares como el aceite, cloroformo, etc. Y con este tipo de sustancias el agua no puede establecer puentes de hidrógeno.

En el caso de las disoluciones iónicas, es decir, iones disueltos en agua, éstos son atraídos por los dipolos del agua y quedan recubiertos por las moléculas de la misma. Por ejemplo, en agua con sal (NaCl) los polos negativos de los átomos de oxígeno de las moléculas de agua, rodean a los cationes de sodio (que poseen carga positiva), y los polos positivos de los átomos de hidrógeno de las moléculas de agua, rodean los aniones de cloro (que tienen carga negativa). Es así como se disuelven los iones en el agua (Figura 7).

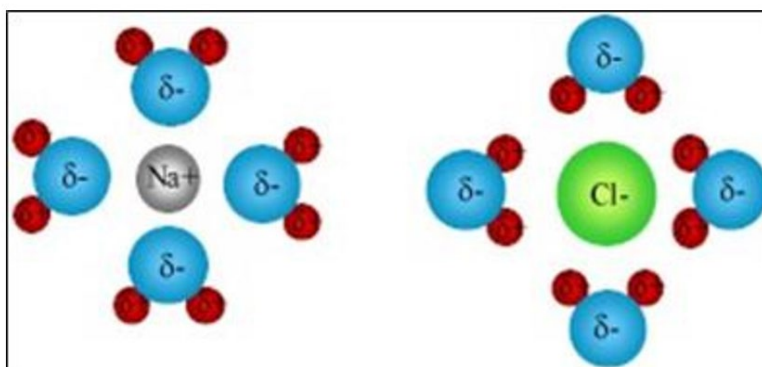


FIGURA 7: IONES DE SAL DISUELTOS EN AGUA.

El agua siempre ha estado ligada al desarrollo del hombre, los animales y las plantas, la misma representa casi 70% del peso del ser humano y está implicada en muchas de las funciones tales como digestión, absorción, metabolismo, transporte, secreción, excreción, reproducción, lubricación de articulaciones, regulación de temperatura y reacciones bioquímicas que ocurren en nuestro

cuerpo. Es por este motivo que es muy importante el consumo de agua potable y conocer los tipos de agua que se pueden consumir.

Según el Art. 982 del Código Alimentario Argentino - (Res MSyAS N° 494 del 7.07.94) se define al “*agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario, la que es apta para la alimentación y uso doméstico. Esta agua no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente*”.

El agua mineral, detallada en el al Art. 985 del Código Alimentario Argentino - (Res MSyAS N° 209 del 7.03.94), se define “*como un agua mineral natural apta para la bebida, de origen subterráneo, procedente de un yacimiento o estrato acuífero, no sujeto a influencia de aguas superficiales, y proveniente de una fuente explotada mediante una o varias captaciones en los puntos de surgencias naturales o producidas por perforación*”.

Mientras que el agua mineralizada artificialmente, según el Art. 995 del Código Alimentario Argentino - (Resolución Conjunta SPyRS y SAGPyA N° 12/2004 y N° 70/2004), es aquella que es elaborada con agua potable adicionada de minerales de uso permitido, gasificada o no, envasada en recipientes bromatológicamente aptos, de cierre hermético e inviolable. Debiendo cumplir los requisitos microbiológicos y de compuestos químicos y contaminantes establecidos para el agua mineral, según lo prescripto en el Artículo 985 mencionado. Y este producto se rotulará: Agua Mineralizada artificialmente con caracteres de buen tamaño, realce y visibilidad. Puede ser gasificada o no gasificada, según corresponda.

De modo que el agua potable es aquella que cumple con todos los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en el CAA haciendo que sea apta para su consumo. El agua mineral es aquella que también cumple con todos los requisitos alimentarios, pero se obtiene de una fuente natural la cual contiene además una cierta cantidad de minerales. Mientras que el agua mineralizada artificialmente es agua potable, cumple con todos los requisitos establecidos en el CAA y se le han adicionado minerales.

3.2. Actividad del agua

La actividad del agua es un concepto que se relaciona con el contenido de agua de un alimento.

Desde hace tiempo se observó que el agua presente en los tejidos vegetales y animales, puede estar más o menos disponible y es así como surge el concepto de agua libre y agua ligada.

La disponibilidad de agua en un alimento, es el agua que se encuentra libre en el mismo y es necesaria para que las bacterias se multipliquen. Estas moléculas de agua “no comprometidas” con ningún nutriente reciben el nombre de actividad de agua, y su valor se indica con un número que va desde 0 hasta 1. Normalmente se expresa con las siglas a_w , que significa wáter activity, lo que quiere decir “actividad de agua” en inglés.

$$a_w = \frac{P}{P_0}$$

La actividad de agua de un alimento se calcula con la relación entre la presión de vapor de agua de una solución o alimento (P) y la presión de vapor de agua del agua pura (P₀). La a_w del agua pura es 1.

Una definición más sencilla sería que la a_w es la cantidad de agua libre que hay en un alimento, es decir, la cantidad de agua disponible para reaccionar químicamente con otras sustancias y provocar

el crecimiento microbiano, respecto del agua total. El resto de agua que permanece en el alimento es el agua ligada, que está combinada con otros elementos y no está disponible para los microorganismos y, por lo tanto, no afecta al desarrollo de los mismos.

3.3. Actividad de agua y contenido de agua / humedad relativa

No es lo mismo hablar de contenido de agua o contenido de humedad, que hablar de actividad del agua. El contenido de agua o de humedad de un alimento, hace referencia a la cantidad total de agua que contiene, sin hacer referencia a qué fracción del agua está ligada a otras sustancias, en consecuencia, no proporciona información exacta sobre el crecimiento microbiano, ni reacciones de deterioro.

Si bien es cierto que al aumentar el contenido de agua o humedad también suele aumentar la actividad del agua, no puede establecerse una relación lineal entre ambos parámetros.

La a_w es probablemente el parámetro más importante en el campo de la conservación de alimentos ya que es un indicador del crecimiento microbiano de los alimentos y de la velocidad de deterioro de éstos.

En el área de la seguridad alimentaria, conociendo la actividad del agua de un alimento, puede predecirse qué tipo de microorganismos se van a desarrollar. También, es un indicador de propiedades físicas, tales como la textura, color, el sabor, la consistencia y el aroma.

3.4. Comportamiento de la actividad del agua y humedad relativa del ambiente

Cuando un producto está expuesto al ambiente, la actividad del agua del producto tiende a equilibrarse con la humedad relativa del aire que lo rodea.

Los productos con alta actividad del agua tienen una textura jugosa, húmeda, blanda, pero cuando baja la actividad del agua se pierde parte de esa humedad y se vuelven productos secos. Por ejemplo, si se deja un embutido o un queso sin tapar, el alimento tiene una alta actividad del agua mientras que el aire que lo rodea está más seco, por lo tanto, el producto empieza a liberar humedad al ambiente hasta alcanzar el equilibrio, provocando que la capa superficial del alimento quede totalmente reseca.

En cambio, los productos con baja actividad de agua tienen una textura seca, crujiente y cuando sube la actividad del agua se vuelven blandos y remojados. Por ejemplo, al dejar una caja de galletas abierta, el aire es mucho más húmedo que las galletas, de modo que éstas irán absorbiendo la humedad hasta alcanzar el equilibrio, quedando totalmente remojadas/húmedas y perdiendo su textura crujiente.

En los productos alimenticios formados por varias materias primas, el agua siempre migra desde los alimentos con alta actividad del agua a los alimentos con baja actividad del agua. Por ejemplo, en un sándwich de tortilla (Figura 8), el mismo está formado por el pan, que tiene baja actividad del

agua, y por la tortilla que tiene una alta actividad del agua. Si este bocadillo no se consume rápidamente, el pan queda totalmente reblandecido porque absorberá el agua libre que posee la tortilla.

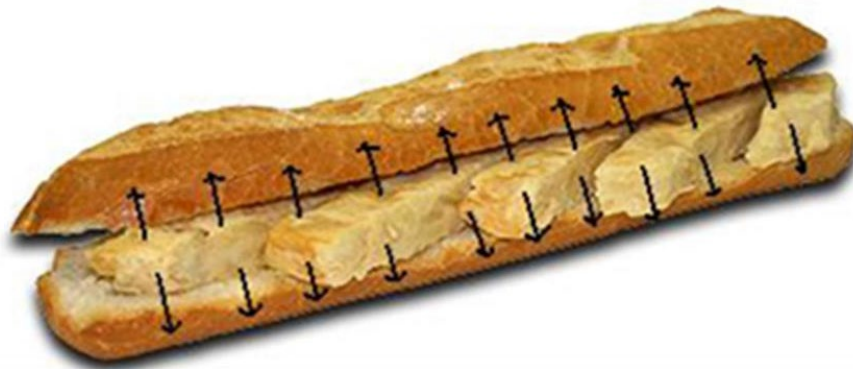


FIGURA 8: INDICACIÓN DE LA MIGRACIÓN DEL AGUA LIBRE EN UN SÁNDWICH DE TORTILLA.

3.5. Actividad de agua y crecimiento microbiano

Cuanto más cercano a cero es el valor de la actividad de agua, menos disponible está el agua para las bacterias y mayor tiempo durará el alimento sin deteriorarse. La mayoría de los alimentos frescos tienen valores de actividad de agua cercanos a 1. Cuando un microorganismo se encuentra en un alimento con una actividad de agua menor que la que necesita, su crecimiento se detiene. Esta detención del crecimiento no suele llevar asociada la muerte del microorganismo, sino que éste se mantiene en condiciones de resistencia durante un tiempo más o menos prolongado. En el caso de las esporas, la fase de resistencia puede ser considerada prácticamente ilimitada.

La gran mayoría de los microorganismos requieren valores de actividad de agua muy altos para poder crecer. De hecho, los valores mínimos de actividad para diferentes tipos de microorganismos son, a título orientativo, los siguientes: bacterias $a_w > 0,90$, levaduras $a_w > 0,85$, hongos filamentosos $a_w > 0,80$. Como puede observarse, los hongos filamentosos son capaces de crecer en sustratos con una menor actividad de agua (productos mucho más secos) del nivel necesario para el crecimiento de bacterias o de levaduras. Por esta razón se puede producir deterioro de alimentos de baja actividad de agua (por ejemplo, el queso o almíbares) por mohos (hongos filamentosos) y no por bacterias. En la tabla 10 se presentan ejemplos de alimentos y su respectiva a_w :

ALIMENTOS	A_w
Vegetales y frutas secas	> 0,97
Frutos de mar y pollo fresco	> 0,98
Carne fresca	> 0,95
Huevo	> 0,97
Quesos (no todos)	0,68 a 0,76

ALIMENTOS	A_W
Queso parmesano	0,68 a 0,76
Carne curada	0,87 a 0,95
Nueces	0,66 a 0,84
Helado de frutas	0,75 a 0,80
Gelatina	0,82 a 0,94
Arroz	0,80 a 0,87
Harina de trigo	0,67 a 0,87
Miel	0,54 a 0,75
Frutos secos	0,51 a 0,89
Caramelo	0,60 a 0,65
Cereales	0,10 a 0,20
Azúcar	0,10

TABLA 10: ALIMENTOS Y SU ACTIVIDAD DE AGUA (a_w).

En una $a_w=0,98$ pueden crecer casi todos los microorganismos patógenos y dar lugar a alteraciones y toxi-infecciones alimentarias. Los alimentos más susceptibles son la carne o pescado fresco y las frutas o verduras frescas.

A una a_w entre 0,93 y 0,98: pueden formarse un gran número de microorganismos patógenos. Los alimentos más susceptibles son los embutidos fermentados o cocidos, quesos de corta maduración, carnes curadas enlatadas, productos cárnicos o pescado ligeramente salados y el pan.

Entre los valores de 0,85 y 0,93 para la actividad de agua, en este caso, como bacteria, solo crece *Staphylococcus aureus* que puede dar lugar a una toxiinfección alimentaria. Sin embargo, los hongos aún pueden crecer con esos valores de a_w . Como alimentos más destacados figuran los embutidos curados y madurados, el jamón serrano o la leche condensada.

A una a_w de entre 0,60 y 0,85: las bacterias ya no pueden crecer en este intervalo, si hay contaminación se debe a microorganismos muy resistentes a una baja actividad de agua, los denominados osmófilos o halófilos. Puede darse el caso en alimentos como los frutos secos, los cereales, mermeladas o quesos curados.

Mientras que en una actividad de agua por debajo de 0,60 no hay crecimiento microbiano, sí puede haber microorganismos debido a una contaminación durante su producción que sobrevivan largos periodos de tiempo. Es el caso del chocolate, la miel, las galletas o los dulces.

En general, las bacterias de deterioro comunes se inhiben a una a_w aproximadamente de 0,97; los clostridios patógenos a partir de una a_w de 0,94, y la mayor parte de la especie de *Bacillus* a una $a_w=0,93$. *Staphylococcus aureus* es el patógeno que posee mayor tolerancia a la a_w , pudiendo crecer incluso en un valor de 0,86. Muchos hongos y levaduras son capaces de proliferar en una a_w debajo de 0,86; algunas levaduras osmofílicas y hongos xerófilos pueden crecer lentamente a una a_w ligeramente mayor a 0,60. En consecuencia, para conservar un alimento utilizando como factor de estrés sólo la reducción de a_w , ésta debiera disminuirse a 0,60.

La reducción de la actividad de agua para limitar el crecimiento bacteriano tiene una importante aplicación en la industria alimentaria. La utilización de almíbares, salmueras y salazones reduce la actividad de agua del alimento para evitar su deterioro bacteriano.

3.6. La actividad de agua durante la congelación

Cuando se congela un alimento, es el agua libre de éste la que va a formar los cristales de hielo y es justamente esa agua la disponible para el crecimiento bacteriano. Es así que los microorganismos no dispondrán del agua libre y esa es la base de la conservación de alimentos por congelación. Mientras que el agua ligada intrínsecamente a la estructura del alimento no se va a modificar y no influye en el deterioro del mismo, porque no puede ser utilizada por los microorganismos.

Un punto importante a considerar en la congelación de los alimentos, es que ésta debe ser lo más rápida posible para que se formen cristales de hielo pequeños y de esta manera no afecten la textura del alimento. Si la congelación se realiza de forma lenta, los cristales de hielo finales serán grandes pudiendo dañar la estructura del alimento.

3.7. La actividad de agua y la incorporación de solutos

La incorporación de solutos como por ejemplo sal o azúcar se va a unir al agua libre, evitando que ésta esté disponible para los microorganismos y disminuyendo la actividad del agua del alimento. De modo que la incorporación de solutos incrementa la vida útil de los alimentos. En la Tabla 11, se expone el efecto de la adición de solutos en la a_w , la relación entre el descenso de la a_w y la adición de sal (NaCl):

A_w	CONCENTRACIÓN DE NaCl (%)
0,995	0,9
0,99	1,7
0,98	3,5
0,96	7
0,94	10

A_w	CONCENTRACIÓN DE NaCl (%)
0,92	13
0,90	16
0,88	19
0,86	22

TABLA 11: CONCENTRACIÓN DE NaCl Y a_w .

3.8. Actividad de agua y deshidratación

La actividad de agua se puede disminuir durante la cocción de los alimentos por evaporación de la misma, cocinando el producto por un tiempo más prolongado para que se evapore más agua. Aunque hay tratamientos que permiten eliminar una importante cantidad del agua disponible en el alimento. En sentido estricto, la *Desecación* es el término que se utiliza cuando la eliminación de agua es por medios naturales y en condiciones no controladas; por ejemplo, colocando los alimentos al sol y a temperatura ambiente, y que el secado se produzca por las condiciones de baja humedad en el ambiente. En cambio, la *Deshidratación*, implica el control de las condiciones climáticas del medio y, por lo tanto, resulta más costosa. La deshidratación se realiza a nivel industrial con temperaturas controladas y aire forzado, se puede aplicar además dióxido de azufre para frenar la oxidación y fermentación de determinados alimentos.

La deshidratación o desecación de alimentos consiste en eliminar la mayor cantidad posible de agua del alimento seleccionado, bajo una serie de condiciones controladas como temperatura, humedad, velocidad y circulación del aire. Como el agua es el elemento básico para la vida humana, pero también para la vida microbiana, al retirarla, ayuda a darle una vida útil más prolongada al alimento.

El desecado/deshidratado provoca que el alimento en cuestión se reduzca en tamaño debido a que ha perdido gran parte de su volumen (agua) y como resultado se obtiene un alimento de consistencia más liviana y pequeña, de un buen sabor y olor, el cual es muy resistente y de fácil transporte, con un riesgo mínimo de descomposición o crecimiento microbiano debido a la baja a_w final del producto.

No es necesario eliminar toda el agua del alimento, debido a que a partir una determinada a_w los microorganismos no pueden sobrevivir. Los alimentos totalmente deshidratados, por ejemplo, tienen valores de a_w aproximadamente iguales a 0,30, para controlar no sólo el crecimiento microbiano sino también las reacciones químicas de deterioro.

3.9. Actividad de agua y liofilización

El proceso de liofilización tiene sus orígenes en el Imperio Inca, en el altiplano andino a 4000 metros sobre el nivel del mar. Allí los pobladores realizaban y continúan realizando un producto

denominado *Chuño*, resultado de la deshidratación de la papa. La técnica consiste en dejar las papas cosechadas sobre el suelo, de manera que durante la noche se congelen como consecuencia de las muy bajas temperaturas, y durante el día el sol y el viento seco produzcan el cambio de estado del agua (desde el sólido al vapor sin mediar la fase líquida lo que se denomina sublimación).

Con el paso de los años se desarrolló industrialmente esta técnica de conservación que integra dos métodos confiables: la congelación y la deshidratación. La técnica, conocida como liofilización, se realiza en cuatro etapas:

1. Preparación del alimento, que consiste en el lavado, pelado, cortado, blanqueado y acondicionado general del alimento.
2. Congelación del alimento a temperaturas entre -20°C y -40°C de forma rápida para evitar que se formen cristales de hielo de mayor tamaño.
3. Deshidratación primaria por sublimación del agua congelada (hielo), que consiste en reducir la presión (generando vacío) y aplicar calor al alimento (sin subir la temperatura) para que el hielo se evapore.
4. Deshidratación secundaria, que consiste en evaporar el agua no congelada (o agua ligada) que se encuentra en el alimento con el fin de lograr que el porcentaje de humedad final sea menor al 2%. Para ello se disminuye la presión al mínimo y se sube la temperatura.

Por medio de la liofilización se puede extraer más del 95% del agua contenida en un alimento, lo que se traduce en un gran beneficio con relación al costo del transporte, ya que permite cargar mayor cantidad de mercadería sin necesidad de cadena de frío (se logra un producto más estable microbiológicamente). Al finalizar el proceso de liofilización, el alimento se convierte en una estructura rígida que conserva la forma y el volumen, pero con peso reducido, preservando sus características nutritivas y organolépticas. La ventaja de esta técnica es que al rehidratar el alimento se recuperará la textura, el aroma y el sabor original.

Con relación a la industria de los alimentos, se comenzó a utilizar en la fabricación de productos especiales para montañistas, astronautas, bases militares y otros similares. Desde hace un tiempo se comercializan alimentos liofilizados tanto como ingredientes industriales como para el consumidor en general, ampliándose así el mercado de estos productos de alto valor agregado. En la Figura 9 se observan algunos ejemplos de alimentos liofilizados.



FIGURA 9: ALIMENTOS LIOFILIZADOS.

3.10. Referencias

—Alzamora, S. M.; Guerrero, S. N.; Nieto, A. B.; & Vidales, S. L. (2004). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST), Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura (AGS) FAO.

Disponible en: <http://www.fao.org/3/y5771s/y5771s00.htm#Contents>.

—Consejo Argentino sobre Seguridad y Seguridad Alimentaria. (2022). LIOFILIZACIÓN DE ALIMENTOS: DOS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN EN UNO.

Disponible en: <https://infoalimentos.org.ar/temas/inocuidad-de-los-alimentos/438-liofilizacion-de-alimentos-dos-metodos-de-conservacion-en-uno>.

—Fennema, O. Química de los Alimentos. Segunda edición. 2000. Editorial Acirbia. España. (Capítulo II).

—Ginferrer Morato, N. (2008). El agua de los alimentos. Consumer Eroski.

Disponible en: <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-agua-en-los-alimentos.html>.

—Rosendo, I. G. (2017). Chuño, el secreto milenario de los Andes para lograr que una papa dure 20 años. BBC Mundo.

Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40219883>.

—Parzanese, M. (2017). Tecnologías para la Industria Alimentaria. Liofilización de alimentos. Alimentos Argentinos-Min Agri.

Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizados.pdf.

—Tinoco Martínez, G. (2016). El agua en la industria alimenticia. Sitio Argentino de Producción Animal.

Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/82-El_agua_en_la_industria.pdf.

04

Capítulo 4

Pigmentos de los alimentos

4.1. Información teórica

La calidad de los alimentos está relacionada con el color, sabor, aroma, textura, valor nutritivo, entre otras. Sin embargo, uno de los atributos más importantes de la calidad sensorial de un alimento es el color. Este atributo definirá cuán atractivo es un alimento sin aún haberlo consumido.

La aceptabilidad del color de un alimento cualquiera, se ve influenciado por muchos factores tales como culturales, geográficos y sociales de la población. Naturalmente, el color de los alimentos, así como otros hábitos alimentarios, pueden ser considerados como parte de la cultura culinaria característica de una región específica. Sin embargo, con independencia de las características o hábitos de una zona determinada, ciertos grupos de alimentos son solamente aceptables si están comprendidos dentro de una cierta escala de color. Además, la aceptación se ve reforzada por su valor económico puesto que en muchos casos el valor de las materias primas alimentarias se juzga por su color.

Se debe realizar una aclaración de ciertos conceptos vinculados con la coloración:

—La palabra color se utiliza para indicar la percepción por el ojo humano de los productos coloreados, tales como rojo, verde o azul.

—El término colorante es una designación general que se refiere a cualquier compuesto químico que imparte color.

—La palabra pigmento se refiere a los constituyentes normales de las células o tejidos que imparten color. Los pigmentos pueden tener propiedades que van más allá de las de los colorantes, por ejemplo, como receptores de energía, transportadores de oxígeno o protectores contra las radiaciones.

—El término inglés *dye* se relaciona con los colorantes utilizados en la industria textil y no se utiliza cuando nos referimos a los alimentos.

—Un aditivo de color se refiere a cualquier compuesto o grupo de compuestos que imparte color.

El color de un alimento se debe a los pigmentos naturales existentes en el mismo, excepto en el caso de que se le hayan añadido colorantes. Por lo tanto, para conseguir la aceptabilidad y el color deseado, es esencial conocer los pigmentos en cuestión, como influyen en los alimentos, y los procesos y procedimientos que pueden afectarlos. A continuación, se detallarán los tipos de pigmentos.

4.2. Pigmentos genuinos de los alimentos

4.2.1. Clorofilas

La denominación “clorofila” se usó originalmente para describir aquellos pigmentos verdes implicados en la fotosíntesis de las plantas superiores. En la actualidad, se ha extendido a toda clase de pigmentos fotosintéticos. En la Figura 10 se muestra la estructura de la clorofila, compuesta básicamente por cuatro pirroles que forman un quelato con el magnesio.

Cuando las verduras verdes se cocinan, la clorofila permanece en los cloroplastos, pero no está protegida ante la acción del calor, de modo que se pueden formar feofitinas. Se denomina feofitina a las moléculas de clorofila carentes de magnesio.

La velocidad y extensión del cambio a feofitinas está influenciada por diversos factores, incluidos el tiempo de calentamiento, pH, temperatura, enzimas y metales. La duración del calentamiento influye en la alteración de la pigmentación, a mayor temperatura se incrementa la conversión de clorofila a feofitina. Y la *clorofila a* se convierte 7 a 9 veces más rápido que la *clorofila b*. La *feofitina a* es de color verde grisáceo y la *feofitina b* es de color verde amarillento débil.

En la formación de feofitinas un factor de suma importancia es la presencia de ácidos que se generan durante la cocción de las verduras. En las espinacas, coles de Bruselas, guisantes y judías verdes existen o se producen diez ácidos durante el procesado térmico, pero los principales ácidos que participan en la degradación del pigmento son el acético y el pirrolidón-carboxílico. Los ácidos carboxílicos son los que más afectan a la clorofila. El átomo de magnesio de la molécula de clorofila es desplazado y sustituido por dos átomos de hidrógeno.

Casi todos los sistemas de procesado de alimentos solos o combinados con almacenamiento producen algún deterioro de los pigmentos clorofila. Por ejemplo, los productos deshidratados guardados en envases claros se foto-oxidan con pérdida del color deseado. En los alimentos deshidratados se produce la conversión de clorofila en feofitina y esta conversión está directamente relacionada con el grado de escaldado que sufren los alimentos antes de la deshidratación.

La temperatura para escaldar las verduras puede afectar la conversión de clorofila a feofitina. En estudios realizados en chauchas verdes que fueron sometidas a diversos tratamientos de escaldado, la conversión de clorofila en feofitina fue superior a las escaldadas durante 2 minutos a 70°C, que en las no escaldadas o escaldadas a 100°C. Este resultado se relacionó con el hecho de que a 70°C se activan ciertas enzimas presentes en las chauchas verdes, que disminuyen el pH favoreciendo la conversión de clorofila a feofitina.

Al liofilizar las espinacas escaldadas, la transformación de *clorofila a* en feofitina es 2,5 más rápida que la de la *clorofila b*, y además es función de la actividad de agua.

Las verduras pueden mostrar cambios de color al congelarlas y almacenarlas posteriormente. Estos cambios se ven influidos por el tiempo y temperatura de escaldado anterior a la congelación. Además, la radiación gamma y el posterior almacenamiento produce la degradación de las clorofilas a feofitinas.

Se han realizado numerosas investigaciones para la conservación del color verde de las hortalizas procesadas térmicamente. Uno de los procesos consiste en el empleo de sales alcalinas, hidróxidos de calcio y/o magnesio, para fijar el catión magnesio en la molécula de clorofila. Este preparado da un producto inmediatamente atractivo después del tratamiento térmico, pero no cuando se conserva. Otra opción es el empleo de métodos de temperatura alta y tiempo corto, tienen la ventaja adicional que ocasionan la destrucción microbiana con menos degradación química, que la que ocurre durante el procesado convencional.

En la actualidad, la mejor manera de mantener la estabilidad de la clorofila es trabajar con productos de alta calidad, procesarlos lo más rápidamente posible y almacenarlos a temperaturas bajas.

Una técnica en el cocinado para minimizar los efectos del ácido sobre el color de las verduras cocinadas, es realizar la cocción en abundante agua hirviendo para diluir el ácido y con la cacerola sin tapar, especialmente durante los primeros minutos, para eliminar los ácidos volátiles. Por último, se debe tener en cuenta que los metales, en particular los iones de cobre o de zinc, pueden sustituir al magnesio desplazado y restablecer el color verde de la clorofila.

4.2.2. Mioglobina

4.2.2.1. Características:

La carne, a fines prácticos tiene dos tipos de pigmentos, la hemoglobina y la mioglobina, y ambas son proteínas complejas. La química del color de la carne se relaciona con la presencia de los grupos hemo (Figura12), más específicamente, con los provenientes de la mioglobina.

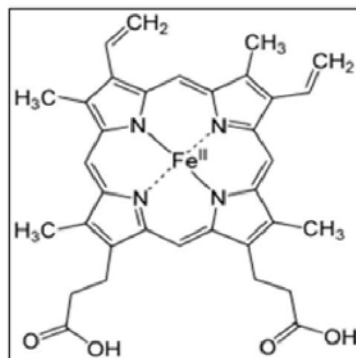


FIGURA 12: ESTRUCTURA DEL GRUPO HEMO.

En el animal vivo, la mioglobina contiene solamente el 10% del hierro total, pero durante el sacrificio, el sangrado elimina la mayor parte del hierro como hemoglobina y en una pieza de músculo esquelético de ganado vacuno bien sangrada, 95% o más del hierro que queda es considerado como mioglobina. Dependiendo de la eficacia de la sangría, la mioglobina es de 3 a 9 veces superior que la hemoglobina que es un pigmento sanguíneo. Esto quiere decir que en un corte de carne el color se debe a la presencia de la mioglobina, que es un pigmento muscular de la carne y es el único presente en cantidades lo suficientemente grandes como para colorear la misma.

La mioglobina es una proteína muscular compleja con función similar al pigmento sanguíneo hemoglobina y ambas tienen la propiedad de formar un complejo con el oxígeno necesario para la actividad metabólica del animal. La hemoglobina contiene cuatro cadenas polipeptídicas y cuatro grupos hemo. Y son estos grupos los que contienen un átomo de hierro en el centro (Ver Figura13), cuya función es combinarse reversiblemente con una molécula de oxígeno la cual es transportada por la sangre desde los pulmones a los tejidos.

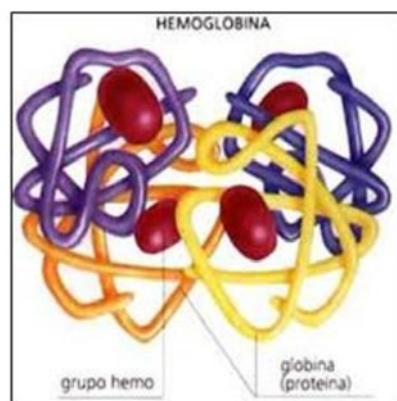


FIGURA 13: ESTRUCTURA DE LA HEMOGLOBINA.

En cambio, la mioglobina tiene un cuarto del tamaño que la hemoglobina y está formada por una cadena polipeptídica de unos 150 restos de aminoácidos unidos a un solo grupo de hemo que contiene un átomo de hierro (ver Figura14). El átomo de hierro es un agente importante en el color

de la carne. Esta proteína forma parte de las proteínas sarcoplasmáticas del músculo y su función es almacenar oxígeno para el metabolismo aeróbico en el músculo. Entonces la hemoglobina transporta el oxígeno en sangre mientras que la mioglobina lo almacena para ser utilizado luego en el músculo.

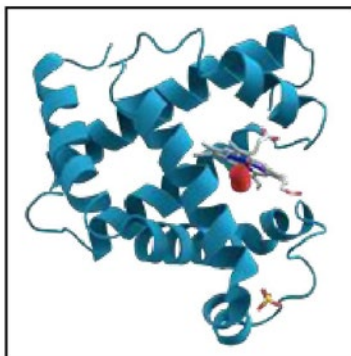


FIGURA 14: ESTRUCTURA DE LA MIOGLOBINA, DONDE EL CÍRCULO ROJO ES EL GRUPO HEMO.

De acuerdo a la actividad que tengan los músculos dependerá de la cantidad de oxígeno que necesiten, lo que determinará la cantidad de mioglobina que tenga ese músculo. Es por este motivo que se encuentran distintas concentraciones de mioglobina en varios músculos del animal y a mayor concentración de esta proteína más intensa es la coloración del músculo. Además, la coloración de la carne puede variar dependiendo de la edad del animal o de la parte del cuerpo. Las carnes con mayor cantidad de mioglobina son las de color rojo como la de res o cordero. Mientras que las carnes blancas, debido al bajo contenido de esta proteína, son las de pollo, pavo o conejo.

Aunque también la forma que adopta la misma mioglobina es otro factor que influye en la coloración de la carne. El ciclo de color de las carnes frescas es reversible y dinámico, relacionado con tres tipos de pigmentos que son la oximioglobina, mioglobina y metamioglobina, interconvirtiéndose constantemente.

El color púrpura intenso denominada mioglobina o deoximioglobina (Figura 15a) se produce cuando la carne fue cortada y no está expuesta al oxígeno, por ejemplo, al ser envasada al vacío. A medida que el oxígeno del aire entra en contacto con la superficie expuesta de la carne éste se absorbe y se liga al hierro, generando que el color de la superficie de la carne se cambia conforme la deoximioglobina se oxigena. Al oxigenarse se genera otro pigmento, llamado oximioglobina, que le da a la carne de res el color rojo cereza brillante (Figura 15b). Este es el color que los consumidores asocian con la frescura.

A presiones de oxígeno elevadas se favorece la reacción de la deoximioglobina hacia la oximioglobina. Sin embargo, cuando la presión de oxígeno es baja, éste se asocia y disocia continuamente del complejo hemo, entonces el pigmento mioglobina es oxidado a metamioglobina produciendo un color pardo en la carne (Figura 15c).



FIGURA 15: DEOXIMIOGLOBINA (CARNE COLOR PÚRPURA), OXIMIOGLOBINA (CARNE DE COLOR ROJO), METAMIOGLOBINA (CARNE DE COLOR MARRÓN) (BOLES & PEGG, 2011).

En la Figura 16 se pueden observar las reacciones de las diferentes mioglobinas y cómo influye el oxígeno y el hierro en la coloración de la carne. La oximioglobina, comúnmente conocida como el color de la carne fresca, es el color más deseable para este tipo de productos. Mantener este color requiere que la superficie de la carne esté libre de cualquier contaminación lo cual podría causar una reacción química que llevaría a la formación del pigmento café metamioglobina. También, el oxígeno debe estar disponible a una concentración suficiente con el fin de combinarse con la deoximioglobina para formar oximioglobina (Figura 16).

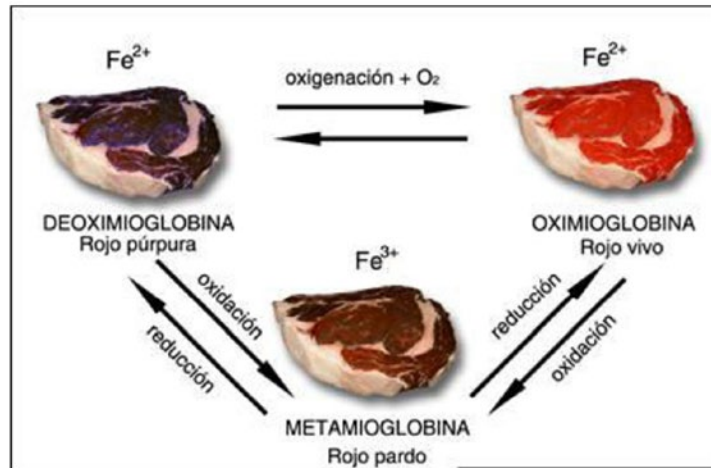


FIGURA 16: REACCIONES INVOLUCRADAS CON EL OXÍGENO EN LA MIOGLOBINA DE LA CARNE.

La carne fresca empacada al vacío tiene un color rojo púrpura oscuro porque el oxígeno se eliminó del empaque y las enzimas reductoras convirtieron el pigmento de la carne otra vez a deoximioglobina. Una vez que la carne se saca del empaque al vacío recuperará el color rojo brillante, aunque por un periodo más corto que su contraparte empacada sin vacío.

El cambio de deoximioglobina a oximioglobina y viceversa generalmente ocurre muy fácilmente. Similarmente, la reacción que produce la metamioglobina de la carne café ocurre con facilidad, pero el reverso de ésta es más difícil. La metamioglobina se asocia con la carne poco oxigenada y su formación puede deberse a dos motivos: 1) por un envase modificado o al vacío, en el que puede quedar una leve presencia de oxígeno lo que genera el pigmento amarronado de la mioglobina; o 2) presencia de bacterias aeróbicas en la superficie de la carne que utilizan el oxígeno y por ello este no queda disponible para la mioglobina, con lo cual se genera metamioglobina. En este último caso, la carne no se encuentra apta para su consumo por una contaminación biológica en la misma, producto de la elevada presencia bacteriana.

4.2.2.2. Mioglobina y rigor mortis

El valor de pH *post mortem* tiene una gran influencia en la pigmentación final de la mioglobina en el músculo del animal.

El pH normal disminuye en músculos de la carne vacuna desde, aproximadamente, 7.0-7.2 a cerca de un pH 5.5-5.7. Algunos grupos musculares alcanzan la rigidez cadavérica a los 30-60 minutos y otros requieren unas 24 horas. Con esta disminución de pH, todo el tejido tiene el color característico deseado en la carne de res.

Si el pH disminuye al pH normal de 5.5-5.7 en 45 minutos o menos (siempre teniendo en cuenta el tipo de especie de animal), el músculo parecerá muy pálido y suave. Es por ello que un pH muy bajo (<5,4) producirá un color aún más pálido.

Mientras que, si el pH no desciende lo suficiente *postmortem*, la carne será oscura con una superficie mate y seca. Esto se debe a que un valor de pH final alto puede afectar la estabilidad del color de la carne fresca porque afecta la actividad enzimática y la rapidez de oxigenación. El pH debe descender para que se activen las enzimas reductoras para convertir la metamioglobina de regreso a oximioglobina, como se muestra en la Figura 17.

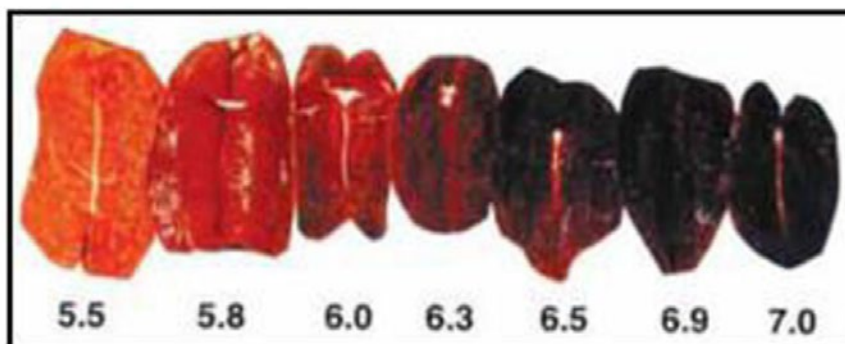


FIGURA 17: CARNE DE RES: RELACIÓN ENTRE EL PH FINAL DE LA CARNE Y EL COLOR DE LA MISMA. FOTO DE ARIE GRAFHUIS, MIRINZ.

Tanto el tiempo de almacenamiento como la temperatura tienen un gran efecto en la estabilidad del color. La aceptabilidad disminuye conforme el tiempo de almacenamiento aumenta y el color es afectado por la temperatura de almacenamiento. Los productos hechos con carne congelada serán inicialmente más oscuros y no mantendrán el color fresco tanto como los productos hechos con carne que no se ha congelado.

Los procesos térmicos también influyen en la mioglobina, ya que la misma se desnaturaliza por el calor. El pigmento de cocción es la metamioglobina desnaturalizada, es de color café y se reconoce fácilmente en productos cárnicos cocidos.

Además, el pH final de la carne o productos cárnicos afectarán el color de la carne durante la cocción. Por ejemplo, si la carne tiene un pH alto, se tendrá que cocinar a una temperatura final mayor para lograr el mismo grado visual del punto de cocción que si fuera un pH normal. Esta carne parece cruda en color, roja oscura o morada, mucho después de que se haya alcanzado la temperatura de cocción apropiada.

4.2.2.3. Mioglobina y carne curada

Los productos curados tienen una tonalidad rosa que es relativamente estable. Para formar esa tonalidad, el nitrito de sodio se unta en la superficie o se inyecta dentro de la carne con agujas. El nitrito, cuando se añade al agua forma ácido nitroso y al penetrar en la carne y combinarse con la mioglobina forma óxido nítrico-mioglobina. Este complejo no es estable hasta después de la cocción cuando se produce la desnaturalización de la mioglobina formándose nitrosilhemocromógeno (Figura18). Si bien es más estable este pigmento cocido, aún es sensible a la presencia de oxígeno, temperatura y luz, es por ello que generalmente los productos curados se empaacan al vacío en películas especiales protectoras de UV.

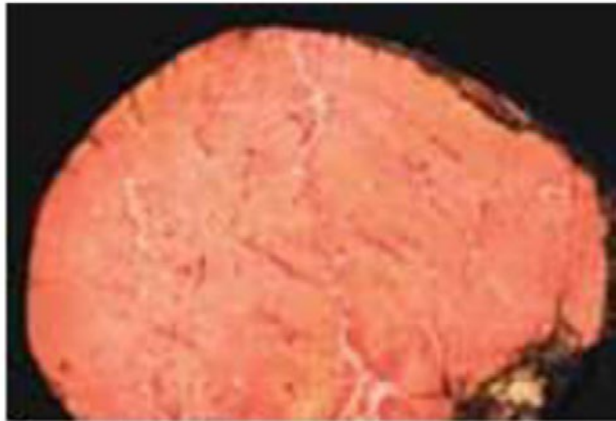


FIGURA 18: NITROSILHEMOCROMÓGENO: PIGMENTO DE CARNE COCIDA CURADA (BOLES & PEGG, 2011).

Varios problemas pueden surgir durante el curado de productos cárnicos que pueden generar el desarrollo de colores extraños. Uno de los más comunes es la oxidación del pigmento para formar un color verde o gris. Esto se produce generalmente por la contaminación de metales de los moldes si son viejos o se han soldado inapropiadamente con soldadura que contiene cobre o hierro.

Algunas veces el color rosa se puede formar en productos cárnicos cocidos sin curar. Esto puede deberse a varios factores y no se debe confundir con el fenómeno de difícil cocción causado por un pH alto de la carne. La carne de res cocida u otras carnes pueden contaminarse con sales de curación con nitritos por contacto con un producto curado, por una limpieza incompleta de utensilios usados con productos curados o por contacto con agua contaminada con nitritos. Se necesitan pequeñas cantidades de nitrito para desarrollar el color curado de la carne, el color rosa puede aparecer con niveles tan bajos como 5 partes por millón – que equivale a 5 miligramos por kg de carne de res. El color de la carne curada puede desarrollarse en la superficie si la contaminación ocurre durante el proceso de cocción o en toda la carne si ocurre antes, dependiendo del contacto y cantidad que haya de nitritos.

4.3. Flavonoides

Son pigmentos que se encuentran en la vacuola de la célula disueltos en la savia celular. Los flavonoides son pigmentos que tienen una estructura química similar a las de las antocianinas. En la actualidad se conocen aproximadamente unos 800 flavonoides y su número aumenta conforme se describen nuevos compuestos. Uno de los principales grupos es el de los flavonoles como el canferol, quercetina y mirecetina, los cuales existen en una cantidad considerable en el té en polvo (instantáneo), donde contribuyen a su astringencia. En el té verde, estos tres compuestos pueden alcanzar hasta el 30% del peso seco.

Otro grupo es el de las flavonas, integrado por ejemplo por la apigenina (pigmento amarillo) que se encuentra en la manzanilla. Dentro de este grupo hay dos de menor importancia como las charconas y las flavononas. Dentro del grupo de las flavononas se puede mencionar la Hesperidina que se encuentra en las frutas cítricas, como limones, naranjas, mandarinas y pomelos. Las charconas son pigmentos amarillos que pueden encontrarse en plantas como el sauce y el olivo.

Los flavonoides incluyen dos grupos principales de compuestos relacionados, las antocianinas y las antoxantinas, las cuales se explicarán en detalle en los siguientes apartados:

4.3.1. Antocianinas

Las antocianinas son un grupo de pigmentos de color rojo, púrpuras o azules que se encuentran en la savia celular de diversas frutas y de unas pocas hortalizas. Este tipo de pigmentos, son hidrosolubles y ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Diversas frutas, hortalizas y flores deben su atractiva coloración a este grupo de sustancias hidrosolubles que existen en el jugo celular.

Las antocianinas son responsables del brillo de las pieles rojas de los rábanos y de la piel púrpura oscura de la berenjena. El color rojo del repollo morado se debe a la presencia de una antocianina que está confinada a las capas celulares de la superficie de la hoja.

Entre las frutas que contienen pigmentos antocianinas se incluyen las zarzamoras, las frambuesas negras y rojas, los arándanos, las cerezas, las grosellas, las uvas, las granadas y las manzanas de piel roja.

Todas las antocianinas se derivan de la estructura básica del catión flavilio (ver Figura 19).

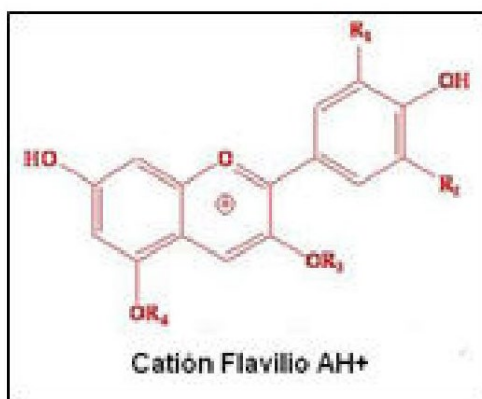


FIGURA 19: ESTRUCTURA BÁSICA DE LAS ANTOCIANINAS.

Las antocianinas cambian de color con el pH, lo que determina la coloración final que tendrá la materia prima, de acuerdo a lo descrito en la tabla 12:

pH	COLORACIÓN FINAL DEL ALIMENTO
Muy ácido	Rojo rubí
Poco ácido	Amorado
Nuetro	Violeta - negruzco
Alcalino	Verde - verde azulado - azul oscuro

TABLA 12: RELACIÓN EN EL PH EN LA QUE SE ENCUENTRA EL PIGMENTO ANTOCIANINA Y EL COLOR FINAL QUE APORTA LA MISMA.

Las antocianinas que tienen dos o más grupos hidroxilos adyacentes no sustituidos pueden reaccionar con el hierro, aluminio o estaño para formar complejos grisáceos azulados, haciendo poco atractivo el alimento. El efecto del hierro sobre el color del pigmento se puede demostrar fácilmente mediante el corte de tiras de repollo morado con un cuchillo oxidado. El hierro de la hoja reacciona con el pigmento del repollo para formar un complejo azul oscuro. El ácido disociará el complejo hierro-pigmento, lo cual puede demostrarse aplicando jugo de limón al repollo. El ácido desplaza la coloración a ión flavilio rojo.

Dado que estos pigmentos reaccionan con metales, es muy importante que los alimentos que contienen antocianinas sean procesados en latas de estaño esmaltadas. Las antocianinas contribuyen a la corrosión por fijación de los iones metálicos, a medida que son disueltos por el ácido o por eliminación de hidrógeno.

La acidez es un factor que favorece el color de las antocianinas, es por ello que en la mayoría de las frutas que contienen este pigmento no experimentan cambios de color indeseables durante el cocinado. Dentro de las hortalizas que se cocinan en el repollo morado su color rojo se vuelve azulado. El color puede ser modificado a un color rojizo más atractivo adicionando un ácido durante el cocinado.

Una alta temperatura de almacenamiento, el pH elevado, el contenido de oxígeno en el espacio de cabeza y la presencia de ácido ascórbico pueden favorecer la destrucción de la antocianina. La oxidación aeróbica del ácido ascórbico en las conservas induce la oxidación de la antocianina, dando lugar a un color pardo no deseable. Incluso a valores de pH bajo (pH aproximado de 2), en el cual las antocianinas son más estables, es considerable la destrucción causada por la interacción con el ácido ascórbico.

La acelerada decoloración de las antocianinas en presencia de ácido ascórbico, aminoácidos, fenoles, derivados de azúcares, etc.; puede ser causada por reacciones de condensación con estos productos. Los polímeros y compuestos de descomposición de estos productos forman compuestos denominados flavenos, que son de color rojo pardo. Por ejemplo, la mermelada de fresas después de 2 años de conservación a temperatura ambiente no muestra antocianinas detectables, pero, sin embargo, tiene un color pardo rojizo.

El sulfitado de las frutas es un proceso comercial importante para la conservación del fruto, previo a la transformación en mermeladas, confituras o cerezas marrasquino. La adición de sulfito o dióxido de azufre, tiene como resultado el blanqueo rápido de las antocianinas que a su vez resulta en colores amarillentos. La eliminación de sulfito por ebullición o acidificación durante la fabricación de las mermeladas regenera las antocianinas y su color característico.

4.3.2. Antoxantinas

Los pigmentos de este grupo son casi incoloros o de pálido color amarillo, son solubles en agua y se encuentran en las vacuolas de las células de las plantas. Se presentan solo en hortalizas débilmente coloreadas como las papas y las cebollas de piel amarilla.

El color de las hortalizas blancas a menudo se puede mejorar por adición de un compuesto ácido, como el cremor tártaro, al agua de cocinado, pero a costa de cierta firmeza de los tejidos.

Las antoxantinas se vuelven amarillas en presencia de álcalis debido a que tienen la capacidad de quelar metales. Las sales de hierro presentes en el agua pueden reaccionar con las antoxantinas produciendo la coloración amarillo-parda, a menudo observada en las hortalizas blancas cocinadas como por ejemplo las cebollas de piel amarilla.

4.3. Carotenoides

4.3.1. Características

Los carotenoides son pigmentos amarillos, naranjas o rojos denominados así debido a que el primer miembro del grupo fue aislado de las zanahorias (caroten inglés). Son un grupo de compuestos solubles en grasas y solventes orgánicos e insolubles en agua.

Los carotenoides están contenidos en los extractos naturales de bija o achiote, azafrán, pimentón, tomates y otras fuentes. Se encuentran además en forma de flucoxantina en diversas algas y en los tres principales carotenoides de las hojas verdes: luteína, violaxantina y neoxantina. La criptoxantina es un pigmento importante del maíz amarillo, las mandarinas y el pimentón. Otros carotenoides producidos en menores cantidades, pero ampliamente distribuidos, son el β -caroteno y la zeaxantina.

La zeaxantina se la puede encontrar por ejemplo en los espárragos y el β -caroteno en diversos alimentos como la zanahoria, damasco, mango, calabaza, o combinado con clorofila como en las espinacas o el perejil.

Otros pigmentos predominan en ciertas plantas como el licopeno en los tomates, la capsantina en los pimientos rojos y la bixina en la bija o achiote. La bixina derivada de la semilla de la planta bija o achiote se utiliza ampliamente en la industria láctea. Y el azafrán, contiene el carotenoide amarillo crocina.

Los carotenoides constituyen una clase de hidrocarburos denominados carotenos, todos tienen la misma estructura central (ver Figura 20) y de acuerdo al tipo de carotenoide tienen grupos terminales diferentes.

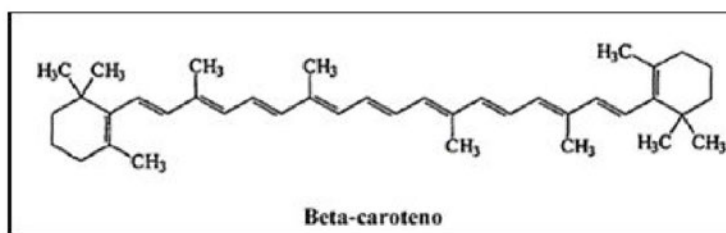


FIGURA 20: ESTRUCTURA QUÍMICA DEL B-CAROTENO.

4.3.2. Estabilidad de carotenoides

Normalmente los métodos de cocción tienen poco efecto sobre el color o el valor nutritivo de los carotenoides. Estos pigmentos son poco afectados por los ácidos, álcalis, volumen de agua o tiempo de cocción. Como excepción se menciona que durante la cocción el color de las zanahorias puede tornarse de color amarillo, y esto se debe al incremento en proporción del isómero *cis* β -caroteno.

La causa principal de la degradación de los carotenoides de los alimentos es la oxidación, esto se debe a que el alto grado de instauración de los carotenoides los hace susceptibles a la misma. La pérdida o reducción del color es probablemente resultado de la reacción de los productos de la oxidación de los lípidos con los carotenoides. Por ejemplo, los copos de zanahoria precocinados, deshidratados y envasados en atmósfera de nitrógeno pierden muy poco β -caroteno, mientras que los copos envasados en atmósfera de oxígeno pierden aproximadamente el 75% de su contenido de β -caroteno.

En los tejidos vivos intactos, la estabilidad de los pigmentos probablemente es función de la permeabilidad celular y de la presencia de componentes protectores. Sin embargo, uno de los principales problemas de la destrucción de los carotenoides, es la presencia de enzimas lipooxigenasas que están en diversos alimentos como por ejemplo las zanahorias. Por eso, una manera de proteger los carotenos de la oxidación que generan estas enzimas en el alimento, es realizar un escaldado previo de las verduras para sí inactivarlas.

4.4. Betalaínas

Son responsables de algunos colores rojizos que se encuentran en los pétalos y las flores de las plantas, pero en muchos casos también en los frutos y en las raíces, como en el caso de la remolacha. Tanto las betalaínas como las antocianinas son pigmentos rojos solubles en agua y que se encuentran en las vacuolas de las células de las plantas. Se diferencian de las antocianinas ya sea química y estructuralmente, por ejemplo, las betalaínas contienen nitrógeno, mientras que las antocianinas no.

Cuando se cocina en agua la remolacha, la misma queda con la coloración del pigmento betaína, debido a que este es hidrosoluble. Y este proceso se incrementa por el tratamiento térmico que degrada estos pigmentos. Sin embargo, las betalaínas se encuentran en suficiente cantidad en la materia prima (remolacha), lo que permite mantener su atractivo color rojo neutro.

El pigmento aislado de la remolacha, es estable en el intervalo de pH 4-6, que es el rango de pH habitual en el que se encuentran muchos alimentos y de ahí su interés como colorante potencial de alimentos.

4.5. Referencias

—Boles, J. A.; & Pegg, P. (2012). Color de la Carne. Mundo Lácteo y Cárnico. Vol Enero/Febrero, 1:11-16.

—Fennema, O. (2000). Química de los Alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, España. (Capítulo X).

—Ott, D. B. (1992). Manual de Laboratorio de Ciencias de los alimentos. Editorial Acribia, S. A. cion-de-alimentos-dos-metodos-de-conservacion-en-uno.

—Fennema, O. Química de los Alimentos. Segunda edición. 2000. Editorial Acribia. España. (Capítulo II).

05

Capítulo 5

Enzimas

5.1. Introducción

Las enzimas son proteínas altamente especializadas que tienen como función la catálisis o regulación de la velocidad de las reacciones químicas que se llevan a cabo en los seres vivos. Este tipo de proteínas cumplen determinadas funciones e intervienen en casi todas las reacciones químicas de las células.

Las enzimas catalizan reacciones químicas, lo que quiere decir que favorecen o aceleran esas reacciones. Tienen la particularidad de que cada enzima solo cataliza una reacción, por lo que existirían tantas enzimas como reacciones y no se consumen en el proceso.

Son proteínas cuyo peso molecular (PM) cubre un amplio rango. Por ejemplo, la ribonucleasa, que hidroliza los ácidos ribonucleicos, tiene un PM de 13.700 daltons (unidad de masa atómica) y está constituida por una sola cadena polipeptídica de 124 aminoácidos. En cambio, la aldolasa, una enzima implicada en el metabolismo de la glucosa, está constituida por 4 subunidades de 40.000 daltons cada una.

Las enzimas provenientes de los mismos tejidos alimentarios, que se forman durante el desarrollo de la planta o el animal, se denominan endógenas. Mientras que las enzimas que se incorporan externamente a los alimentos se denominan exógenas.

Los sustratos constituyen las sustancias que son transformadas específicamente por las enzimas. Para que una sustancia sea apropiada como sustrato de una enzima debe reunir los siguientes requisitos:

- Que experimente una transformación bien definida por la acción catalítica de la enzima;
- Que sea específica para la enzima respectiva o del grupo muy restringido de enzimas. Ej.: el almidón para las alfa- y beta-amilasas;
- Según las condiciones del ensayo, previamente fijadas, que no sufra una descomposición espontánea o produzca otras reacciones no catalizadas por la enzima;
- Que la transformación del sustrato (catalizada por la enzima) sea fácilmente medible.

Las moléculas del sustrato se unen a un sitio particular en la superficie de la enzima que se llama sitio activo, donde tiene lugar la catálisis (es decir, la reacción química). La estructura tridimensional de este sitio activo, donde solo puede entrar un determinado sustrato es lo que determina la especificidad de las enzimas.

En una reacción catalizada por una enzima (E), el reactivo se denomina sustrato (S), es decir, es la sustancia sobre la que actúa la enzima. El sustrato es modificado químicamente y se convierte en uno o más productos (P), como se muestra en la Figura 21.

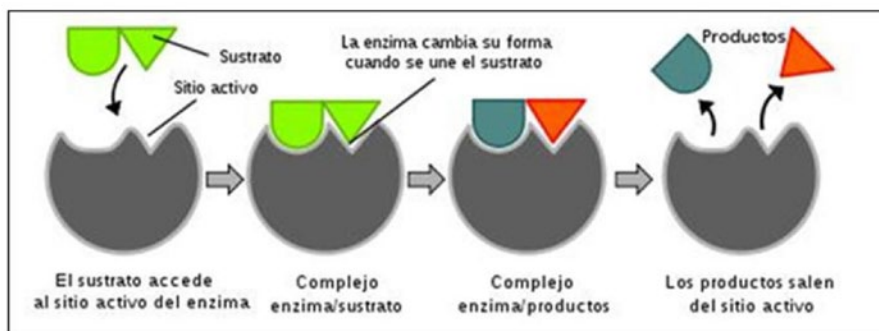


FIGURA 21: REACCIÓN CATALIZADA POR UNA ENZIMA.

5.2. Clasificación de las enzimas

Actualmente, más de mil enzimas han sido aisladas y clasificadas de acuerdo con el sustrato específico sobre el cual actúan.

Entre las numerosas clasificaciones de las enzimas, algunas se basan en las reacciones que catalizan y otras en el sustrato sobre el que actúan. La comisión de Enzimas de la Unión Internacional de Bioquímica introdujo en 1964, para uniformar la nomenclatura, la siguiente clasificación sistemática, en la cual se consideran 6 grupos principales de enzimas de acuerdo al tipo reacción implicada:

Oxidorreductasas: Catalizan una amplia variedad de reacciones de óxido-reducción, las que implican la ganancia de electrones (denominado reducción) o pérdida de electrones (conocido como oxidación). Este grupo incluye las enzimas denominadas comúnmente como deshidrogenasas, reductasas, oxidasas, oxigenasas, hidroxilasas y catalasas.

Transferasas: Catalizan varios tipos de transferencia de grupos de una molécula a otra (transferencia de grupos amino, carboxilo, carbonilo, metilo, glicosilo, acilo, o fosforilo, etc.). Ej.: aminotransferasas (transaminasas), quinasas.

Hidrolasas: Catalizan reacciones que implican la ruptura hidrolítica de enlaces químicos. Sus nombres comunes se forman añadiendo el sufijo -asa al nombre de sustrato. Ej.: lipasa, peptidasa, amilasa, maltasa, pectinoesterasa, fosfatasa, ureasa. También pertenecen a este grupo la pepsina, tripsina y quimotripsina. Por ejemplo, las lipasas hidrolizan lípidos.

Liasas: También catalizan la ruptura de enlaces (C-C, C-S y algunos C-N, excluyendo enlaces peptídicos), pero no por hidrólisis. Ej.: decarboxilasa, citrato-liasa, deshidratasa y aldolasa. También adicionan grupos funcionales a los dobles enlaces.

Isomerasas: Transforman sus sustratos de una forma isomérica en otra. Ej.: epimerasa, mutarasa y racemasa.

Ligasas: Catalizan la formación de enlaces entre C y O, S, N y otros átomos. Generalmente, la energía requerida para la formación del enlace deriva de la hidrólisis del ATP. Las sintetasas, polimerasas y carboxilasas se encuentran en este grupo.

5.3. Factores que afectan la estabilidad de las enzimas

5.3.1. Efecto de la temperatura

Puesto que la estructura proteica es la que determina la actividad enzimática, cualquier causa que perturbe esta estructura puede llevar a una pérdida de actividad. La temperatura óptima para la mayoría de las reacciones enzimáticas está entre 30 °C y 40 °C, en que la actividad es máxima. Al aumentar la temperatura, la velocidad de reacción aumenta y, para casi todas las enzimas, un incremento de 10 °C duplica e incluso triplica la velocidad de reacción. Sin embargo, ese mismo aumento de temperatura acelera también la inactivación de la enzima por desnaturalización térmica. Para muchas enzimas la región de inactivación térmica está por encima pero también muy próxima a la temperatura óptima de acción.

Las enzimas muestran, a menudo, una marcada fragilidad térmica. Cuando la mayoría de las enzimas, pero no todas, se calientan a temperaturas superiores a 50 °C, se desnaturalizan y unas pocas muestran desnaturalización cuando se enfrían aproximadamente a 5 °C. A temperaturas bajas, aunque la actividad enzimática procede muy lentamente, la misma no se detiene del todo, hecho que debe tenerse en cuenta en la congelación de alimentos. A menos que se inactiven previamente las enzimas, la mayoría de los alimentos congelados experimentan un considerable deterioro después de un almacenamiento prolongado, porque a temperaturas tan bajas como -18 °C algunas reacciones enzimáticas siguen teniendo lugar.

La aplicación de los tratamientos térmicos (esterilización por calor y escaldado), se pueden realizar incluso antes del proceso de congelación para tener una combinación de ambos tratamientos. El tratamiento térmico, no sólo es un método adecuado para la destrucción de microorganismos que alteran los alimentos, además produce la destrucción rápida por calor de las enzimas esenciales de los microorganismos contaminantes. La mayoría de las enzimas son, pues, muy termolábiles y habitualmente es suficiente aplicar una temperatura de 40 a 80 °C por 2 a 5 minutos, a fin de destruir totalmente su actividad.

En lo que respecta a tratamientos térmicos, las enzimas pueden emplearse como indicadores de un procesamiento adecuado. Por ejemplo, hay dos enzimas que se encuentran en la leche que son la fosfatasa alcalina y la peroxidasa. La fosfatasa alcalina cuyo pH óptimo es 9,6 se utiliza para el control de pasteurización debido a que se inactiva a 70 °C. La importancia de esta enzima es que su ausencia en la leche es indicador de que la misma ha sido pasteurizada adecuadamente, ya que esta enzima se inactiva completamente por la dosis de tratamiento térmico necesaria para destruir agentes patógenos. La presencia de esta enzima indica que la leche no se ha pasteurizado correctamente.

Otra enzima de la leche, la peroxidasa, se inactiva a temperaturas mayores a 80 °C. Si dicha enzima se encuentra inactiva en el producto final quiere decir que la leche ha sido pasteurizada a una temperatura elevada que no son las que se aplican en los programas de pasteurización, a excepción de los de ultra alta temperatura. Se debe recordar que las temperaturas de pasteurización son de 63 °C por 30 minutos (Baja temperatura - Largo tiempo); 72 – 75 °C por 15 – 20 segundos (Alta temperatura - Corto tiempo).

Las enzimas difieren ampliamente en su resistencia a la inactivación térmica. Las peroxidases vegetales son particularmente estables (120°C por unos minutos no son suficientes para destruirlas del todo). La velocidad de inactivación térmica depende también del pH, fuerza iónica y del estado físico de la enzima en el material alimentario. En este último factor influye si la enzima está igualmente bien distribuida por todo el producto o adsorbida sobre partículas sólidas (como ocurre con las enzimas pectinolíticas y las fenolasas, las cuales están adsorbidas en la pulpa de varios jugos de frutas).

Existen situaciones en la tecnología de alimentos en las que algunas enzimas, a pesar de haber sido inactivadas, se “regeneran” y su actividad se renueva después de cierto tiempo. Este tipo de regeneración enzimática ha sido observada en los casos de peroxidases (leche, verduras); catalasa (verduras); lipasa (productos de la leche) y enzimas pectinolíticas (jugos cítricos). La reversión de la desnaturalización es un proceso lento, pero durante el almacenamiento prolongado de los alimentos procesados existe suficiente tiempo para la regeneración, detectable, de algunas enzimas. De esta manera, la estabilidad de los alimentos con respecto al daño de éstos por las enzimas es una función tanto de la “profundidad” de la inactivación térmica, como del tiempo y las condiciones de almacenamiento.

5.3.2. Efecto de las radiaciones

La inactivación de las enzimas también se puede efectuar a través de la exposición a la luz ultravioleta que produce la fotólisis de grupos disulfuro y aromáticos de los aminoácidos que constituyen las enzimas.

Otro método es empleando irradiación en los alimentos con radiaciones ionizantes (radiaciones beta, gamma, etc.). Este método está avalado legalmente para determinados alimentos en el CAA y es de considerable importancia en el procesamiento de alimentos, además de estar en uso a escala comercial. Uno de los mayores problemas en este campo es el hecho de que la destrucción de las enzimas requiere de dosis de radiación mucho más elevadas que para la destrucción de los microorganismos. En algunos casos es más práctico utilizar en forma combinada el tratamiento por calor y la irradiación para inactivar enzimas.

5.3.3. Efecto de la humedad

La disponibilidad de agua, medida como actividad del agua, tiene una fuerte influencia sobre la velocidad de las reacciones por enzimas, es decir, la actividad enzimática aumenta al incrementarse el contenido de “agua libre” en el alimento (es decir que se incrementa la actividad de agua).

En la práctica es de gran importancia el efecto de la cantidad de humedad de los alimentos sobre la acción enzimática. A mayor cantidad de agua libre en un alimento, mayor será la actividad enzimática. Mientras que, en los alimentos denominados “desechados”, la escasez de agua libre limita la actividad de la enzima. Es el caso de la α -amilasa que a una humedad del 20% produce principalmente glucosa y maltosa a partir de almidón. A niveles más elevados de humedad se forman también otros oligosacáridos.

En los cereales y harinas almacenados es posible detectar, fácilmente, actividad lipolítica y proteolítica. A niveles de humedad superiores al 15% esta actividad es debida, generalmente, a las enzimas de los hongos que crecen en el cereal y que pueden participar también en las reacciones hidrolíticas, desarrollándose amargor o rancidez en el alimento por la acción enzimática.

5.3.4. Efecto del pH

El pH óptimo de acción de las enzimas varía ampliamente, en el caso de la pepsina, que se encuentra en el medio ácido del estómago, tiene un pH óptimo de alrededor de 1,5, mientras que la arginasa tiene un pH óptimo de 9,7. Sin embargo, la gran mayoría de las enzimas tienen un óptimo entre pH 4 y 8. Algunas enzimas muestran una amplia tolerancia a los cambios del pH, pero otras trabajan bien sólo en un rango estrecho. Cualquier enzima que se someta a valores extremos de pH, se desnaturaliza.

5.4. Papel de las enzimas en la calidad de los alimentos

Las enzimas tienen una gran influencia en la calidad, características y propiedades de nuestros alimentos, como se exponen en los próximos párrafos.

5.4.1. Color

El color es probablemente la primera característica que el consumidor asocia con la calidad y la aceptabilidad de los alimentos. Por ejemplo, un corte de carne vacuna debe ser rojo y no púrpura o marrón. El color rojo se debe solamente a la oximioglobina, el principal pigmento de la carne. Las reacciones catalizadas por enzimas de la carne, pueden competir por el oxígeno y pueden producir compuestos que alteren el estado de oxidación-reducción y el contenido de agua, influyendo por lo tanto en el color de la carne.

En los siguientes apartados se detallarán ejemplos de enzimas que influyen en la coloración de los alimentos.

5.4.1.1. Lipooxigenasa

La lipooxigenasa tiene seis efectos importantes sobre los alimentos, algunos deseables y otros indeseables. Las dos funciones deseables son el blanqueado de las harinas de trigo y de las semillas de soja y de esta manera se comercializan harinas completamente blancas. La otra función deseable es que esta enzima produce la formación de puentes disulfuro en el gluten durante el amasado (lo que elimina la necesidad de añadir oxidantes químicos).

Las cuatro acciones indeseables en los alimentos son: a) destrucción de la clorofila y de carotenos, b) desarrollo de aromas y sabores oxidados, c) daño oxidativo en compuestos como las vitaminas y las proteínas y d) oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados como los esenciales (ácido linoleico, linolénico y araquidónico).

Estas seis reacciones se deben a la acción directa de la lipooxigenasa en la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados (ya sea libres o unidos a lípidos), para formar radicales libres intermediarios. Dentro de estos radicales intermedios se encuentran los hidroperóxidos que junto con los radicales libres son los responsables de la pérdida de color (de la clorofila que es un pigmento verde o los colores rojo y naranja de los carotenoides), de la formación de puentes disulfuro en el gluten de la masa panaria y del daño de vitaminas y proteínas.

5.4.1.2. Clorofilasa

Es una enzima que se encuentra en las plantas y microorganismos que contienen clorofila. Hidroliza un grupo que posee la clorofila que es el fitol, generando que la clorofila pase a ser clorofilico. Se ha relacionado esta reacción con la pérdida de color. Para evitar el efecto perjudicial de esta vitamina y proteger el color natural (retención de clorofila de hasta 60%) se pueden realizar los siguientes tratamientos:

—Pretratamiento por inmersión (por ejemplo, en arvejas), a temperatura ambiente, en solución de bicarbonato de sodio al 2% por espacio de 30 a 40 min.

—Escaldado en solución de hidróxido de calcio 0,005 M.

—Procesamiento en salmuera con hidróxido de magnesio (0,020-0,025 M).

El valor de pH en estos casos se eleva a 8 en el primer tiempo y se mantiene durante el escaldado y la esterilización posterior.

5.4.1.3. Polifenoloxidasas

La polifenoloxidasas es una enzima que se encuentra en las plantas, animales y algunos microorganismos, especialmente en los hongos. Es responsable de catalizar la reacción que forma la o-benzoquinona un compuesto que se oxida y produce la coloración marrón no deseable en los plátanos, manzanas, melocotones, papas, hongos, etc. También es responsable de los colores negros y marrón deseables del café, té, pasas, ciruelas y pigmentación humana (pecas).

Esta reacción también es responsable del deterioro del color, sabor y de la calidad nutricional de jugos y en vegetales frescos como la lechuga. Por ello se han realizado muchos esfuerzos para desarrollar métodos para el control de la actividad de la polifenoloxidasas. Entre éstos la eliminación del oxígeno y la aplicación de ácido ascórbico, bisulfito sódico y los compuestos tiólicos impiden el pardeamiento porque reducen el producto inicial que es la o-benzoquinona, impidiendo así la formación de melaninas que dan la coloración oscura. Cuando se consume todo el compuesto reductor que evita la formación de o-benzoquinona, el pardeamiento se produce ya que la enzima puede estar activa.

5.4.2. Textura

La textura es un atributo de calidad muy importante en los alimentos. En las frutas y en los vegetales, la textura se debe primariamente a carbohidratos complejos: sustancias pécticas, celulosa, hemicelulosa, almidón y lignina. Hay una o más enzimas que actúan sobre cada uno de los carbohidratos complejos que son importantes para la textura de los alimentos, las cuales se detallan en las siguientes secciones.

5.4.2.1. Enzimas pectinolíticas

Hay tres clases de enzimas pectinolíticas que degradan las pectinas o ácido galacturónico o poligalacturónicos cortos. Dos de ellas, la pectinmetilesterasa y poligalacturonasa, se encuentran en las plantas superiores y en los microorganismos. La tercera, la pectatoliasa, se encuentra en los microorganismos especialmente ciertos microorganismos patógenos que infectan las plantas.

La pectina es un polisacárido de ácido poligalacturónico, es un componente que enlaza la pared celular de frutas y verduras y tiene la propiedad de espesar, gelificar y estabilizar alimentos y bebidas.

La acción de las enzimas pectinolíticas influye en las características de los jugos. La pectinmetilesterasa hidroliza el enlace metiléster de las pectinas generando ácido péctico. Este ácido en presencia de iones divalentes, como el calcio, genera puentes cruzados entre el calcio y grupos del ácido péctico incrementando la consistencia del medio. La poligalacturonasa produce la hidrólisis del ácido péctico, lo que conduce a una disminución importante de la consistencia de algunos alimentos, como los tomates.

Las pectatoliasas rompen el enlace glicosídico tanto de la pectina como del ácido péctico, generando una disminución de la consistencia del medio. Se encuentran en plantas superiores.

5.4.2.2. Celulasas

Le celulosa es abundante en los árboles y en el algodón. Las frutas y los vegetales contienen pequeñas cantidades de celulosa que tiene un papel estructural en las células. Es todavía objetivo de controversia si las celulasas son importantes en el ablandamiento de judías verdes y vainas de guisantes. Hay una gran cantidad de información sobre celulasas microbianas por su potencial para convertir desechos celulósicos insolubles en glucosa.

5.4.2.3. Amilasas

Las amilasas son enzimas que hidrolizan almidones, se encuentran no sólo en los animales sino también en las plantas superiores y en los microorganismos. No es sorprendente, por lo tanto, que cierta degradación del almidón se produzca durante la maduración, el almacenamiento y el procesamiento de nuestros alimentos. Dado que el almidón contribuye de una manera principal a la viscosidad y

a la textura de los alimentos, la hidrólisis del mismo durante el almacenamiento y el procesamiento es un aspecto de suma importancia.

Hay tres tipos principales de amilasas: α -amilasas, β -amilasas y glucoamilasas, las mismas actúan principalmente en el almidón y en el glucógeno.

Las α -amilasas (o alfa-amilasas) que se encuentran en todos los organismos, hidrolizan los enlaces glucosídicos del tipo α -1,4 del interior del almidón, del glucógeno y de las ciclodextrinas. Las alfa-amilasas hidrolizan, de forma desordenada, las cadenas largas, atacando los enlaces internos α -1,4 glucosídicos y originando fragmentos cortos llamados dextrinas. Posteriormente, las dextrinas son hidrolizadas a moléculas de maltosa y maltotriosa. Su acción tiene un efecto sobre la viscosidad de los alimentos que tienen almidón base, como los budines, las salsas, etc.

Las α -amilasas salivar y pancreática son muy importantes para la digestión del almidón de los alimentos. Además, en algunos microorganismos que contienen niveles altos de estas enzimas, el inconveniente es que algunas alfa-amilasas microbianas tienen temperaturas altas de inactivación y, si no se han inactivado, pueden tener efectos muy indeseables sobre la estabilidad de los alimentos cuya base sea el almidón.

Las β -amilasas (o beta-amilasas), que se encuentran en plantas superiores, hidrolizan los enlaces glucosídicos del tipo α -1,4 del almidón en el extremo que no es reductor, generando β -maltosa. La acción de las beta-amilasas se inicia por los extremos no reductores de las cadenas, deteniéndose cuando se alcanza un enlace α -1,6 que implica una ramificación. El residuo que queda se denomina dextrina límite. Las beta-amilasas pueden hidrolizar completamente la amilasa que es el componente lineal del almidón, ya que la misma no posee ramificaciones.

Los jarabes de maltosa son muy importantes en la industria alimentaria. Para la hidrólisis enzimática se usan las alfa-amilasas, beta-amilasas y glucoamilasas. El almidón, previamente gelatinizado, se hidroliza a unos 80°C con la enzima alfa-amilasa termoestable obtenida por *Bacillus licheniformis* o *Bacillus subtilis*; de este modo se obtienen maltodextrinas y jarabes ricos en cadenas cortas más o menos ramificadas.

Un adelanto importante en la industria de los jarabes de almidón ha sido la isomerización parcial de glucosa a fructosa. Se trata de una enzima glucosa-isomerasa que convierte parte de la glucosa a fructosa, resultando un jarabe mucho más dulce. Gracias a este adelanto se produce a nivel industrial el jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF), empleado en diversos tipos de alimentos por su textura líquida y potencia de edulcorante.

La β -amilasa, junto con la α -amilasa son de suma aplicación en la fabricación de cerveza en el proceso de fermentación para generar monosacáridos que necesitan las levaduras.

En el proceso de panificación, la acción amilásica se inicia en el momento en que se mezclan los ingredientes que constituyen la masa panaria, y cesa cuando las enzimas se desnaturalizan por el calor, durante la cocción del pan. Las alfa-amilasas son más estables que las beta-amilasas, a las temperaturas de cocción. Los azúcares fermentables preexistentes se agotan rápidamente, pero las amilasas de la harina están produciendo maltosa y glucosa desde que encuentran la humedad suficiente. Eso facilita el proceso de fermentación en la elaboración del pan.

5.4.2.4. Proteasas

La textura de los alimentos cambia por la hidrólisis de las proteínas generada por proteasas que pueden ser endógenas o exógenas. Por ejemplo, la gelatina no gelifica si se le añade ananá,

porque ésta contiene bromelaína que hidroliza las proteínas. Por otro lado, la quimosina hidroliza un enlace específico de la k-caseína de la leche. Esto desestabiliza las micelas de caseína haciendo que se agreguen y formen un coágulo (queso blanco fresco). Otro ejemplo es la adición de proteasas microbianas añadidas al queso para que se genere el proceso de maduración de los mismos, lo que contribuye al desarrollo de los aromas y sabores.

La actividad de las proteasas sobre las proteínas del gluten, en la masa de pan de trigo durante el esponjamiento de la masa, es importante no sólo para las características de mezclado sino también para la calidad del pan.

El efecto de las proteasas en el ablandamiento de la carne es quizá el mejor conocido y económicamente el más importante. Después de la muerte del animal, el músculo se vuelve rígido por el rigor mortis (causado por la contracción generada por la interacción entre la miosina y actina). Debido a la acción de proteasas endógenas, es decir propias de la carne, activadas cuando el valor de pH llega a 5, actúan sobre los complejos de actina-miosina y el músculo se ablanda y retiene agua. Las enzimas exógenas como la papaína y ficina, se añaden a ciertos cortes de carne de calidad inferior para ablandarlos por medio de una hidrólisis parcial de la elastina y el colágeno.

5.5. Cambios del sabor y aroma de los alimentos

Dentro de otros tipos de cambios que pueden generar las enzimas, se encuentran aquellos que se relacionan con lo sensorial como ser los sabores, gustos y olores. Las enzimas pueden provocar la aparición de sabores y aromas indeseables en los alimentos, especialmente durante el almacenamiento. Alimentos deficientemente escaldados, como las chauchas, los guisantes verdes, el maíz, el brócoli y la coliflor desarrollan aromas y sabores indeseables fácilmente perceptibles durante el almacenamiento en congelación.

Las lipooxigenasas son las responsables del desarrollo de aromas y sabores anormales en los guisantes verdes, en las chauchas y en el maíz, mientras que la cistina liasa es la enzima responsable del desarrollo de aromas y sabores anormales en el brócoli y en la coliflor. La estabilidad del sabor de los alimentos congelados es mayor cuando están escaldados, hasta un punto en el que no se detecta la enzima responsable.

La peroxidasa es una enzima relativamente estable, se usa como indicador del adecuado tratamiento térmico de estos alimentos. Por ende, cuando no se detecta esta enzima, el tratamiento fue adecuado y significa que las otras enzimas han sido destruidas.

Algunos flavonoides tienen fuertes sabores amargos. El más significativo es la naringina que es la responsable del sabor amargo del pomelo y del jugo de pomelo. Este flavonoide puede ser inactivado con la aplicación industrial de una enzima que se denomina naraginasas, la cual hidroliza los enlaces glucosídicos de la naringina y se utiliza para disminuir el sabor amargo de los jugos de pomelo que lo tienen en exceso.

5.6. Calidad nutricional

La oxidación de los ácidos linoleico, linolénico y araquidónico por la lipooxigenasa disminuye ciertamente la cantidad de estos ácidos grasos esenciales. Los radicales libres producidos en la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados catalizada por la lipooxigenasa disminuyen el contenido de carotenoides (precursores de vitamina A), tocoferoles (Vitamina E), vitamina C y folato en los alimentos. Los radicales libres pueden dañar a los restos de cisteína, tirosina, triptófano e histidina de las proteínas. Además, el ácido ascórbico (o más conocido como vitamina C) es destruido por la enzima ascórbico oxidasa.

5.7. Las enzimas como herramientas del procesamiento de alimentos

Las enzimas son ideales para producir cambios clave en las propiedades funcionales de los alimentos, para eliminar compuestos tóxicos y para producir nuevos ingredientes. Esto es así porque son altamente específicas, actúan a diversas temperaturas entre 25 y 45 °C y no producen reacciones colaterales.

Se han conseguido éxitos importantes en la utilización de enzimas en la tecnología alimentaria. La producción de jarabe de maíz de alto contenido en fructosa es un ejemplo. Este proceso requiere una α -amilasa relativamente termorresistente, glucoamilasa y glucosa isomerasa.

Se calienta el almidón a 105 °C y se le añade la α -amilasa de *Bacillus licheniformis*, la cual degrada las uniones del almidón generando dextrinas. El producto soluble se conduce por una columna con glucoamilasa inmovilizada donde la enzima degrada los enlaces α -1,6 de la amilopectina generando glucosa. Posteriormente, la glucosa pasa por columnas con la enzima glucosa isomerasa inmovilizada donde transforma parte de la glucosa en fructosa. La fructosa se separa de la glucosa, ya que es ampliamente empleada como edulcorante en la industria alimentaria.

Otro ejemplo de aplicación de enzimas es el uso de lipasas específicas para generar cambios en los triglicéridos con el fin de establecer un punto de fusión, grado de instauración o a la localización específica de un ácido graso.

La leche de vaca contiene muchas enzimas y se suele adicionar algunas enzimas en determinados productos lácteos como la quimosina, la cual interviene en la generación de la cuajada, en la producción de varios tipos de quesos.

La β -galactosidasa es una enzima que hidroliza la lactosa de la leche y se emplea en las leches y productos lácteos destinados a aquellas personas que tienen intolerancia a la lactosa. Este tipo de consumidores presentan deficiencias de β -galactosidasa en el organismo, por lo que al ingerir la lactosa no pueden hidrolizarla lo que puede llegar a ocasionar serias consecuencias en la salud.

Las levaduras para poder fermentar la harina para hacer el pan, deben hidrolizar el almidón generando maltodextrinas, que son hidratos de carbono de cadena corta (oligosacáridos). Una vez generadas las maltodextrinas, la levadura la utiliza en su metabolismo liberando el dióxido de carbono durante la fermentación. Para acelerar el proceso de la fermentación del pan, se pueden utilizar varias enzimas, como las amilasas, que se adicionan porque degradan el almidón a maltodextrinas. De esta manera se maximiza la fermentación de la levadura al haber mayor disponibilidad de oligosacáridos.

Otro tipo de aplicación de enzimas utilizadas en la elaboración del pan, son aquellas empleadas para disminuir la velocidad de endurecimiento del pan. La enzima α -amilasa se emplea en la industria alimenticia, a partir de la obtención de *Bacillus megaterium*, y cumple la función de organizar las cadenas ramificadas de amilopectina mediante la transferencia de cadenas, formando un polímero lineal.

Se emplean α y β amilasas para convertir el almidón en malta y dextrinas, que luego serán fermentadas por las levaduras hasta obtener alcohol y dióxido de carbono. La industria ha usado recientemente glucoamilasa para hacer cerveza *light*. Estas enzimas hidrolizan los enlaces α -1,6 de la amilopectina generando glucosa y permitiendo la fermentación completa del almidón. El avance

más interesante es el uso de la enzima acetilalotodescarboxilasa, que ha sido clonada en la levadura de cerveza para disminuir el tiempo de fermentación al evitar la formación de diacetilo.

5.8. Enzimas inmovilizadas

La inmovilización de enzimas es el proceso por el cual el movimiento de las enzimas en el espacio está restringido total o parcialmente, dando lugar a una forma de enzima insoluble en agua que conserva sus propiedades catalíticas. Las enzimas para ser inmovilizadas e insolubles son unidas a determinados tipos de soportes.

Los objetivos de inmovilizar enzimas son, en primer lugar, permitir su uso repetido para fabricar productos y, al final, conseguir un producto libre de enzima. Existen en general una serie de pasos a seguir en el proceso de inmovilización enzimática. La primera etapa consiste en seleccionar una fuente de enzima apropiada y luego proceder a la obtención de una forma purificada de la misma. El segundo paso es la elección del soporte adecuado para realizar la inmovilización, que limitará la técnica a emplear. Por último, se elegirá la técnica de inmovilización.

En general, los métodos de inmovilización se suelen clasificar en dos grandes categorías: retención física o por unión química. El primer método emplea dos técnicas, la de atrapamiento y la de inclusión en membrana.

El atrapamiento es un tipo de retención física donde las enzimas quedan en las cavidades de una matriz sólida porosa, la cual puede estar constituida por polímeros del tipo poli(acrilamida), colágeno, alginato, carraginato o resinas de poliuretano. Tiene como ventaja adicional, que la enzima no sufre ninguna alteración en su estructura.

El otro tipo de retención física de las enzimas es la inclusión de membranas, donde se aplican dos tipos de técnicas. Una es la microencapsulación, donde las enzimas se encuentran rodeadas de membranas semipermeables que permiten el paso de moléculas de sustrato y producto, pero no de enzima. Estas membranas se obtienen a partir de polimerización o surfactantes. Mientras que la otra técnica, es el empleo de membranas que contengan a las enzimas, pero que sean permeables al producto final, pudiendo ser permeables o no al sustrato inicial e impermeables a la enzima. Se emplea un reactor, donde se bombea el fluido con el sustrato para que interactúe con las membranas donde las enzimas se van a unir.

Con respecto a los métodos de inmovilización enzimática por unión química, se emplea la incorporación de soportes para inmovilizar a las enzimas. Estos soportes deben tener afinidad por el sustrato, resistencia mecánica acorde a las condiciones del reactor, que puedan operar en el pH necesario para la mayor actividad de la enzima, que no generen contaminaciones en el producto final y que puedan ser reutilizados. Este tipo de método presenta ventajas como el bajo costo y una sencilla preparación.

En la industria se emplean diversos tipos de soportes como los orgánicos, entre los que se destacan las arcillas como la bentonita, piedra pómez, sílice, óxidos de metales y vidrio de tamaño de poro controlado, vidrio no poroso, gel de sílice, entre otros. También se aplican los soportes inorgánicos como la celulosa, almidón, dextranos, agar-agar, agarosa, alginatos, quitina, quitosan, poli(acrilatos), poli(acrilamidas), poli(metacrilatos), poli(amidas), poli(estireno), entre otros.

Como ventajas del empleo de enzimas inmovilizadas se puede destacar:

1. El aumento de la estabilidad de la enzima.

2. La posible reutilización por lo que disminuyen los costos del proceso.

3. La posibilidad de diseñar un reactor enzimático de fácil manejo y control, adaptado a la aplicación de la enzima inmovilizada. Estos reactores con enzimas inmovilizadas permiten el empleo de cargas elevadas de enzima, la cual mantendrá su actividad durante más tiempo.

Los principales inconvenientes del proceso de inmovilización son:

1. La alteración de la conformación de la enzima respecto de su estado nativo.

2. La gran heterogeneidad del sistema enzima-soporte donde pueden existir distintas fracciones de proteínas inmovilizadas con un diferente número de uniones al soporte.

3. Siempre suele haber una pérdida de actividad de la enzima durante la movilización.

5.9. Referencias

—Arroyo, M. (1998). Inmovilización de enzimas. Fundamentos, métodos y aplicaciones. *Ars Pharmaceutica*, 39(2), 23-39.

—Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos*. Segunda edición. Editorial Acribia, España. (Capítulo VII).

—Primo Yúfera, E. (1998). *Química de los Alimentos*. Primera edición. Editorial Síntesis. España. (Capítulo XIII).

—Schmidt-Hebbel, H.; & Pennacchiotti Monti, I. (1982). *Las Enzimas en los Alimentos*. Su importancia en la química y la tecnología de los alimentos. Primera edición. Editorial Alfabet Impresiones, Chile.

06

Capítulo 6

Evaluación sensorial

6.1. Introducción

La evaluación sensorial existió desde que el primer animal sobre la tierra empezó a elegir sus alimentos. La palabra sensorial deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido, es así como por medio de esta evaluación se puede conocer las propiedades organolépticas de los alimentos y se realiza a través de los sentidos.

La evaluación sensorial es innata en el hombre ya que desde el momento que se prueba algún producto, se hace un juicio acerca de él, si le gusta o disgusta, y describe y reconoce sus características de sabor, olor, textura, etc. Es una función que la persona realiza desde la infancia y que le lleva, consciente o inconscientemente a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos. De modo que toda persona que va a consumir un alimento al realizar la evaluación sensorial lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea, sus cinco sentidos.

Sin embargo, las sensaciones que motivan el rechazo o aceptación de un alimento dependen de una serie de factores:

- El tiempo y el momento en que se percibe el alimento,
- El modo de preparación de ese alimento y su presentación,
- Los sentidos del consumidor y cómo percibe ese alimento,
- Los factores externos que pueden influir como por ejemplo la ambientación, iluminación, temperatura del ambiente, olores en el ambiente, entre otros.

Es importante mencionar que la calidad e higiene del producto es uno de los factores determinantes en cómo se lo va a percibir. Una inadecuada higiene o mala calidad del producto van a generar un rechazo por parte del consumidor incluso antes de haberlo degustado.

De esta manera la calidad sensorial de un alimento es el resultado de la interacción entre el alimento, su forma de prepararlo y presentarlo, el ambiente al momento de consumir el alimento y el hombre.

6.2. Sentidos

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos, que son los medios con los que el ser humano percibe y detecta el mundo que lo rodea.

En las siguientes secciones se realizará una breve descripción de los cinco sentidos y de su influencia en la evaluación sensorial de los alimentos.

6.2.1. La vista

El sentido de la vista reside en un órgano muy importante que es el ojo. La propiedad más importante asociada con el sentido de la vista, sobre todo en la gastronomía e industria alimenticia, es el color; aunque existen varias propiedades o atributos sensoriales detectados por medio de este sentido, tales como:

- Tamaño y forma:** Longitud, espesor, forma geométrica (cuadrada, circular, etc.), distribución de las piezas (vegetales, pastas, comidas preparadas, etc.).

—Textura: opaco o brillante, rugoso o liso, seco o húmedo, blanco o duro de una superficie.

—Claridad: Es la turbidez u opacidad de los líquidos o sólidos transparentes.

—Carbonatación: Para bebidas carbonatas es el grado de efervescencia observado al servir las.

La intensidad del color está relacionada con los colores propios de un alimento o con la concentración de sustancias colorantes adicionadas al alimento.

En la elaboración de un alimento el color es una propiedad muy importante ya que este debe ser atractivo para el consumidor y lograr tentarlo sin que haya probado el producto.

6.2.2. El olfato

Este sentido es muy importante, ya que nos permite percibir el olor de los alimentos y objetos que nos rodean. El órgano mediante el cual funciona el sentido del olfato es la nariz, o más propiamente dicho, todo el sistema nasal, donde la nariz es la parte externa y visible.

Las sustancias olorosas de los alimentos u objetos son volátiles y llegan a las fosas nasales por medio del aire. El cerebro interpreta la señal correspondiente a cada sustancia como olor.

Es importante entender la diferencia entre aroma, fragancia y olor. Ya que el olor es la percepción de sustancias volátiles por medio de la nariz. En cambio, el aroma es la percepción de las sustancias olorosas y aromáticas de un alimento después de haber sido puesto en la boca. Es decir, en este caso no es el aire el medio de transmisión de las sustancias, sino es la membrana mucosa del paladar. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a través de la Trompa de Eustaquio a los centros sensores del olfato. Por último, el concepto de fragancia se aplica al olor de un perfume o un cosmético.

Hay muchísimos olores y en lo que respecta a los alimentos es muy importante la combinación correcta de los mismos y que no haya contaminación de uno con otro.

La volatilidad de las sustancias depende de la temperatura y de la naturaleza de los componentes. También dependerá de las condiciones de la superficie, ya que a una temperatura dada se liberan más sustancias volátiles de una superficie blanda, porosa y húmeda que de una dura, lisa y seca.

6.2.3. El gusto

Este sentido reside en la lengua, la cual contiene varias protuberancias o gránulos llamados papilas gustativas. En estas papilas gustativas, es donde residen diferentes patrones de umbral de sensibilidad para el gusto dulce, salado, amargo y ácido. Existe un quinto gusto que se denominó umami y representa al glutamato monosódico. Este compuesto se emplea como aditivos de alimentos para realzar el sabor de los mismos sobre todo en los productos cárnicos.

El gusto de un alimento es detectado principalmente por las papilas que se encuentran en la lengua, y el mensaje nervioso de éstas llega al cerebro, donde es interpretado. El gusto o sabor básico de un alimento puede ser ácido, dulce, salado, amargo, umami o bien puede haber una combinación de dos o más de éstos.

El sabor de un alimento consiste en una combinación de aroma, olor, gusto y sensaciones químicas y la mayor contribución al sabor se debe al aroma del alimento. El aroma y el olor ya se men-

cionaron anteriormente su significado. El gusto corresponde a las sensaciones gustativas (salado, dulce, ácido, amargo, umami) producidas por sustancias en la boca.

A veces se tiende a pensar en el gusto a picante o alcohólico, pero en realidad no son gustos o sabores. El primero se debe a una sensación dolorosa y el segundo es un adormecimiento de la lengua. Estos efectos se relacionan con las sensaciones químicas, las cuáles son percibidas por un mecanismo quimio-sensorial compuesto por muchas terminaciones nerviosas en las superficies húmedas de los ojos, la nariz, la boca y la garganta. De esta manera, se percibe la astringencia, el picante, el calor, el sabor metálico y la pungencia. En particular, el sabor metálico produce una sensación de picores eléctricos sobre la lengua y las encías, y una sensación de dentera.

Es importante mencionar que hay personas con mayor facilidad para percibir los gustos (sabores básicos) o sabores en general, mientras que para otras es más difícil poder lograrlo. Esta percepción está relacionada también con la concentración de los gustos y sabores.

El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos y esto podemos comprobarlo cuando tenemos un resfriado, ya que si probamos diversos alimentos sabrán muy similares. Además, como el aroma es detectado en la boca, ésta puede quedar insensibilizada a los aromas y sabores por el uso y abuso del tabaco, drogas o alimentos muy picantes o muy condimentados.

Los catadores de vinos, té o café, más que el sabor de las muestras, evalúan el aroma de éstas. Para ello, al probar el alimento suelen apretarlo con la lengua contra el paladar. De esta manera inducen la difusión de las sustancias aromáticas para que entren en contacto con la mucosa del paladar y lleguen a los centros sensores del olfato. Al hacer lo mencionado, aspiran con la nariz para percibir el olor de las sustancias que se volatilizan desde la boca.

En lo que respecta a mezcla de gustos, hay dos tipos: la mezcla ya preparada o la mezcla realizada en la lengua al ingerir diversas sustancias en forma simultánea. Como resultado de estas mezclas, los gustos se pueden experimentar por separado o fusionarse formando un tercer gusto. Ejemplos:

—El azúcar reduce el amargor, por ejemplo, en el café, pero no tiene casi efecto en el salado. Entonces dulce y amargo pueden formar un gusto intermedio. Pero dulce y salado se van a experimentar como dos gustos separados.

—El ácido y el azúcar pueden formar un gusto intermedio que es el agridulce, por ejemplo, la limonada. En cambio, el ácido afecta mucho más al gusto amargo acentuando notablemente su amargor.

Estos efectos son importantes a considerar al momento de seleccionar el orden de presentación de los platos y su composición, ya que en algunos casos el gusto de una sustancia se modifica mucho por acción de otra degustada inmediatamente antes. Por ejemplo:

—Si se presenta en forma sucesiva un gusto dulce después de uno amargo, el dulce parece más dulce.

—Después de un sabor ácido, un gusto amargo aumenta su amargor.

6.2.4. El tacto

El sentido del tacto está localizado en las terminaciones nerviosas que están situadas justo debajo de la piel de todo el cuerpo. Las percepciones táctiles, por medio de los dedos, la palma de la mano, la lengua, la parte interior de las mejillas, las encías, la garganta y el paladar son espe-

cialmente importantes en la evaluación sensorial ya que es donde se detectan los atributos de la textura de los alimentos. Por medio del tacto podemos decir, por ejemplo, si el alimento es duro o blando al hacer presión sobre él. Al morderse una fruta, más atributos de textura empezarán a manifestarse como el crujido, detectado por el oído y al masticarse, el contacto de la parte interna con las mejillas, así como con la lengua, las encías y el paladar nos permitirán decir si la fruta presenta fibrosidad, granulosis, etc.

Hay diversas propiedades de la textura de los alimentos que pueden percibirse con el tacto como pueden ser los enumerados en la Tabla 13.

PROPIEDADES	DEFINICIONES
Dureza	Física: Fuerza necesaria para una deformación dada. Sensorial: Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre las muelas (sólidos) o entre la lengua y el paladar (semisólidos).
Cohesividad	Física: Deformación de un material antes de romperse. Sensorial: Grado hasta que se comprime una sustancia entre los dientes antes de romperse.
Viscosidad	Física: Tasa de flujo por unidad de fuerza. Sensorial: Fuerza requerida para pasar un líquido de una cuchara hacia la lengua.
Elasticidad	Física: Tasa a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante. Sensorial: Grado hasta el cual regresa un producto a su forma original una vez que ha sido comprimido entre los dientes.
Fragilidad	Física: Fuerza con la cual se fractura un material (alto grado de dureza y bajo de cohesividad). Sensorial: Fuerza con la que un material se desmorona.
Masticabilidad	Física: Energía para masticar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido. Sensorial: tiempo para masticar una muestra hasta que esté lista para poder tragarla.
Gomosidad	Física: Energía para desintegrar un alimento semisólido para poder deglutirlo (de baja dureza y alta cohesividad). Sensorial: Densidad que persiste a lo largo de la masticación hasta desintegrar el alimento semisólido.

TABLA 13: TIPOS DE TEXTURA DE LOS ALIMENTOS.

6.2.5. El oído

Es el sentido mediante el cual captamos los sonidos, que son los resultados de las vibraciones del aire originadas por las cuerdas vocales, los labios y la lengua de las personas al hablar, o por los objetos al caerse, romperse, rasgarse, etc. Estas vibraciones son transmitidas hacia las orejas, amplificadas por el tímpano y detectadas e interpretadas por el cerebro. El sentido del oído participa en la detección de la textura de los alimentos. El sonido no sólo se transmite por el aire, sino que las vibraciones pueden ser conducidas por los huesos, y esto sucede con los sonidos de masticación de los alimentos, los cuales suelen ser tomados en cuenta en la evaluación de la textura.

A modo de resumen se presenta la relación entre los cinco sentidos y las propiedades sensoriales de los alimentos (Tabla 14):

SENTIDO	PROPIEDAD SENSORIAL
Vista	Color - Apariencia - Textura - Rugosidad
Olfato	Olor - Aroma - Sabor
Gusto	Sabor - Gustos básicos
Tacto	Temperatura - Peso - Textura - Rugosidad
Oído	Textura - Rugosidad

TABLA 14: LOS CINCO SENTIDOS Y PROPIEDADES SENSORIALES DE LOS ALIMENTOS.

6.3. Características que pueden influir en la evaluación sensorial de los alimentos

En las secciones precedentes se detallarán diversos aspectos a tener en cuenta al momento de consumir los alimentos, debido a que algunos pueden influenciar positivamente en la percepción sensorial, mientras que otros lo pueden hacer negativamente.

6.3.1. Ambientación

En los lugares donde se consumen los alimentos, como, por ejemplo, los restaurantes, preferentemente se busca que los mismos sean tranquilos y confortables. La iluminación no debe ser exagerada, pero al mismo tiempo debe permitir la apreciación de los alimentos que se van a consumir. Además, la temperatura debe estar acondicionada de acuerdo al clima. Todos estos factores favorecen una evaluación sensorial positiva de los alimentos en el momento de consumirlos.

Por último, es muy importante evitar el ingreso de olores desagradables que puedan llegar a afectar la percepción de los olores y aromas de los alimentos.

6.3.2. Presentación de los alimentos

La presentación de los alimentos es la primera impresión que el consumidor tendrá de dicho producto, por lo que debe ser atractiva y agradable a la vista. Como parte de la presentación es muy importante el material en el que se servirá el alimento, no es lo mismo la evaluación sensorial de un alimento servido en platos de cerámica que en otro material, como los platos descartables de plástico.

La temperatura de los alimentos es otro factor que influirá en la evaluación sensorial de los alimentos, es por ello que siempre se debe respetar la temperatura a la que normalmente se consumen.

6.3.3. Preparación de alimentos

Al momento de realizar la preparación de alimentos, seguramente todo chef va a emplear sus capacidades sensoriales además de sus habilidades culinarias. Es por ello que hay diversos factores a considerar:

1. Estar en perfectas condiciones de salud, no sólo por cuestiones higiénico-sanitarias, sino además para poder percibir con exactitud el aroma de los alimentos.
2. No se deben emplear perfumes o colonias, ya que la fragancia de los mismos puede interferir en el sabor de los alimentos.
3. Se debe evitar fumar o estar medicado al momento de evaluar un alimento, ya que afectará notablemente a los sentidos.

6.3.4. Higiene y calidad

Siempre se debe mantener las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES), ya sea en la sala de preparación de alimentos como en el sector donde se sirve y distribuyen los mismos. La presentación de un alimento y/o el área destinada a servirlo que no tengan la higiene y orden correspondiente es el principal factor que puede perjudicar cualquier degustación.

6.4. Análisis de los alimentos empleando la evaluación sensorial

El análisis sensorial de los alimentos es emplear diversas técnicas para evaluar por medio de los sentidos a los alimentos y poder obtener determinada información. Para ello se utilizan personas que pueden ser entrenadas o no según el tipo de ensayo a realizar, las cuáles conformarán paneles de evaluación/degustación.

El primer panel de degustación documentado fue el creado por el gourmet francés Alexandre Grimod de Reyneire a comienzos del siglo XIX. Grimod formó el “Jury degustateur”, formado por 5 a 12 panelistas que evaluaban a ciegas vinos y platos de restaurantes.

En el desarrollo de alimentos, el análisis sensorial de los alimentos es un instrumento eficaz para el control de calidad del alimento a comercializar, ya que el mismo debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad. Por ejemplo, por medio de paneles de degustación se puede evaluar si al cambiar de proveedor de una materia prima y haber cambiado un equipo de elaboración, no generan modificaciones en el producto final. De esta manera, el alimento presentará siempre las mismas características y la percepción sensorial.

Además, el análisis sensorial se emplea en la investigación y desarrollo de alimentos para evaluar su aceptabilidad. De modo que a medida que se va desarrollando el alimento se lo va evaluando sensorialmente y, de acuerdo a la aceptabilidad, se lo puede ir modificando hasta encontrar la combinación de ingredientes adecuada que le agrade al consumidor.

Muchas veces se emplea el análisis sensorial por cuestiones comerciales o de marketing, para evaluar las modificaciones en los alimentos al incrementar determinada característica para que sea más atractivo, por ejemplo, incorporando aditivos como colorantes o saborizantes. En otros casos lo que se busca es adicionar algún componente que incremente el valor nutricional (vitaminas, minerales, etc.).

A modo de resumen se presentan los aspectos a considerar en la preparación y presentación de las muestras: horario, temperatura, cantidad unitaria, vehículo, diluciones, número y precalentamiento.

6.5. Requisitos de la sala de degustación

El lugar destinado a la degustación debe ser tranquilo, confortable, decorado con discreción donde el evaluador no se distraiga y pueda concentrarse en su trabajo.

Además, la iluminación debe ser uniforme, suficiente pero no intensa y no debe influir en la apariencia del producto a probar.

Es recomendable que en la sala exista una ligera presión positiva de aire que impida la entrada de olores o aromas de los locales adyacentes. Para ello, la mejor solución es una instalación adecuada de aire acondicionado con control de humedad.

Es muy conveniente que la preparación de las muestras se realice en un área separada de la correspondiente a la degustación. Con ello se evita la persistencia de olores y que los evaluadores vean o presuman la ordenación de las muestras, que pueden predisponer sus valoraciones o inducirlos a falsas decisiones.

Los degustadores deben estar separados físicamente para evitar no sólo los comentarios o comunicación de cualquier tipo, sino la inducción de prejuicios.

Por otro lado, es necesario que exista algún tipo de comunicación entre el evaluador y el director del panel degustación. En las salas de evaluación destinadas a tal uso, existe un pulsador en el puesto de cata que al accionarlo encienda una luz en la sala de preparación, indicando así que el evaluador está dispuesto para una nueva muestra o que se solicita la intervención del director del panel.

La introducción de las muestras en el puesto de evaluación debe ser de fácil acceso y cómodo, tanto para el evaluador como para el director del panel.

A continuación, se presentan fotografías de evaluaciones sensoriales de salas que cumplen con las condiciones mencionadas, o de salas preparadas especialmente con cabinas individuales (Figura 22)



FIGURA 22: SALAS ACONDICIONADAS PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL.

6.6. Empleo de neutralizantes

Es recomendable que entre la presentación de una y otra muestra se deje un intervalo de 1 a 3 minutos para minimizar la adaptación, enjuagándose la boca, bebiendo agua (que es lo que frecuentemente se emplea) y/o comiendo un pedacito de pan, galletitas o manzana (llamados neutralizantes).

El agua que se va a beber debe ser potable sin olor, ni sabor y a temperatura constante, no es aconsejable el agua de red debido a que en verano puede estar demasiado caliente y en invierno demasiado fría. En el caso de que sólo se desee emplear el agua para enjuagar la boca entre muestra y muestra, éste debe cumplir los mismos requisitos como si fuera para consumo. Y siempre que sea posible debe disponerse de un sumidero de succión, como los empleados por los odontólogos, en cada puesto de cata, con el fin de eliminar los enjuagues y restos de muestras sin producción de olores que distraigan la atención.

6.7. Horario, codificación y presentación de muestras

Las horas más recomendables para las sesiones de degustación son entre las 11 y las 12 de la mañana y entre las 5 y las 6 de la tarde, es decir lejos de las comidas.

Las muestras deben presentarse a los consumidores codificadas con números aleatorios, en recipientes adecuados, con una cantidad, forma y apariencia uniforme.

La codificación de cada muestra no debe proporcionar al degustador ninguna información sobre la identidad de las muestras, por este motivo se utilizarán codificaciones de símbolos o de tres números al azar siguiendo las tablas de números aleatorios (Tabla 1 del Anexo). Tampoco deben usarse las mismas claves en los días sucesivos de evaluación, ya que sugieren al evaluador las decisiones o juicios emitidos con anterioridad.

El número de muestras que se pueden degustar por sesión dependerá de los productos y de los propios evaluadores, pero es recomendable no exceder los seis productos. Las muestras siempre se deben ir presentando en todas las combinaciones posibles, es decir si se tiene dos muestras A y B, al primer evaluador se lo invita a degustar primero la muestra A y luego B, pero al segundo evaluador primero la muestra B y luego A. De esta manera los evaluadores impares van a degustar primero la muestra A y luego la muestra B; y los evaluadores pares lo harán al revés. Para poder mantener esta combinación en las degustaciones es que siempre se debe informar a los degustadores que comiencen a evaluar por la izquierda. Así se sabe que la ubicación de la muestra no tuvo nada que ver en el resultado.

Para que los resultados sean significativos, es necesario que cada evaluador reciba muestras típicas del producto. Esto hace absolutamente necesario que el contenido se mezcle perfectamente para obtener un producto bien homogéneo. Se debe tener en cuenta que los evaluadores son influenciados por detalles insignificantes, de ahí la necesidad de homogeneizar las muestras.

6.8. Material para la degustación

El material empleado para las degustaciones debe ser de fácil limpieza y de colores agradables, recomendándose normalmente el blanco o gris claro y suave. Además, este material debe estar exento de olores o sabores que se puedan transmitir al producto o ser percibidos por el evaluador.

En la Figura 23 se muestra cómo pueden presentarse los alimentos a evaluar, por ejemplo, en un ensayo de aceptabilidad con diversos tipos de jugos de naranja.

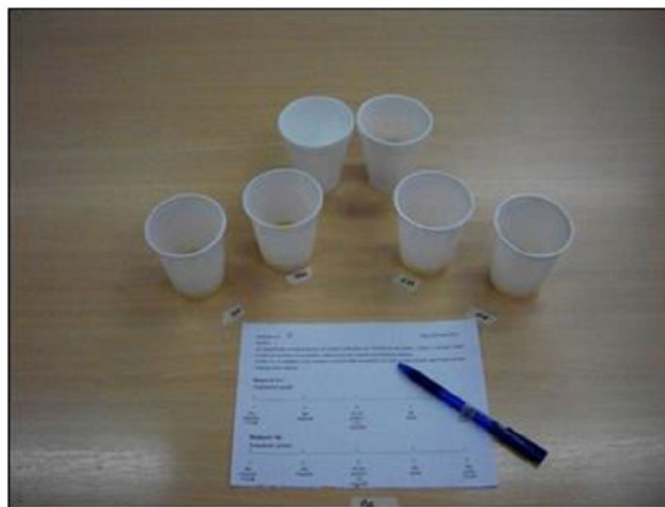


FIGURA 23: ENSAYO DE ACEPTABILIDAD CON DIVERSOS TIPOS DE JUGOS DE NARANJA.

6.9. Estadística: la base para el entendimiento de los resultados

El objetivo de la estadística aplicada es sacar conclusiones sobre una población, tomando como base la información obtenida a partir de una muestra. El tipo de conclusiones pertenecen a dos categorías básicas: estimaciones e inferencias.

—**Población:** es el conjunto total de los elementos de interés. En el análisis sensorial la población puede ser:

—**Personas:** consumidores de un determinado alimento.

—**Productos:** por ejemplo, lotes de un jarabe de glucosa.

Elemento o unidad de una población: puede ser un consumidor determinado o un lote específico de jarabe. Las mediciones sobre una unidad pueden ser discretas (me gusta más la marca A que la B) o continuas (intensidad de dulzor en una escala de 1 a 10 con valores con coma).

Parámetros de una distribución: están asociados a la distribución y sirven para proveer información sobre la población.

—Media (μ): medida central de la distribución.

—Desviación standard (σ): mide la dispersión de los valores alrededor de la media.

—Proporción: para distribuciones discretas, la proporción de una población que posee determinada característica es de interés, por ejemplo, la proporción de consumidores que prefieren la muestra A.

Solo en circunstancias muy especiales será posible realizar un censo de la población de interés y así calcular los valores exactos de los parámetros de la población. Lo habitual es que los parámetros de la población sean estimados a partir de una muestra.

Hipótesis y tipos de errores:

Una hipótesis es una suposición cuyo valor de verdad o falsedad no se conoce. En particular una hipótesis nula (H_0) es la afirmación que se conoce al principio como cierta, por ejemplo, la muestra de leche marca A se percibe sensorialmente igual a la de marca B.

Hipótesis alternativa (H_a): Es la afirmación que es contradictoria con la H_0 , por ejemplo: las muestras de leche A y B son diferentes sensorialmente.

Existen dos tipos de errores que se pueden cometer al probar una hipótesis nula (H_0 para cualquier prueba). El primero de estos, el error de tipo I (α) ocurre cuando se rechaza la hipótesis nula cuando en realidad es cierta, es decir, asegurar que dos productos son percibidos como diferentes cuando en realidad no son perceptiblemente diferentes. El error de tipo II (β) se corresponde con el riesgo de no encontrar una diferencia cuando en realidad existe. El poder de una prueba está definido como $1 - \beta$.

Un error típico en las pruebas discriminativas es no conocerlo que realmente significan los resultados o la interpretación incorrecta de éstos. Si un estudio de discriminación entre dos productos es llevado a cabo correctamente y se concluye que no hay diferencia entre estos productos, es innecesario realizar un estudio de preferencia entre éstos. Si la diferencia entre ambos es imperceptible, ninguna de las muestras será realmente preferida sobre la otra. No obstante, lo anterior no funciona al revés. Cuando se lleva a cabo un estudio de preferencia y en este no hay diferencia significativa entre ambos productos, no significa que las muestras no son diferentes entre sí. El resultado del estudio indica que las dos muestras tienen el mismo nivel de agrado/desagrado, más no que son iguales entre sí.

Para el análisis de datos se emplearán tablas que facilitan el mismo. Es posible utilizar el área bajo la curva de la probabilidad normal para estimar la probabilidad de una respuesta en este tipo

de pruebas. Stone y Sidel (1978) propusieron una fórmula matemática para obtener el valor de z específico para pruebas de diferencia como se muestra en la ecuación 1 seguidamente:

$$\text{Ecuación 1} \quad Z = \frac{X - np - 0,5}{(npq)^{1/2}}$$

En esta ecuación, X es el número de respuestas correctas, n es el número total de respuestas, mientras que p y q son la probabilidad de obtener una respuesta correcta e incorrecta respectivamente (dependiente de la prueba que se utilice: $1/3$ para triangular, $1/2$ para dúo-trío o apareada, etc.). En esta ecuación también se observa el factor de corrección por continuidad que es $0,5$, debido a que la distribución z es continua, mientras que las frecuencias observadas en los test discriminativos son variables discretas.

6.10. Tipos de pruebas en las que se aplica la evaluación sensorial

Existen diversos tipos de pruebas que se emplean en la evaluación sensorial de los alimentos, como se expone en la Tabla 15.

CLASE DE TEST	CUESTIÓN DE INTERÉS	CARACTERÍSTICA DE LOS PANELISTAS
Discriminativo	¿Los productos son diferentes en algún sentido?	No necesariamente deben ser entrenados, en determinadas condiciones se pueden emplear posibles consumidores.
Descriptivo	¿Cómo difieren los productos en características sensoriales específicas?	Seleccionados por la agudeza sensorial. Altamente entrenados.
Afectivo	¿Qué tanto gustan los productos o cuáles productos son los preferidos?	Seleccionados por el uso del producto. No entrenados. Posibles consumidores.

TABLA 15: TIPOS DE PRUEBAS SENSORIALES PARA LA EVALUACIÓN DE LOS ALIMENTOS.

6.10.1 Pruebas discriminativas

Se deben usar cuando un investigador desea determinar si dos muestras son perceptiblemente diferentes. Es posible que dos muestras tengan formulaciones químicamente diferentes, pero la percepción sensorial de las personas sea incapaz de percibir la diferencia. El desarrollo de productos se basa en esta posibilidad, al reformular los ingredientes de los alimentos, procurando que el

consumidor no detecte diferencia alguna. Por otro lado, cuando se busca reformular para crear un producto nuevo o mejorado, es deseable que el consumidor detecte diferencia entre el producto nuevo y el ya existente.

Las evaluaciones discriminativas son ampliamente utilizadas en la industria, en los procedimientos de control de calidad, en el estudio del impacto por cambios en la formulación o el proceso, así como en la habilidad de los consumidores para discriminar entre dos productos similares. Estas pruebas son de mayor utilidad cuando se tienen solamente dos productos para evaluar. Esto no debe confundirse con el número de muestras que utilizan los distintos procedimientos, ya que hay pruebas que presentan más de dos muestras a los evaluadores, pero evalúan diferencia entre dos productos. Es posible realizar pruebas de diferenciación de más de dos productos, pero no son eficientes y carecen de fondo estadístico.

De esta manera, las pruebas de discriminación representan una herramienta analítica útil que se basa en que, si dos productos difieren significativamente entre sí, se justifica proceder con un ensayo descriptivo, y así identificar qué característica/s del producto ocasiona/n la diferencia. O, por el contrario, si dos productos no pueden ser percibidos como diferentes, se toman decisiones apropiadas como, por ejemplo, el reemplazo por un ingrediente alternativo.

Existen distintos tipos de pruebas discriminativas; algunas buscan establecer si hay o no diferencia entre dos muestras, independientemente de la razón por la cual se podría generar esta. Por otro lado, también existen pruebas de diferencia que identifican un atributo o característica como la fuente de la posible diferencia. Estas pruebas pueden ser clasificadas en dos grupos principales:

● **Pruebas de diferencia global:**

¿Existe alguna diferencia sensorial entre las muestras? Estas son pruebas, como la del triángulo y la del dúo-trío, diseñadas para demostrar si los evaluadores pueden detectar alguna diferencia entre las muestras.

● **Pruebas para diferenciar atributos:**

¿Cómo difiere el atributo X entre las muestras? A los evaluadores se les solicita que se concentren en un solo atributo (o en unos pocos). Por ejemplo: “Ordene tres muestras por dulzor”. Todos los otros atributos son ignorados. En este grupo están las pruebas de comparación de a pares y todos los tipos de pruebas de comparación múltiple.

6.10.1.1. Pruebas de diferencia global: Prueba del triángulo

Este método se emplea cuando el objetivo de la prueba es determinar si existe diferencia sensorial entre dos productos. Este tipo de prueba requiere poco entrenamiento de panel sobre la metodología y el uso del cuestionario, aunque los panelistas deben estar familiarizados con los productos. En la industria es particularmente útil en situaciones en las que se requiere:

- a) Determinar si existen diferencias en un producto como resultado de cambios en los ingredientes, en el proceso, en el envasado o en el almacenaje.
- b) Determinar si existe una diferencia global, donde no se puede identificar como responsable a ningún atributo específico.

El ensayo consiste en presentar a cada evaluador tres muestras codificadas, indicando que dos muestras son idénticas y una es diferente (o impar). Luego se le pide que prueben (examen visual, de tacto, de olfato y de gusto) las muestras de izquierda a derecha, e identifiquen la muestra diferente.

Esta prueba permite al investigador conocer si existe diferencia perceptible entre dos productos sin tener que especificar la naturaleza de la posible diferencia. Además, la eficiencia de esta

prueba es mayor que la prueba de comparación de a pares, ya que la probabilidad de que el juez acierte por casualidad es de sólo 33% mientras que en las comparaciones apareadas simples hay un 50% de probabilidad.

Generalmente se emplean entre 20 y 40 evaluadores, pero si la prueba es de similitud se requieren entre 50 y 100 evaluadores.

El número de evaluadores que deben ser convocados se puede determinar consultando la Tabla 3 (Anexo). Para utilizar esta Tabla se deben definir los siguientes parámetros:

- α = nivel de significación, que es la probabilidad de decir que son diferentes cuando en realidad no lo son (error Tipo I).
- β es la probabilidad de decir que son similares cuando en realidad son diferentes (error Tipo II).
- P_d es la proporción de evaluadores que son capaces de detectar la diferencia. La norma ISO 4120 indica que valores de P_d entre 25% y 35% son medianos.

A continuación, se presentan ejemplos de cómo se utiliza la tabla mencionada.

Ejemplo 1: Si el objetivo del ensayo es encontrar una diferencia, entonces los valores de β y P_d pueden ser relativamente altos; por ejemplo, $\beta = 0,20$ y $P_d = 40\%$. Como se debe evitar el error de tipo 1 entonces el valor de α debe ser relativamente chico. Para $\alpha = 0,05$, $N = 23$. Para $\alpha = 0,01$, $N = 35$.

Ejemplo 2: Si el objetivo del ensayo es encontrar una similitud, se debe evitar el error de tipo 2 entonces el valor de α puede ser relativamente grande, por ejemplo, $\alpha = 0,20$; así β será de bajo valor. Los valores de β y P_d deben ser relativamente bajos; por ejemplo, $\beta = 0,05$ y $P_d = 20\%$. Con estos valores $N = 86$.

Si no se dispone del número de evaluadores necesarios, ¿se pueden hacer repeticiones del ensayo con los mismos evaluadores? La respuesta a esta pregunta es:

—Si se busca una diferencia, cada evaluador puede hacer repeticiones. Por ejemplo, si son necesarias $N=36$ respuestas en total, es lo mismo obtener estas respuestas de 36 evaluadores ó de 18 evaluadores haciendo un duplicado, ó de 12 evaluadores haciendo un triplicado. No es recomendable que un evaluador haga más de 3 repeticiones.

—Si se busca una similitud, cada evaluador puede hacer repeticiones, pero el cálculo de N (número total de respuestas necesarias) y el análisis de resultados debe realizarse utilizando la distribución beta-binomial que está fuera del alcance de este seminario. Si no se cuenta con esta herramienta estadística no es recomendable hacer repeticiones cuando se busca una similitud.

La prueba triangular recibe su nombre de la forma de presentarla, generalmente cada muestra ocupa el vértice de un triángulo y se indica que empiece la degustación por uno de ellos y sigue en orden, como se muestra en la Figura 24.

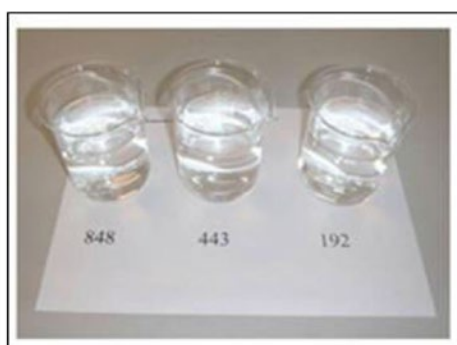


FIGURA 24: PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL ENSAYO DEL TRIÁNGULO.

Además, las muestras siempre se deben presentar en forma aleatoria. Por ejemplo, partiendo de dos muestras, A y B, existen seis posibles secuencias de presentación de las mismas: ABB, AAB, ABA, BAA, BAB, BBA que deben ser presentadas a los jueces en igual número y de manera aleatoria. Como consecuencia aparece la necesidad de tener por lo menos 6 catadores en el panel, o bien ajustándolo a 5, y uno de ellos repite así se tendrán 6 respuestas. Aunque lo más aconsejable es realizar 6 sesiones con los 6 evaluadores.

Por ejemplo, si se desea realizar el ensayo del Triángulo con 18 evaluadores, se presentarán las muestras A y B en forma aleatoria en tres grupos de 6 evaluadores como se muestra en la Tabla 16.

1 Degustador: ABA	7 Degustador: BBA	13 Degustador: AAB
2 Degustador: BAA	8 Degustador: ABB	14 Degustador: ABB
3 Degustador: BBA	9 Degustador: ABA	15 Degustador: BAB
4 Degustador: AAB	10 Degustador: BAA	16 Degustador: BAA
5 Degustador: BAB	11 Degustador: AAB	17 Degustador: ABA
6 Degustador: ABB	12 Degustador: BAB	18 Degustador: BBA

TABLA 16: PRESENTACIÓN EN FORMA ALEATORIA EN GRUPOS DE SEIS DE 18 DEGUSTADORES.

Para las 18 evaluaciones, se debe multiplicar este valor por 3 (cantidad de vasos por evaluador) y luego dividirlo por dos. De esa manera se preparan 27 vasos “A” y 27 vasos “B” para formar 18 triángulos que se distribuyen al azar entre los evaluadores, empleando cada una de las siguientes combinaciones: ABB, BAA, AAB, BBA, ABA y BAB (A y B se reemplazan por un código de tres dígitos aleatorios como se mostró en la Figura 24).

A los jueces se les pide que evalúen (huelan, prueben, etc.) las muestras de izquierda a derecha, pero si lo consideran necesario pueden volver a probar cualquiera de las muestras de dicho triángulo.

La Figura 25 muestra un modelo de planilla para evaluar el ensayo. Se estima que un evaluador puede degustar, sin fatiga sensorial, entre 15 y 18 muestras (5 a 6 triángulos) pero esto puede ser influido por las características del producto.

Siempre se debe recordar que en la prueba del triángulo no se hace ninguna pregunta sobre preferencia, aceptación, grado de diferencia, o tipo de diferencia entre las muestras iguales y la diferente.

PRUEBA DEL TRIANGULO		
Nombre _____	EVALUADOR N° _____	Fecha _____
Ante usted hay tres muestras. Dos son iguales y una es diferente. Empezando por la izquierda, evalúe las muestras y circule el código de aquella que es diferente de las otras dos. Usted puede reevaluar las muestras. Sino encuentra diferencia aparente, de su mejor estimación por incierta que sea:		
.....
624	801	199
Comentarios.....		
.....		
.....		
Muchas gracias		

FIGURA 25: PLANILLA UTILIZADA POR LOS EVALUADORES PARA LA PRUEBA DEL TRIÁNGULO.

Para el análisis e interpretación de resultados, se debe contar el número de respuestas correctas (correcta identificación de la muestra diferente) y el número total de respuestas.

Si el objetivo del ensayo es demostrar que existen diferencias entre las muestras, se debe aplicar una relación entre probabilidades y la cantidad de respuestas de los evaluadores como se presenta en la Tabla 4 del Anexo. En dicha tabla se establece, para el total de evaluadores, la cantidad de respuestas que estos deben haber respondido como muestras diferentes, relacionada a su vez con la probabilidad con la que se realiza el ensayo. Las muestras son diferentes si el número de respuestas donde los evaluadores que detectaron las muestras diferentes, respecto al número total, es igual o mayor que el indicado en la tabla 4 del Anexo. En caso contrario las muestras son similares.

A continuación, se presenta el siguiente ejemplo práctico de la Prueba del Triángulo: La leche chocolatada “B” se elaboró utilizando una nueva partida de chocolate y el laboratorio de análisis sensorial desea saber si es diferente de la leche chocolatada control “A”, correspondiente a la que actualmente se está produciendo. El objetivo fue determinar si el cambio de materia prima chocolate genera alguna diferencia global en el sabor y/o textura en el producto final.

La planilla utilizada es como la mostrada en la Figura 25. Se acepta un error del 5% y se dispone de 24 evaluadores; la prueba se realiza por duplicado, es decir habrá un total de 48 evaluaciones ($n=48$). Para las 24 evaluaciones, se debe multiplicar este valor por 3 (cantidad de vasos por evaluador) y luego dividirlo por dos. De esa manera, se preparan 36 vasos “A” y 36 vasos “B” para formar 24 triángulos que se distribuyen al azar entre los evaluadores, empleando cada una de las siguientes combinaciones: ABB, BAA, AAB, BBA, ABA y BAB (A y B se reemplazan por un código de tres dígitos aleatorios). Se debe recordar que, como la prueba se realizará por duplicado, los mismos 24 evaluadores deberán hacer el ensayo del Triángulo dos veces (no seguidas por supuesto, sino con un tiempo prudencial de descanso).

Para el desarrollo de la prueba se preparan los vasos con las muestras de las leches A y B y codificar cada vaso. Como son tres vasos, se deben realizar tres números codificados.

Los evaluadores son convocados en grupos de 12. Para cada grupo se prepara una planilla de trabajo como la de la Tabla 17. El código correspondiente a cada muestra también debe estar impreso en las planillas individuales de cada evaluador (Imágenes 25 y 26).

EVALUADOR	M624	M801	M199
1	A	B	A
2	B	A	A
3	B	B	A
4	A	A	B
5	B	A	B
6	A	B	B
7	B	B	A
8	A	B	B
9	A	B	A
10	B	A	A
11	A	A	B

TABLA 17: PLANILLA DE TRABAJO PARA LA PRUEBA DEL TRIÁNGULO.

Se obtuvieron trece respuestas correctas donde se identificó a la muestra diferente. Según la Tabla 4 del Anexo, la conclusión es que las dos leches no son diferentes a un nivel de significación del 5%, debido a que el número de respuestas correctas necesarias para que sean diferentes es mayor al obtenido (en la tabla es de 22, para 5%). Si el propósito de la prueba es demostrar que las dos leches son similares se requiere un número mayor de respuestas como mínimo de 22.

6.10.1.2. Prueba para diferenciar atributos: Prueba de comparación de a pares. Caso de Prueba de igual-diferente y de Prueba de decisión forzada con dos alternativas

La prueba de comparación apareada tiene la ventaja de que es muy sencilla, el juez no requiere de muchas instrucciones y no tiene que probar muchas muestras, así que no hay riesgo de que se hastíe.

Debido a la simplicidad de la prueba, se puede realizar con evaluadores que posean un mínimo de entrenamiento. Es suficiente con que los evaluadores conozcan bien el atributo a evaluar.

Sin embargo, en el caso de que la prueba tuviera una especial importancia (por ejemplo, un sabor defectuoso de un producto comercial) se puede seleccionar y entrenar a evaluadores con una sensibilidad superior para dicho atributo.

Sin embargo, otras pruebas como la triangular, son más convenientes desde el punto de vista estadístico, ya que en la prueba de comparación apareada simple la probabilidad de acertar por casualidad es muy alta (50%). No obstante, es muy utilizada por las ventajas mencionadas anteriormente y además porque la interpretación de los resultados es sumamente sencilla.

En la prueba de comparación de a pares se analizan sólo dos muestras comparándolas entre sí, y hay dos aplicaciones con este tipo de test: una es empleándola para indicar si las muestras son iguales o diferentes sin indicar ningún tipo de atributo en particular (prueba igual-diferente). Y la otra aplicación es indicando un atributo a comparar (prueba de decisión forzada con dos alternativas). El uso de una u otra depende del objetivo del estudio, y si el experimentador conoce la fuente de la diferencia entre las dos muestras, puede utilizar cualquiera de los dos tipos.

La prueba igual-diferente consiste en determinar si dos muestras difieren o no, sin especificar la o las dimensiones de la diferencia. Es de utilidad cuando se evalúan cambios en la formulación que pueden afectar más de un parámetro. Un ejemplo sería un estudio sobre dos pasteles idénticos en formulación excepto por la cantidad de azúcar. Además del dulzor del pastel, es probable que otros parámetros como la textura o el color de la corteza cambien tras la reformulación. Sería incorrecto evaluar solamente el cambio en el dulzor, ya que subestimaría la diferencia que existe entre los dos productos. En el desarrollo de esta prueba, se presentan al juez dos muestras simultáneamente y se le pide que indique si percibe las muestras como iguales o diferentes. Un ejemplo de la hoja de respuesta de esta prueba se observa en la Figura 26.

La tarea del evaluador es comparar las dos muestras y decidir si son similares o diferentes. Esta prueba tiene cuatro posibles secuencias de presentación (AB, BA) que deben ser presentadas en igual número y de manera aleatoria entre los jueces. Se debe recordar que las muestras siempre deben estar codificadas.

Fecha _____	Nº Evaluador _____	Nombre _____
Ante usted hay un par de muestras. Pruebe las muestras de izquierda a derecha e indique si son iguales o diferentes.		
Par		
266	865-----	Iguales Diferentes

FIGURA 26: CUESTIONARIO DE PRUEBA APAREADA DE IGUAL-DIFERENTE.

Esta prueba es muy útil siempre que la diferencia sea debida a más de un atributo, o si el origen de la diferencia no es claro.

La prueba de decisión forzada con dos alternativas suele ser una de las pruebas más eficaces y de fácil realización. La misma sirve para evaluar diferencias específicas entre dos productos y se la emplea para seleccionar y perfeccionar catadores, para establecer preferencia entre dos muestras, por ejemplo, en un ensayo de consumidores o de mercado, y en control de calidad, cuando se requiere distinguir alguna diferencia organoléptica, general o específica, entre dos muestras.

En este ensayo, a cada evaluador se le presentan dos muestras codificadas. Se debe preparar un número igual de las combinaciones AB y BA. Se las presenta en forma aleatoria y se les pide a los evaluadores que evalúen las muestras de izquierda a derecha. En el test se presentan dos muestras al juez y se le pide que compare en cuanto a alguna característica sensorial (por ejemplo: el dulzor, la dureza, el grado de crujido, olor, etc.) e indique cuál de las dos tiene mayor intensidad de dicha propiedad, como se muestra en la Figura 27.

Nombre _____	Evaluador N° _____	Fecha _____
PRODUCTO: REFRESCO		
Pruebe las dos muestras de refresco e indique cuál es la más amarga. Pruebe primero la muestra de la izquierda y luego la de la derecha.		
	----- 746	----- 419
Comentarios:----- ----- -----		
Muchas gracias		

FIGURA 27: CUESTIONARIO DE PRUEBA APAREADA DE IGUAL-DIFERENTE.

Para el posterior tratamiento estadístico hay que tener en cuenta si la prueba es de tipo uni o bilateral. Se considera el ensayo unilateral cuando el director del panel sabe que hay diferencia entre las muestras y desea averiguar si es percibida o no por el panel. Es decir, cuando sólo un resultado es de interés “más que” o sólo uno es el correcto.

En la prueba bilateral, a priori, no se sabe si hay diferencias entre las muestras, o bien no hay razones objetivas para creer que una será preferida a la otra. En esta prueba se desconoce la dirección de la diferencia. A continuación, se detallan los tipos de ensayos en la Tabla 18:

ENSAYO UNILATERAL	ENSAYO BILATERAL
Ej: se compara el dulzor de una muestra dulce A, que se sabe que tiene un 5% más de azúcar que el dulce B.	¿Cuál de estas dos gaseosas es más dulce, muestra A o muestra B?
Ej: se compara el sabor oxidado de una muestra de leche en polvo A almacenada durante un mes, respecto de otra muestra de leche en polvo B almacenada por 6 meses.	¿Cuál de estas dos leches en polvo tiene mayor sabor oxidado, muestra A o muestra B? Ambas almacenadas por 6 meses.

TABLA 18: TIPOS DE ENSAYOS ESTADÍSTICOS EN UNA PRUEBA DE COMPARACIÓN DE A PARES.

Se requiere un gran número de evaluadores ya que la probabilidad de respuestas correctas por azar es del 50%. Para el análisis de los resultados se emplean las tablas 5 (ensayo unilateral o de una cola) y la 2 (ensayo bilateral o de dos colas), ambas establecidas en el Anexo. El modo de empleo de esta tabla es de la misma manera como se explicó para el ensayo triangular. Para que las muestras sean diferentes o difieran en un atributo (por ejemplo, una es más dulce que la otra), la cantidad de respuestas correctas obtenidas por los evaluadores deben ser igual o más al número establecido en las tablas para el número total de evaluaciones.

Por ejemplo, en la Tabla 2 del Anexo se observa que, con 15 respuestas, 13 deben ser correctas para lograr un nivel de significación de $\alpha=0,01$, pero con 50 respuestas, la misma significación se logra con 35 correctas.

6.10.2. Pruebas descriptivas

En las pruebas descriptivas se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. Aquí no son importantes las preferencias o aversiones de los jueces, y no es tan importante saber si las diferencias entre las muestras son detectadas, sino cuál es la magnitud o intensidad del atributo del alimento.

El análisis sensorial descriptivo representa la metodología más sofisticada en comparación con los métodos discriminativos y de aceptabilidad. Los resultados comprenden una descripción completa de los productos y proveen la base para determinar las características sensoriales que son importantes para la aceptabilidad; asimismo, permiten relacionar variables de proceso o de formulación con cambios puntuales en las características sensoriales. Las pruebas descriptivas, por lo tanto, proporcionan mucha más información acerca del producto que las otras pruebas; sin embargo, son más difíciles de realizar, el entrenamiento de los jueces debe ser más intenso y monitorizado, y la interpretación de los resultados es ligeramente más laboriosa que en los otros tipos de pruebas.

Este tipo de test es aplicado en la monitorización de la competencia, ya que es importante saber en qué aspectos difieren los productos propios de la competencia. Esta información puede ser usada para anticipar cambios e identificar donde están las debilidades del producto elaborado y constituye una herramienta primaria para introducir cambios. Además, en la realización de pruebas de almacenamiento el análisis descriptivo provee la base para comparar productos y determinar si existen cambios durante el almacenamiento. Asimismo, es particularmente útil en productos que requieren maduración, como quesos, embutidos y bebidas alcohólicas.

El análisis descriptivo se utiliza también en el área de desarrollo de nuevos productos y su determinación en cuanto a la composición final. Este último factor se relaciona con la promoción y calidad del producto. En control de calidad también puede emplearse para identificar los límites de tolerancia sensoriales de un producto y para controlar variaciones del estándar a lo largo del tiempo.

A diferencia de los métodos que discriminan, utiliza un número de evaluadores entre 8 y 12. Si son más de 12, es difícil mantener la atención de todos en la etapa de discusión abierta. Con menos de 8 existe el riesgo de confiar demasiado en muy pocos evaluadores.

Para el análisis descriptivo los evaluadores seleccionados deben demostrar: habilidad para percibir diferencias dentro del tipo de productos que se van a analizar, habilidad para verbalizar sus impresiones sensoriales y ser capaces de trabajar en grupo. De hecho, el éxito de una prueba descriptiva depende mucho del lenguaje sensorial que representa los productos que se van a evaluar. Para el desarrollo de este lenguaje, los evaluadores prueban distintos productos y verbalizan sus impresiones. Este es un proceso iterativo y generalmente lleva de 6 a 10 sesiones de una hora cada una.

6.10.3 Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. El principal propósito de los métodos afectivos es evaluar la respuesta (reacción, preferencia o aceptación) de consumidores reales o potenciales de un producto.

Para las pruebas afectivas lo ideal es contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados y éstos pueden ser consumidores habituales, o potenciales, y compradores del tipo de alimento en cuestión.

El grupo de individuos, que siempre deben ser evaluadores inexpertos, pueden ser elegidos al azar o bien seleccionados por aspectos concretos: edad, sexo, capacidad económica, hábitos de consumo, etc.

Es importante tener en consideración el tipo de alimento que se quiere evaluar para seleccionar los degustadores. Así, un postre de chocolate puede estar destinado a niños de 4 a 12 años, un yogurt dietético a mujeres entre 15 y 40 años y un queso especial a hombres de clase media de 30 a 55 años.

Muchas veces la necesidad de tener evaluadores en el mismo lugar de trabajo puede resultar una buena alternativa. Sólo hay que tener en cuenta lo siguiente:

—Los empleados tienden a preferir el producto de la empresa si lo reconocen, si la moral es baja o están descontentos, pueden castigarlo;

—Pueden tener conocimientos sobre los objetivos del ensayo, por ejemplo, que se quiere obtener una mayonesa más cremosa.

Entonces se pueden utilizar como panelistas a los empleados del mismo lugar de trabajo, siempre que no tengan información de las evaluaciones sensoriales que puedan interferir en sus decisiones y que tengan un juicio objetivo a la hora de evaluar los alimentos.

La elección del ensayo a realizar dependerá de los objetivos de la prueba. Por ejemplo, si lo que se busca es comparar un producto con otro, lo indicado es un ensayo de preferencia, en este tipo de ensayo se le presentan los productos al panelista/degustador para que seleccione el que prefiere. Normalmente los ensayos de preferencia se suelen hacer en ambientes lo más aproximado a la realidad como, por ejemplo: supermercados, restaurantes, locales, en la calle, o en el domicilio. En este tipo de ensayo se recomienda que el número de platos a degustar por panelista no sea mayor a cuatro.

En la Figura 28 se muestra una tarjeta de una prueba de preferencia, en este caso se incorporó la opción de no preferencia:

PREFERENCIA JUGO DE NARANJA

NOMBRE _____ CONSUMIDOR Nº _____

Por favor pruebe primero el producto de la izquierda. Luego pruebe el de la derecha. Ahora que ha probado los dos jugos, marque una sola de las frases con una cruz.

-Prefiero muestra 482.

-Prefiero muestra 325.

-Me gustan las dos por igual.

POR FAVOR COMENTE LAS RAZONES DE SU ELECCIÓN _____

—

FIGURA 28: TARJETA DE PRUEBA DE PREFERENCIA PARA A EVALUACIÓN DE JUGO DE NARANJA.

6.10.3.1. Pruebas afectivas: métodos para medir la aceptabilidad sensorial

Es necesario, en primer lugar, determinar si uno desea evaluar simplemente preferencia o grado de satisfacción (gusto o disgusto), o si también uno quiere saber cuál es la aceptación que tiene el producto entre los consumidores, ya que en este último caso los cuestionarios deberán contener no sólo preguntas acerca de la apreciación sensorial del alimento, sino también otras destinadas a conocer si la persona desearía o no adquirir el producto.

La elección del ensayo a realizar dependerá de los objetivos de la prueba. Por ejemplo, si lo que se busca es comparar un producto con otro, ya sea en el mejoramiento del propio producto o buscando paridad con la competencia, entonces lo indicado es un ensayo de preferencia, entendiéndose preferencia como la inclinación favorable o predilección hacia una muestra cuando se compara con otra u otras, y no está necesariamente indicando si el alimento tiene alta aceptabilidad. Si lo que se busca es determinar el nivel de aceptación de varias muestras, lo indicado es un ensayo de aceptabilidad de medición. La medida de la aceptabilidad sensorial es un paso lógico y necesario antes de lanzar un producto al mercado. Nadie estará dispuesto a invertir en un nuevo producto que sea desagradable sensorialmente.

En este tipo de pruebas el número de evaluadores que se emplea es entre 40 y 100; y en determinados ensayos pueden superar el valor de 100.

Existen numerosos métodos para medir aceptabilidad sensorial, de los cuales se describirán los siguientes:

- Comparación de a pares.
- Ordenamiento de preferencia.
- Escala hedónica.

6.10.3.1.1. Ensayo de preferencia (con comparación de a pares)

Los principios de la prueba son iguales los utilizados en la comparación de a pares de los ensayos de discriminación detallados anteriormente. Por ejemplo, los consumidores de helado manifestaron que querían un producto con mayor sabor a dulce de leche. Se desea hacer un ensayo con consumidores para saber si efectivamente prefieren el nuevo producto con mayor sabor a dulce de leche con respecto al actual, que se vende bien.

La prueba es de dos colas ya que, si existen diferencias, no es posible estar seguro de cuál de las muestras tendrá mayor proporción de consumidores que la prefieren. Un grupo de 100 consumidores de helado de dulce de leche son invitados a concurrir a un local céntrico donde reciben las dos muestras codificadas con números de tres dígitos; la mitad en el orden A-B, la otra mitad en el orden B-A. Si se acepta la opción de “no preferencia” para este tipo de ensayos, la planilla a utilizar se encuentra en la Figura 29.

PREFERENCIA DE HELADO DE DULCE DE LECHE

Nombre: Consumidor N°

Por favor pruebe el producto a su izquierda primero. Luego pruebe el producto a su derecha.

Ahora que ha probado los dos helados, marque una sola de las frases con una cruz.

Prefiero la muestra 463
 Prefiero la muestra 189
 Me gustan las dos por igual

POR FAVOR COMENTE LAS RAZONES DE SU ELECCION

.....

FIGURA 29: MODELO DE PLANILLA UTILIZADA PARA LA COMPARACIÓN DE PREFERENCIA DE A PARES, ACEPTANDO LA OPCIÓN DE “NO PREFERENCIA”.

Luego del ensayo realizado con 100 evaluadores, los resultados demuestran que 32 personas prefirieron la muestra A, 9 prefirieron la muestra B y 59 les daba lo mismo cualquiera de las dos. Estos últimos se dividen en partes iguales entre A y B, de modo que quedan: 62 para A y 38 para B. En la Tabla 2 del Anexo se encuentra que existen diferencias a favor de A en un 5% de nivel de significación, porque para una muestra de 100 evaluadores el mínimo de respuestas correctas es de 61. Como conclusión, se puede vender el nuevo helado con el rótulo: “más sabor a dulce de leche”.

6.10.3.1.2. Pruebas de medición del grado de satisfacción con escalas hedónicas

Cuando se deben evaluar más de dos muestras a la vez, o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto, puede recurrirse a las pruebas de medición del grado de satisfacción. Estas sirven para obtener respuestas de los jueces acerca de cuánto les gusta o les disgusta un alimento.

En estos ensayos no se debe superar más de cinco alimentos a degustar por panelista. Y para llevar a cabo estas pruebas se utilizan escalas hedónicas.

La palabra hedónico proviene del griego y significa placer. Es en este sentido, que las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban.

Las escalas hedónicas pueden ser verbales y gráficas, y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y del número de muestras a evaluar. Además, las escalas deben contener siempre un número impar de puntos, y se debe incluir siempre el punto central “ni me gusta ni me disgusta”. A este punto se le asigna la calificación de cero. A los puntos de la escala por encima de este se le otorgan valores numéricos positivos, indicando que las muestras son agradables; en cambio, a los puntos por debajo del valor de indiferencia se les asignan valores negativos, correspondiendo a valores de disgusto. Esta forma de asignar el valor numérico tiene la ventaja que facilita mucho los cálculos y además es posible reconocer al primer vistazo si una muestra es agradable o desagradable.

La escala hedónica más sencilla es la de tres puntos, que suele usarse para una o dos muestras justamente debido al número pequeño de puntos, como se muestra en la Figura 30.

Descripción	Valor
Me gusta	+1
Ni me gusta ni me disgusta	0
Me disgusta	-1

FIGURA 30: ESCALA HEDÓNICA DE TRES PUNTOS.

Cuando se tienen más de dos muestras, o cuando es muy probable que dos o más muestras sean agradables (o desagradables) para los jueces, es necesario emplear escalas de más de tres puntos añadiendo diversos grados de gusto o disgusto como se muestra en la Figura 31.

Descripción	Valor
Me gusta muchísimo	+4
Me gusta mucho	+3
Me gusta bastante	+2
Me gusta ligeramente	+1
Ni me gusta ni me disgusta	0
Me disgusta ligeramente	-1
Me disgusta bastante	-2
Me disgusta mucho	-3
Me disgusta muchísimo	-4

FIGURA 31: ESCALA HEDÓNICA DE NUEVE PUNTOS.

En el empleo de este tipo de escalas, no es conveniente utilizar escalas hedónicas verbales de más de 9 puntos, ya que es muy difícil y subjetivo diferenciar los diversos grados de gusto- por ejemplo- entre “me gusta bastante” y “me gusta mucho”, entonces no se logra la finalidad de las escalas, la cual es precisamente disminuir la subjetividad de las apreciaciones de los jueces. Además, en el cuestionario pueden no indicarse los valores numéricos, sino sólo las descripciones como se muestra en la Figura 32.

Nombre _____ Evaluador N° _____ Fecha _____

Marque con una X en el lugar que indique su opinión acerca de cada muestra

Escala	294	738	501	685
Me gusta mucho				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta mucho				

Comentarios-----

Muchas gracias

FIGURA 32: CUESTIONARIO DE PRUEBA DEL GRADO DE SATISFACCIÓN (ESCALA HEDÓNICA VERBAL).

Otro tipo de escalas hedónicas son las gráficas, las cuales se emplean cuando hay dificultad para describir los puntos de una escala debido al tamaño de ésta, o cuando los jueces tienen limitaciones para comprender las diferencias entre los términos mencionados en la escala, por ejemplo, cuando se emplean a niños como jueces. En este último caso, se utilizan escalas de caritas como se muestra en la Figura 33. Esta escala puede ampliarse en algunos casos a 11 e incluso 13 puntos. Asimismo, se pueden utilizar escalas hedónicas fotográficas donde se emplean fotografías de expresiones faciales de satisfacción, disgusto o indiferencia.

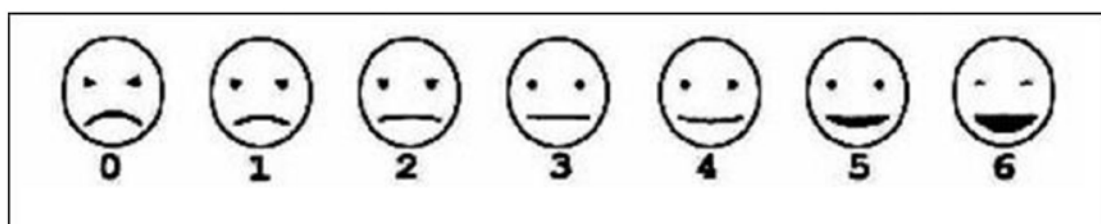


FIGURA 33: ESCALA HEDÓNICA GRÁFICA, TAMBIÉN LLAMADA ESCALA DE CARITAS, DE SIETE PUNTOS.

Al utilizar las escalas hedónicas, ya sean gráficas o verbales, se logra objetividad en las respuestas de los jueces acerca de las sensaciones provocadas por un producto alimenticio. Los valores numéricos obtenidos pueden ser tratados como cualquiera otra dimensión física, por lo tanto, pueden ser graficados, promediados, sometidos a análisis estadísticos tales como la prueba t de Student, la prueba F, el análisis de varianza, análisis de regresión, etc.

Además, en las escalas se puede agregar comentarios en el test para poder obtener una información adicional de características como la textura, sabor o apariencia, teniendo en cuenta si la muestra recibió calificaciones en el rango de sensaciones placenteras o desagradables.

A continuación, se presenta el siguiente ejemplo de aplicación de escalas hedónicas, donde se desea analizar si su nuevo producto dulce desarrollado tendrá mayor aceptabilidad que el de su principal competencia. Para ello, este emprendimiento promueve la participación de 40 consumidores del local para realizar un ensayo de aceptabilidad global entre ambos productos.

Se preparan 10 puestos de evaluación y los consumidores fueron ingresando en 4 grupos de 10 personas. Se colocaron las dos muestras en forma aleatoria siendo la muestra A, el producto del local y la B, el de la competencia.

Se les entregó las tarjetas de evaluación como se muestra en la Figura 34 y se les presentó dos pares de muestras codificadas con los números 235 y 108. Al evaluador se le pidió que comience por la izquierda, de manera que en cinco puestos se probaron primero la muestra A y luego la B; y en los otros cinco puestos de trabajo fue al revés, primero probaron la B y luego la A.

Evaluador N°		Fecha:		
Nombre				
Recibirá dos muestras de queso codificadas con números de tres dígitos. Asigne un puntaje a cada muestra de acuerdo a su aceptación. Debe probar las muestras de izquierda a derecha.				
Entre muestra y muestra debe enjuagarse muy bien la boca comiendo una galletita y tomando agua hasta eliminar cualquier sabor residual.				
Muestra N° 235				
1	3	5	7	9
Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
Muestra N° 108				
1	3	5	7	9
Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho

FIGURA 34: EJEMPLO DE TARJETA UTILIZADA EN ENSAYO DE ACEPTABILIDAD TOTAL.

En la tabla 19 se presentan los datos obtenidos, con el promedio y desvío estándar (SD) de los valores para cada muestra.

Evaluador	Muestra A	Muestra B
1	9	9
2	8	6
3	6	6
4	5	5
5	7	7
6	9	8
7	6	8
8	9	9
9	7	7
10	8	5
11	7	7
12	9	5
13	8	8
14	7	7
15	9	7
16	9	7
17	5	6
18	7	8
19	8	8
20	9	9
21	9	9
22	9	8
23	7	7
24	8	7
25	5	7
26	9	7
27	9	8
28	7	7
29	8	7
30	7	8
31	7	6
32	8	3
33	8	7
34	7	6
35	9	9
36	8	7
37	8	8
38	7	8
39	8	8
40	6	6
Promedio	7,65	7,13
SD	1,21	1,28

TABLA 19: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE ACEPTABILIDAD TOTAL.

Para efectuar la estadística se planteó que:

—Hipótesis nula (H_0): producto dulce del local tiene la misma aceptación que el de la competencia.

—Hipótesis alternativa (H_a): producto dulce del local tiene diferente aceptación que el de la competencia (no sabemos si puede ser menor o mayor la aceptación, eso se sabrá con los resultados).

En nuestro caso, el éxito sería que se cumpla la H_a . El error que se quiere evitar es el tipo 1 que es la probabilidad de decir que son diferentes cuando en realidad no lo son, es por ello que el nivel de significación (α) debe ser relativamente chico, por ejemplo, de 5%.

Para analizar si las muestras son diferentes o no, se efectuó el Análisis de Varianza (ANDEVA) en Excel con un α del 5% (Figura 35).

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1	2	18	9	0
2	2	14	7	2
3	2	12	6	0
4	2	10	5	0
5	2	14	7	0
6	2	17	8,5	0,5
7	2	14	7	2
8	2	18	9	0
9	2	14	7	0
10	2	13	6,5	4,5
11	2	14	7	0
12	2	14	7	8
13	2	16	8	0
14	2	14	7	0
15	2	16	8	2
16	2	16	8	2
17	2	11	5,5	0,5
18	2	15	7,5	0,5
19	2	16	8	0
20	2	18	9	0
21	2	18	9	0
22	2	17	8,5	0,5
23	2	14	7	0
24	2	15	7,5	0,5
25	2	12	6	2
26	2	16	8	2
27	2	17	8,5	0,5
28	2	14	7	0
29	2	15	7,5	0,5
30	2	15	7,5	0,5
31	2	13	6,5	0,5
32	2	11	5,5	12,5
33	2	15	7,5	0,5
34	2	13	6,5	0,5
35	2	18	9	0
36	2	15	7,5	0,5
37	2	16	8	0
38	2	15	7,5	0,5
39	2	16	8	0
40	2	12	6	0
Muestra 1	40	306	7,65	1,4641
Muestra 2	40	285	7,125	1,65064

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	83,4875	39	2,14070513	2,19776	0,007916033	1,704465067
Columnas	5,5125	1	5,5125	5,65943	0,022352962	4,091278482
Error	37,9875	39	0,97403846			
Total	126,9875	79				

FIGURA 35: ANÁLISIS DE VARIANZA CALCULADO EN EL PROGRAMA EXCEL.

Si el valor de la columna F (que es el F experimental) es mayor al valor crítico para F, existen diferencias significativas. Caso contrario no hay diferencias significativas.

En este caso como F vale 2,19 y el valor crítico de F es 1,7 entonces las muestras son diferentes sensorialmente, siendo la B la de mayor aceptabilidad. Este último dato se obtiene de hacer los promedios de los valores de ambas muestras (ver Tabla 19).

6.11. Bibliografía

- Anzaldúa-Morales, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en teoría y práctica. Primera edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Chamorro Valencia, C. A.; & Losada Arias, M. M. (2002). El análisis sensorial de los quesos: tecnología de los alimentos. Primera edición. Editorial Mundi-Prensa Libros S. A. Madrid, España.
- Hough, G. (2011). Curso-Taller de Análisis Sensorial de Alimentos. Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos. Instituto Superior experimental de Tecnología Alimentaria. Hipólito Irigoyen 931-(6500) 9 de Julio-Bs. As. Argentina.
- Lawless, H. T.; & Heymann, H. (1999). Sensory evaluation of food principles and practices. Primera edición. Aspen publications, Inc. Maryland, USA.
- Meilgaard, M.; Civille, G.V.; & Carr, T. B. (1991). Sensory Evaluation Techniques. Segunda edición. CRC Press, Inc. Florida, USA.
- Santa Cruz, M. J.; Martínez, C.; & Varela, P. (2005). En Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos, ed. Hough, G.; & Fiszman, S. Martín Impresores S. L., Madrid. Primera edición. (Capítulo II).

07

Capítulo 7

**Envases y
envasado**

En este capítulo se abordará primeramente el proceso de envasado de un alimento, así como la importancia de que éste sea aséptico. Detallando, además, los diversos tipos de tratamientos térmicos que se aplican en los alimentos y su relación con el envasado de los mismos. Finalmente se explicará en detalle los diferentes envases y sus características, que se aplican en la industria alimenticia.

7.1. Envasado aséptico

Más allá de la variedad de materiales que se emplean para el almacenamiento y comercialización de los alimentos, un punto de suma importancia es el envasado, es decir, cómo se realiza el llenado de los envases con el alimento. Así como la elección del envase es de suma importancia, porque además de almacenar el alimento tiene una notable influencia en su vida útil, el envasado aséptico permite que el producto no se contamine al ser envasado.

Luego del costo y tiempo que implica desarrollar un alimento y producirlo, se deben tomar recaudos para envasar el alimento y que el mismo permanezca inocuo. Es por ello, que el envasado aséptico se utiliza fundamentalmente en la producción de productos esterilizados que cada vez son más usados en la alimentación. De esta manera permite aumentar el tiempo de conservación del producto.

7.1.1. Sistema de llenado y envasado aséptico

Los sistemas de llenado y envasado aséptico deben permitir la obtención de productos comercialmente estériles en recipientes cerrados herméticamente. Para alcanzar este resultado, un sistema de llenado y envasado aséptico se diseña para:

- Esterilizar las superficies del equipo para crear una zona estéril.
- Esterilizar las superficies del material del envase que contactan con el alimento.
- Introducir asépticamente el producto en el envase en una zona aséptica.
- Cerrar herméticamente los envases.
- Mantener la esterilidad durante la producción.

7.1.2. Esterilización de equipos, superficies y envases

Para realizar la esterilización de equipos, superficies y envases se pueden emplear agentes esterilizantes solos o combinados con calor. También se pueden emplear productos químicos como el peróxido de hidrógeno, etanol o el ácido peracético.

Los agentes esterilizantes se pueden aplicar en combinación como por ejemplo aplicar el peróxido de hidrógeno con calor para esterilizar equipos y material de envase.

La aplicación de rayos gamma es otra alternativa para utilizar en materiales envasados. Además, la luz ultravioleta (UV) se ha empleado para descontaminar superficies que contactan con alimentos.

A continuación, se detallarán diversos ejemplos de agentes para esterilizar los envases:

1. Envases rígidos esterilizados con calor: Los sistemas que emplean latas suelen utilizar vapor sobrecalentado para esterilizar los cuerpos y tapas de los envases metálicos.

2. Envases de papel esterilizados mediante peróxido de hidrógeno combinado con calor para esterilizar el material que se empleará para realizar los envases antes de la formación y cierre de los mismos. Este proceso se suele aplicar en líneas de envase de productos que operan de forma continua, es decir que mientras se va produciendo el producto se va armando el envase para producir el llenado aséptico, todo por medio de maquinarias que operan continuamente.

3. Los envases de plástico rígido se suelen esterilizar con peróxido de hidrógeno y calor.

Hay dos métodos de acondicionamiento de los envases: Uno consiste en esterilizar el envase del alimento, tanto su interior como exterior, antes de su llenado. El proceso del embalaje del envase no tiene que ser estéril, que por supuesto debe ser aséptico e higiénico, y en general este tipo de envases ya se adquiere ensamblado listo para usarse, sólo deben tomarse las medidas necesarias antes de usarlo en la planta de producción, entre ellas se debe esterilizar.

La otra opción se basa en que el proceso del embalaje del envase se realice en forma paralela con la producción del alimento. De esta manera, en el trayecto final de la realización del alimento se llenan los envases con el alimento. Estos envases fueron realizados en condiciones que mantengan su esterilidad.

7.2. Tipos de tratamientos térmicos a aplicar en el envasado de alimentos

Es importante considerar los tipos de tratamientos térmicos que se pueden aplicar en los alimentos. La acción del calor sobre los microorganismos no sólo depende del grado de temperatura, sino también del tiempo que esté expuesto un determinado microorganismo a una cierta temperatura. Sea cual sea la técnica de calentamiento o de cocción, si se trata de una pasteurización, en este tipo de tratamiento se destruyen las levaduras, mohos y bacterias que no producen formas de resistencia (esporas). Y se debe considerar que el proceso de destrucción de microorganismos, incluyendo las esporas bacterianas, se denomina esterilización.

La esterilización se puede realizar principalmente de dos maneras: altas temperaturas durante un período breve de tiempo o bien, temperaturas no tan elevadas, pero durante un período de tiempo más largo. Las temperaturas y tiempos que hay que aplicar para destruir un microorganismo dependen principalmente del alimento a conservar, del número y tipo de microorganismos y de la forma de calentamiento.

Las levaduras y los mohos encuentran las condiciones óptimas para desarrollarse en alimentos ácidos, especialmente en las frutas. Estos microorganismos son bastantes sensibles a la temperatura, por lo que suelen bastar temperaturas no muy altas y tiempos de exposición breves para causar su destrucción. Esto explica, que las frutas se puedan conservar bien mediante un proceso de tratamiento de calor. Lo mismo es válido para las hortalizas ácidas como las calabazas, pepinos, tomates, chauchas, etc.

Además de los tiempos y temperaturas del tratamiento térmico, otro aspecto a considerar es si el mismo se aplicará en un alimento donde primero es tratado térmicamente y luego se envasa, o cuando se envasa y a continuación se le aplica el tratamiento térmico.

Durante el proceso de una esterilización convencional, el alimento se calienta cuando ya está en el envase, que puede ser de vidrio o lata, por ejemplo. En el envase y en el contenido debe realizarse un proceso de tratamiento térmico con determinadas temperaturas y tiempos, para eliminar la carga microbiana y reducirla a niveles que permitan comercializar un alimento inocuo. Luego, se procede a enfriar el envase con el alimento que lleva un determinado período de tiempo. Entre los ejemplos de este tipo de procesos, se encuentran los alimentos enlatados como conservas de diversas frutas y verduras.

El otro tipo de proceso que se puede emplear es esterilizar el alimento durante un lapso breve de tiempo a temperaturas elevadas y luego se enfría inmediatamente. Posteriormente el alimento se introduce en el envase que paralelamente se ha esterilizado. Un ejemplo de este tipo de tratamiento son los alimentos en los que se emplea el proceso UHT (ultra high temperatura en inglés, es decir ultra alta temperatura). En este tipo de tratamientos se emplea temperaturas muy altas, entre 130°C y 150°C, en un período de poco tiempo de 2 a 4 segundos y luego el alimento debe ser inmediatamente enfriado a menos de 32°C. Entre los ejemplos se encuentra la leche UHT.

Un típico ejemplo de acondicionamiento aséptico en alimentos líquidos empleando envases complejos son aquellos que son almacenados en los Tetra-Brick®. Este tipo de envases son laminados, es decir formados por varias capas de materiales distintos y son muy utilizados en la actualidad debido a su ligereza, bajo costo y facilidad de almacenamiento.

Los envases Tetra-Brick® están formados por cinco capas protectoras, las cuales tienen distintas funciones. Desde adentro hacia fuera son las siguientes (Figura 36):

Primera capa: Polietileno, previene el contacto con el producto envasado con otras capas del material del envase. En realidad, es una doble capa de polietileno, donde la más externa optimiza la adhesión del aluminio.

Segunda capa: aluminio, que actúa como barrera contra la luz, el oxígeno y olores externos.

Tercera etapa: Polietileno, que permite la adhesión entre el cartón y la capa de aluminio.

Cuarta etapa: Cartón, que le da forma, estabilidad y rigidez al envase y es además donde va impreso el diseño de éste. Además, tiene la ventaja de que reduce el costo del envase. Suele ser la capa de material más gruesa.

Quinta etapa: Polietileno, que impermeabiliza el envase. Lo protege de la humedad atmosférica externa.

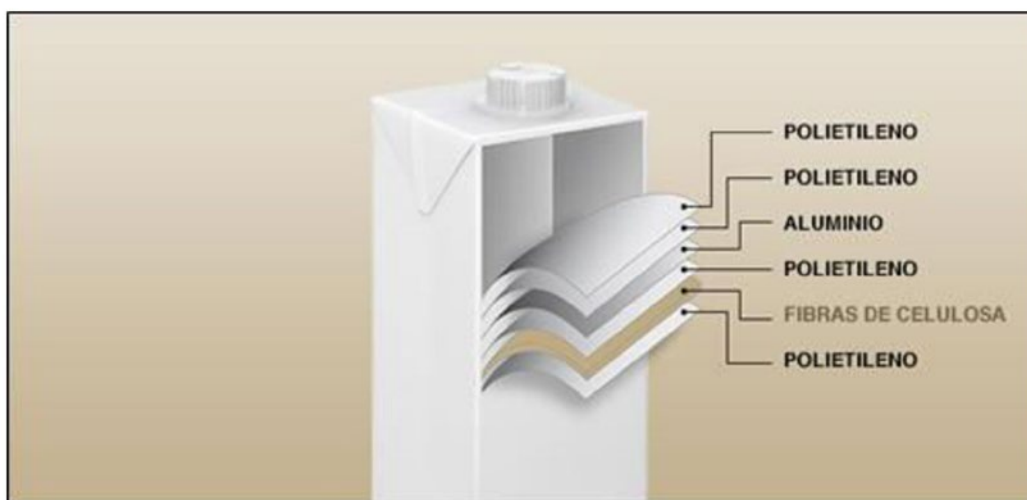


FIGURA 36: CAPAS PROTECTORAS DEL ENVASE TETRA-BRICK®.

De esta manera, ninguna bacteria o sustancia extraña consigue atravesar el envase y contaminar los alimentos. Además, en el sellado del envase no se utiliza ningún pegamento ya que se realiza por aplicación, depresión y alta frecuencia. En un sellado de alta frecuencia las piezas del envase se van a unir en un campo eléctrico de alta frecuencia. Este último es aplicado entre dos barras de metal, lo que genera una vibración de las partículas de los materiales, haciendo que éstos adquieran una energía térmica calentándose lo que genera el pegado de las piezas.

En relación al peso del envase un 75% es cartón, un 20% polietileno y un 5% aluminio. Este tipo de envase se emplea en alimentos con procesos UHT, y además se puede utilizar para numerosos productos como por ejemplo leche, jugo, vino, yogurt, puré de tomate, etc.

Mientras se realiza el tratamiento térmico del alimento en un proceso de UHT, se efectúa la esterilización del material del envase por medio de un baño de peróxido de hidrógeno (35% de peróxido de hidrógeno en agua) a 75°C y posterior eliminación por secado con aire caliente a 110°C (a esa temperatura se produce la ebullición del peróxido de hidrógeno).

Por último, se produce el llenado, que en el procedimiento del Tetra-Pack la esterilización del envase y llenado forman parte de la cámara aséptica de acondicionamiento.

7.2.1. Esterilización convencional a escala gastronómica

En la actualidad existen diversos tipos de tratamientos térmicos, envases y tipos de envasado de los alimentos producidos en forma masiva. Este tipo de procesos puede llevarse a acabo a escala gastronómica, como por ejemplo cuando se realizan conservas caseras.

A nivel casero se puede realizar una serie de pasos para realizar un proceso de esterilización y envasado de diversos alimentos contando con los elementos típicos de una cocina como puede ser una olla. Para realizar una explicación detallada se tomará como ejemplo la esterilización de una conserva de macedonia de hortalizas. Continuadamente, se detallan las etapas del proceso.

—Primero se esteriliza las tapas, juntas de goma (en el caso de que se emplee en el envase) y el envase a utilizar. En las conservas caseras suele aplicarse los envases de vidrio, como el que se presenta en la Figura 37 (el cuál se detallará más adelante en el presente capítulo).

—Luego se introducen las hortalizas en el envase de vidrio, se coloca la junta de goma y se pone la tapa tensando el resorte sobre la tapa del envase.



FIGURA 37: ENVASE DE VIDRIO CON TAPA Y EMPLEO DE JUNTA DE GOMA PARA LA MISMA.

—Es muy importante que el ambiente sea lo más aséptico posible, para ello se debe evitar corrientes de aire y las superficies deben estar esterilizadas con algunos de los productos químicos que se mencionaron anteriormente.

—Los envases con las hortalizas ya cerrados se colocan en la olla con agua sobre un paño, que ya debe estar la temperatura más elevada, o sea, a 100°C. Una vez que se ha alcanzado la temperatura del tratamiento térmico indicada, se empieza a tomar el tiempo y una vez transcurrido el mismo se saca el envase de la olla y se lo deja enfriar. El tiempo y temperatura aplicar de la pasteurización varía de acuerdo al tipo de alimento como se presenta en la tabla 20. En general, el período de duración del primer tratamiento térmico (pasteurización), si se emplea una olla por ejemplo para 1 litro de capacidad, para calentar las frutas u hortalizas ácidas, bastan por lo general temperaturas entre 75 y 100°C durante 20-60 minutos. Para el caso de una macedonia de verduras, se debe aplicar un primer tratamiento térmico de 60 minutos a 100 °C (Tabla 20).

TIPO DE HORTALIZA	MASA (g)	TIEMPO Y TEMPERATURA 1ERA PASTEURIZACIÓN	TIEMPO Y TEMPERATURA 2DA PASTEURIZACIÓN (LUEGO DE 48 HS)
Zanahorias	1250	60 min a 100 °C	30 min a 100 °C
Macedonia de hortalizas	1400	60 min a 100 °C	30 min a 100 °C
Remolachas	1350	60 min a 100 °C	30 min a 100 °C
Coles de Bruselas	1400	30 min a 100 °C	15 min a 100 °C
Setas	1250	60 min a 100 °C	30 min a 100 °C
Pepinos frescos	1250	20 min a 100 °C	---
Repollo	900	60 min a 100 °C	30 min a 100 °C

TABLA 20: TÉCNICA DE ESTERILIZACIÓN BASADA EN LA APLICACIÓN DE DOBLE TRATAMIENTO TÉRMICO EN DIVERSOS TIPOS DE HORTALIZAS.

A continuación, se sacan los envases de la olla y se dejan enfriar a temperatura ambiente. Este tratamiento hace que germinen las esporas si es que había microorganismos que pueden transformarse en esporas en las condiciones extremas. A las 48 horas se vuelve a realizar el segundo tratamiento térmico (segunda pasteurización), que en el caso de una macedonia de hortalizas es a 100°C durante 30 minutos (Tabla 20). De esta manera, al haber germinado las esporas, no hay forma de resistencia y se logran destruir todas las bacterias. La aplicación de la doble pasteurización hace que la conserva sea estéril.

La mayoría de los alimentos requiere de la doble pasteurización, aunque hay excepciones, como los pepinos frescos, donde no se necesita de un segundo tratamiento térmico como se expone en la Tabla 20.

—Luego de la segunda pasteurización se deja enfriar el envase. Se lo puede ir enfriando con agua fría, pero evitando cambios bruscos de temperatura para no generar tensiones en el vidrio.

—Es importante revisar que el envase está herméticamente cerrado y entonces se lo lleva a la despensa.

—Al cabo de unos días, es recomendable controlar si el envase está herméticamente cerrado y que no hubo roturas en el mismo.

7.2.2. Esterilización con empleo de presión a escala gastronómica

Industrialmente, el calentamiento se puede realizar a cierta presión como en los procesos UHT. A escala gastronómica se puede imitar este tratamiento empleando la olla exprés, alcanzando temperaturas superiores a 100°C y no es necesaria una segunda pasteurización, con lo que genera un importante ahorro de tiempo. El empleo de una olla exprés u olla a presión, permite reducir considerablemente la duración del calentamiento ya que éste produce temperaturas más elevadas. Por ejemplo, entre 4-7 minutos se llega a 118°C. En la tabla 21 se muestran las temperaturas y tiempos aplicados en la esterilización con olla a presión en diferentes hortalizas.

TIPO DE HORTALIZA	MASA (g)	ESTERILIZACIÓN EN OLLA EXPRÉS
Zanahorias	1250	8 min a 118 °C
Macedonia de hortalizas	1400	8-10 min a 118 °C
Remolachas	1350	8-10 min a 118 °C
Coles de Bruselas	1250	8 min a 118 °C
Setas	1250	12-15 min a 118 °C
Pepinos frescos	1250	4 min a 118 °C
Repollo	900	12 min a 118 °C

TABLA 21: TÉCNICA DE ESTERILIZACIÓN BASADA EN LA APLICACIÓN DE OLLA A PRESIÓN CON LOS TIEMPOS Y TEMPERATURAS PARA DIFERENTES TIPOS DE HORTALIZAS.

Además, la corta duración del calentamiento contribuye a conservar más íntegramente las vitaminas y sabor. Por otra parte, se destruyen con gran efectividad los microorganismos causantes del deterioro de los alimentos.

En todo proceso de esterilización utilizando una olla a presión, se debe tener en cuenta los siguientes pasos siguiendo con el ejemplo de la macedonia de hortalizas:

—Se introducen las hortalizas en el envase y se vierte el líquido dejando como mínimo un espacio de cabeza de 2 cm, se coloca la junta de goma y se pone la tapa tensando el resorte sobre la tapa del envase.

—Luego se introducen 0,5 litros de agua en la olla. Si el calentamiento va a ser largo de más de 20-40 minutos, se introduce incluso 1-1,5 litros debido a que el agua se va perdiendo por evaporación.

—A continuación, se coloca sobre el fondo de la olla un suplemento (por ejemplo, un paño) sobre el que se colocarán los envases.

—Una vez cerrada la olla, se calienta a fuego fuerte. A los 10-15 minutos comenzará a salir vapor por la válvula de la olla, lo que quiere decir que se ha alcanzado la temperatura de 100°C. Entonces, se coloca una caperuza que es como un pequeño pico que se acomoda en la tapa de la olla y gira, trabándose y evitando que salga el vapor. Ver Figura 38, pico negro sobre tapa:



FIGURA 38: OLLA A PRESIÓN.

—El tiempo de calentamiento que se indica en las recetas, comprende desde el momento en el que la caperuza empieza a girar hasta que se apaga el fuego (tiempo necesario de esterilización). En el caso de la macedonia de hortalizas es entre 8-10 minutos a 118°C (Tabla 21).

—El proceso de esterilización finaliza cuando se apaga la fuente de calor. A partir de ese momento se inicia la fase de enfriamiento. Esto incluye la reducción de la presión que dura unos 10 minutos, la apertura de la olla, la extracción de los envases con el alimento y el enfriamiento de éstos a temperatura ambiente.

—Por motivos de seguridad personal es muy importante que la olla sólo se abra cuando estamos seguros de que ya no hay sobrepresión en su interior. Se sabe que no hay más sobrepresión, cuando al quitar la caperuza ya no sale vapor por la válvula de seguridad.

—Los envases se enfrían al aire colocándolos sobre una madera o un paño de cocina. Luego se los va a ir enfriando con agua fría. Para evitar que exploten los envases no deben estar muy calientes (su temperatura debe ser por debajo de 70°C) y el agua de refrigeración no debe estar muy fría (no debe estar por debajo de 25°C).

7.3. Envases a utilizar en alimentos

Existen diversos tipos en envases que se pueden emplear para almacenar, comercializar y/o distribuir los alimentos. Acorde a lo establecido por el Código Alimentario Argentino (Capítulo IV), “se entiende por envases alimentarios, los destinados a contener alimentos acondicionados en ellos desde el momento de la fabricación, con la finalidad de protegerlos hasta el momento de su uso por el consumidor de agentes externos de alteración y contaminación, así como de la adulteración.

Dependiendo del contacto directo o no, entre el envase y el alimento, se estableció una clasificación en envases. Un envase primario es aquel que se encuentra en contacto directo con el alimento, un envase secundario es aquel que contiene un envase primario, mientras que un envase terciario es el que contiene al envase secundario, como se observa en la Figura 39.



FIGURA 39: ENVASE/EMBALAJE PRIMARIO, SECUNDARIO Y EMBALAJE TERCIARIO EN UN ALIMENTO AGUA MINERAL.

Los envases alimentarios deben cumplir una serie de requisitos bromatológicos y estar fabricados con los materiales autorizados. Además, no deben transferir a los alimentos sustancias indeseables, tóxicas o aditivos en cantidad superior a la permitidas, ni ceder sustancias que modifiquen las características composicionales y/o sensoriales de los alimentos.

De modo que los envases son aquellos que se emplean para el resguardo de los alimentos, mientras que el envasado es el procedimiento por el cual se va a conservar y envasar un alimento. El envasado abarca diferentes tipos de técnicas que se aplicará acorde al alimento a envasar, sus características, vida útil y condiciones de almacenamiento.

En las secciones siguientes de este capítulo, se explicarán los diversos tipos de envases y se detallarán técnicas de envasado.

7.3.1. Envases de vidrio

Los envases de vidrio están formados por una sustancia amorfa producto de la fusión, a elevadas temperaturas, de óxidos inorgánicos. Posteriormente esa sustancia, denominada vidrio, es enfriada hasta su solidificación sin que se produzca la cristalización.

El vidrio está hecho de componentes fundamentales utilizados para el envasado del alimento y son los siguientes:

—el SiO_2 (dióxido de silicio), que es el elemento mayoritario contribuyendo el 70-75% del material, ya que confiere la estructura básica del vidrio.

—el Na_2O (óxido de sodio), el cual participa en proporciones del 12-15% como sustancia fundente.

—El CaO (óxido de calcio) actúa como estabilizador de la estructura vítrea, adicionándose en proporciones del 10%. En ocasiones puede sustituirse parcialmente por otros óxidos de metales como por ejemplo MgO (óxido de magnesio), BaO (óxido de bario), que proporcionan al vidrio propiedades específicas como dureza o color.

Los envases de vidrio se pueden utilizar en la gastronomía para almacenar una gran cantidad de alimentos, en especial para las conservas. Este tipo de envases adoptan formas, tamaños y colores muy variables, y se han reducido los espesores del vidrio mejorando la resistencia al choque. Los tipos de vidrio más utilizados son el transparente, el ámbar, el verde y el ópalo.

Las tapas para este tipo de envases se fabrican en distintos materiales, como de vidrio con junta

de goma (ver Figura 37), o también pueden ser de hojalata o aluminio que se cierra por rosca en el envase (Figura 40).



FIGURA 40: MODELOS DE ENVASES DE VIDRIO.

Este tipo de envases tienen una serie de ventajas debido a que:

—Son inalterables a temperatura ambiente, con pequeña sensibilidad al ataque superficial por agua caliente.

—Sólo son atacados por el ácido fluorhídrico (HF) o el hidróxido de sodio (NaOH) concentrado, que no son habituales en el procesamiento de alimentos. Es por ello que se pueden emplear para todo tipo de alimentos.

—Son impermeables a la humedad, los gases y los aromas. Pueden ser utilizados en equipos de microondas.

—No se deforman, se abren y cierran con facilidad y pueden ser reciclados. Además, la transparencia del envase es un gran atractivo para el consumidor ya que puede observar el estado del alimento.

Como desventajas se menciona que son sensibles a tensiones provocadas por cambios bruscos de temperatura o choques mecánicos. Son frágiles y su peso es elevado lo que repercute en altos costos de transporte.

7.3.2. Envases metálicos

Otro de los envases que pueden emplearse en la industria alimenticia son los metálicos, cuya función es contener productos líquidos y/o sólidos, donde además puede cerrarse herméticamente el envase.

Este tipo de envases se forman mayoritariamente a partir de dos metales que son el acero y el aluminio. Donde se pueden distinguir materiales ferrosos como la hojalata, chapa cromada y chapa negra; y los materiales no ferrosos como el aluminio.

Los envases metálicos pueden clasificarse de acuerdo a su forma de presentación en cilíndricos, rectangulares, de tipo sardina y de tipo estuche. Este último tipo se caracteriza porque presentan una tapa de fricción y se emplean como envase de lujo para dulces, galletas y otros productos. Un ejemplo se muestra en la Figura 41.



FIGURA 41: ENVASE DE ALUMINIO PARA ALMACENAR GALLETITAS.

En la actualidad los envases metálicos constituyen el 80% de los envases rígidos empleados en la elaboración de alimentos industrializados.

Uno de los envases metálicos tradicionales es el constituido por hojalata, que es un material heterogéneo formado por una lámina de acero de espesor entre 0,15 y 0,30 mm recubierta por ambas caras por una capa de estaño ($0,5-15 \text{ mg/m}^2$) (Figura 42).



FIGURA 42: ENVASE DE HOJALATA.

La hojalata se produce por electrodeposición de estaño sobre acero a partir de soluciones de alguna sal de estaño. La hojalata por su gran resistencia al impacto y al fuego, además de su inviolabilidad y hermetismo, ofrece al consumidor el mayor índice de seguridad en conservación prolongada de alimentos.

El aluminio se utiliza como material de envase hace más de 50 años (Figura 41). Sus propiedades como ligereza, maleabilidad, impermeabilidad a gases y radiaciones, le hacen un material muy útil para el envasado. La mayor parte de estas propiedades viene de la adición de otros elementos como manganeso, magnesio, silicio y cobre.

La corrosión de los recipientes metálicos es el principal inconveniente de estos materiales. Se puede observar una corrosión externa (formación de capa de óxido en la cara externa del recipiente) y la corrosión interna que provoca la disolución de los componentes metálicos del recipiente. La corrosión interna es más peligrosa desde el punto de vista toxicológico.

Para evitar este tipo de corrosiones es que en la actualidad más del 90% de los envases metálicos están recubiertos con una protección interna y en ciertas ocasiones, también cuenta con una protección externa.

Los recubrimientos usados en envases metálicos son compuestos con una resina base que se

clasifican en lacas (recubrimientos internos) y barnices (recubrimientos externos). La función básica es la protección del metal respecto al alimento (en caso de productos muy ácidos) así como impedir la contaminación metálica procedentes del envase.

A pesar de que los envases metálicos pueden tener procesos de oxidación y corrosión en el metal que lo forma, poseen ciertas ventajas como por ejemplo una alta resistencia mecánica, hermeticidad, protegen los alimentos de la luz y de las radiaciones, además de tener una estabilidad térmica y ser aptos para el reciclaje.

7.3.3 Envases de materiales celulósicos

Los envases celulósicos son aquellos obtenidos y formados a partir de la materia prima celulosa, que se trata de un polisacárido estructural que se obtiene a partir de la madera. Este tipo de materia prima es muy versátil y permite una gran variedad de diseños, con fácil manipulación por su habilidad de corte, plegado y trazado. Además, tienen una facilidad de adhesión con todo tipo de adhesivos con uniones resistentes, lo que permite formar envases livianos pero que a la vez pueden ser rígidos. Además, son muy adaptables para ser usados en combinación con materiales como los plásticos (poliméricos) y con láminas de aluminio.

Según las propiedades de los materiales celulósicos, estos se pueden clasificar en:

Papel: hoja flexible de hasta 150 μ m de espesor.

Cartulina: hojas rígidas de 150-300 mm de espesor.

Cartón: hojas rígidas de más de 300 mm de espesor.

Acorde a las características que deba tener el envase, se empleará papel, cartulina o cartón. El cartón se utiliza para el embalaje, como envase primario y además como envase secundario. En la Figura 43 se muestran ejemplos de envases de celulosa.



FIGURA 43: ENVASE DE CELULOSA.

7.3.4. Envases de materiales poliméricos (plásticos)

Los envases de plástico que se emplean en el almacenamiento de alimentos pueden tener diversas formas y características como ser rígidos (botellas, frascos, cajas o estuches), termoformados (bandejas para viandas) o flexibles (mallas tejidas, multicapas, film).

Estos envases tienen una gran aplicación en la industria alimenticia, debido a que son económicos, funcionales y livianos.

En base a la composición del plástico, hay diversos tipos de envases que se detallan a continuación

7.3.4.1. Envase de polipropileno (PP):

Se trata de un plástico formado por un polímero a partir del monómero propileno, es translúcido, resistente al impacto, con elevada rigidez y dureza. Este material genera envases con una gran resistencia a muchos solventes químicos, bases y ácidos; y principalmente al tratamiento térmico como esterilización en autoclave. Los envases de polipropileno se utilizan para calentarse o incluso hervirse con el alimento. Sin embargo, el polipropileno puede quebrarse a temperaturas muy bajas, por ello, para evitar su ruptura se lo combina con etileno aumentando su resistencia al frío. Se lo emplea para envasar alimentos como helados, margarinas y rejas para frutas (Figura 44).



FIGURA 44: ENVASES DE POLIPROPILENO.

La película de polipropileno bi orientada (BOPP) se genera cuando el polipropileno se extruye y se estira, ya sea en la dirección de la máquina como en la dirección transversal. Es un tipo de plástico ampliamente utilizado para el envasado de alimentos, frituras y golosinas. Es perfectamente transparente y posee buenas propiedades de barrera frente a la humedad a temperatura ambiente y a la mayoría de los aromas. Sin embargo, para facilitar el termosellado, que es el proceso de soldado de un termoplástico usando calor y presión, se lo combina con polietileno.

7.3.4.2. Envase de polietileno:

Es un plástico formado por un polímero de etileno y es uno de los más usados en envase y embalajes. Se clasifica en tres grupos principales:

- **LDPE** (polietileno de baja densidad): 0,910 a 0,925 g/cm³
- **MDPE** (polietileno de densidad media): 0,926 a 0,940 g/cm³
- **HDPE** (polietileno de alta densidad): 0,941 a 0,965 g/cm³

El polietileno de baja densidad, es usado principalmente en forma de películas para el envasado de alimentos como leches y yogures, y para la producción de bolsas. Permite un fácil termosellado y es el más económico dentro de los envases de polietileno. Sin embargo, de los tres tipos de polietileno es el más permeable al oxígeno.

El polietileno de densidad media (MDPE), a diferencia del LDPE, es utilizado en envases que requieren de una mayor rigidez, como por ejemplo tuberías y accesorios de gas, sacos, film retráctil, película de embalaje y bolsas de plástico. Mientras que el polietileno de alta densidad (HDPE) genera un envase mucho más rígido que los otros tipos de polietileno, pudiendo exponerse a temperaturas que alcanzan los 120°C, por lo que puede ser empleado en un embalaje esterilizable por vapor. Este tipo de plástico es usado en una gran variedad de productos como ser leche, jugo, detergente, aceites automotrices, shampoo, cajas para pescados, envases para pintura, contenedores de basura o tuberías de agua (Figura 45).

Los tres tipos de polietileno tienen una buena protección contra la humedad y el agua, son fáciles de sellar en caliente y mantienen una flexibilidad a temperaturas bajas, por lo que pueden emplearse para almacenar alimentos congelados.



FIGURA 45: TIPOS DE ENVASES PRODUCIDOS CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

7.3.4.3. Envase de poliestireno:

Este tipo de plástico se encuentra compuesto por la polimerización del estireno, presentando un material transparente, muy permeable al vapor y a los gases. Como tiene la tendencia a resquebrajarse, para aumentar su resistencia se lo suele combinar con otros materiales como caucho sintético o butadieno. Se lo aplica en la fabricación de envases para productos alimenticios como por ejemplo para legumbres y carnes frescas, yogur y otros productos lácteos (Figura 46).



FIGURA 46: ENVASE DE POLIESTIRENO.

El poliestireno expandido (PE), denominado comúnmente telgopor, tiene la cualidad de ser un importante aislante térmico. Por dicha característica es ampliamente usado dentro del sector alimenticio, ya sea por ejemplo para el envasado y distribución de pescados y mariscos, productos cárnicos, frutas y verduras, comidas preparadas, helados y pastelería, entre otros (Figura 47).



FIGURA 47: ENVASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO.

7.3.4.4. Envase de cloruro de polivinilo (PVC):

Es un plástico formado por la polimerización del monómero de cloroetileno (conocido como cloruro de vinilo), con una gran una flexibilidad para generar envases tanto rígidos como flexibles. Existen dos clases de cloruro de polivinilo que son el rígido y el plastificado. El cloruro de polivinilo rígido es un material transparente que también puede ser coloreado, presentando además una resistencia mecánica y una hermeticidad para los aromas, gas y vapor de agua. Se lo emplea en envases para mantecas, aderezos, aceites, jugos y shampoo, entre otros (Figura 48).



FIGURA 48: ENVASES DE CLORURO DE POLIVINILO.

El cloruro de polivinilo plastificado es una película flexible que se utiliza para la envoltura de productos en general. Es ampliamente utilizado por ejemplo en films de PVC en bandejas de poliestireno. Los típicos films de PVC generan recubrimientos transparentes debido a su carácter amorfo y una barrera protectora muy fuerte para el oxígeno (Figura 49).



FIGURA 49: ENVASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO CON FILM DE CLORURO DE POLIVINILO PLASTIFICADO.

7.4. Envases activos

El término de envases activos hace referencia a la incorporación de ciertos aditivos al material del envase o en los envases, con el propósito de mantener y aumentar la vida útil del producto. Un envase es activo cuando además de ser una barrera para el alimento y el exterior, ayuda de alguna forma a conservar el producto. Se puede conseguir envases activos mediante dos vías:

a) Introduciendo un elemento activo en el producto a envasar. b) Formando parte el elemento activo del propio material del envase.

7.4.1. Envases con secuestradores de oxígeno

Los secuestradores de oxígeno son varios polvos de hierro que se colocan en pequeñas bolsitas. Estos polvos de hierro reaccionan con el agua del alimento produciendo un agente reductor metálico hidratado que secuestra el oxígeno dentro del envase. El oxígeno secuestrado se convierte en forma irreversible en un óxido estable. El polvo de hierro se mantiene separado del alimento gracias a la bolsita, a la cual se le coloca la etiqueta “NO INGERIR”.

El empleo de secuestradores de oxígeno es de suma importancia en alimentos porque la presencia de oxígeno deteriora a los alimentos por enranciamiento u oxidación.

Uno de los inconvenientes de las bolsitas con polvo de hierro es que se pueden ingerir con el alimento por accidente. Es por ello que se han desarrollado etiquetas adhesivas secuestrantes que se aplican en el interior del envase. Estas etiquetas se han incorporado en carnes cocidas y en productos avícolas, que son sensibles a la luz y a los cambios inducidos por el oxígeno. Otros alimentos donde se emplean este tipo de etiquetas son tartas, panes, galletas, *croissants*, pastas frescas, pescado curado, té, leche en polvo, especias, etc.

Un limitante de las etiquetas y bolsitas es que no se pueden emplear en productos alimentos que tienen un elevado contenido de agua como por ejemplo cerveza, vino y otras bebidas.

7.4.2. Envases con secuestradores de dióxido de carbono

Existen bolsitas y etiquetas para secuestrar el dióxido de carbono (CO_2). El empleo de secuestradores de CO_2 se aplica sobre todo en productos tales como café fresco, tostado o molido, que producen volúmenes significativos de dicho gas. Estos productos deben ser envasados para evitar que absorban humedad y oxígeno, con lo que perderían sus aromas volátiles y sus sabores. Sin embargo, si el café se cierra herméticamente en su envase después del tostado, el CO_2 se acumulará dentro del envase y muchas veces pueden hacerlo reventar. Para evitar lo mencionado es que se emplean bolsitas y etiquetas con carbonato de calcio para secuestrar el CO_2 y convertirlo en carbonato cálcico. Además, estas bolsitas pueden tener hierro de polvo para secuestrar oxígeno.

7.4.3. Envases con etanol

El etanol se puede agregar absorbido sobre un material que permite la liberación controlada en el envase que contiene además al alimento. Por ejemplo, Ethicap® contiene alcohol comestible (55%) y agua (10%), absorbidos sobre polvo de SiCO_3 (35%) dentro de una bolsita hecha de papel y laminado de etil-vinil-acetato. Para enmascarar el olor a alcohol, algunas bolsitas contienen trazas de vainillas o de otros olores. Por supuesto a estas bolsitas se les coloca la etiqueta que dice “NO INGERIR”.

El tamaño y la capacidad de estas bolsitas dependen del peso del alimento, de la cantidad de agua del alimento y de la vida útil del mismo. Cuando un alimento se envasa con una bolsita emisora de etanol, la humedad es absorbida por el alimento y los vapores de etanol se difunden en el espacio del envase. Este tipo de envases se emplean en tartas, productos de bollería y panadería.

7.4.4. Envases con absorbedores de humedad

El exceso de humedad es una de las principales causas del deterioro de alimentos. Por ello se utilizan diversos productos absorbedores de humedad o desecantes, que ayudan a mantener la calidad y aumentar la vida útil de los alimentos. Los absorbedores de humedad se utilizan en forma de bolsitas o almohadillas.

En el caso de alimentos de bajo contenido de agua, se emplean como desecantes el óxido de calcio, la arcilla activada, el gel de sílice, etc. Estos compuestos químicos son contenidos en bolsitas porosas de plástico. Hay bolsitas con doble acción, es decir que absorben humedad y que contienen carbón activo para la absorción olores. También pueden contener polvo de hierro para secuestrar el oxígeno.

En alimentos con mayor contenido de agua (carnes, pescados, frutas, verduras, etc.), se emplean absorbedores de humedad que tienen dos capas de una película plástica microporosa (de polietileno o polipropileno), entre las que se coloca un compuesto súper absorbente que puede incorporar hasta 500 veces su peso en agua. Los compuestos súper absorbentes usados son por ejemplo las sales de poliacrilato o la carboximetilcelulosa.

7.5. Bibliografía

—Capítulo VIII del Código Alimentario Argentino.

Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas__alimentos__caa.asp.

—Coles, R.; Mc Dowel, D.; Kirwan, M. J. (2004). Manual de envasado de alimentos y bebidas. Primera edición, Editorial: Munich-Prensa. Madrid, España.

—Donath, E. (1992). Elaboración artesanal de frutas y hortalizas. Primera edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

—Envases y Embalajes. (2012). Instituto Nacional de Tecnología Industrial- INTI. Primera edición- San Martín.

—Fellows, P. (2007). Tecnología del procesado de los alimentos. Principios y prácticas. Segunda edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

—Rees, J. A. G.; Bettison, J. (1994). Procesado térmico y envasado de los alimentos. Primera edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

—Robson, N. (2000). Principales materiales plásticos para la manufactura de envases y embalajes. Informador Técnico. Centro de Comercio Internacional. Envase y embalaje de alimentos: manual para instructores, 61:55-64.

08

Capítulo 8

Componentes perjudiciales de los alimentos

8.1. Introducción teórica

En los alimentos, tanto procesados como crudos, hay un grupo numeroso y variado de sustancias químicas, no nutritivas, que tienen interés, debido a sus acciones perjudiciales o potencialmente perjudiciales. Químicamente representan muchos tipos de compuestos inorgánicos y orgánicos, que van desde simples elementos metálicos y sales inorgánicas sencillas a complejas macromoléculas.

El conocimiento de los componentes perjudiciales de los alimentos ha estimulado el desarrollo de extensas medidas de control, ideadas para minimizar la posibilidad de riesgos sanitarios significativos, derivados del consumo de los alimentos o de las sustancias empleadas en su procesado.

Desde el punto de vista regulador, los productos químicos pueden agruparse en tres grandes categorías:

- a) Incorporados directamente como, por ejemplo, aditivos, es decir sustancias añadidas a los alimentos con fines específicos,
- b) Adicionados indirectos, como residuos de pesticidas o medicamentos administrados a animales de los cuáles se obtiene la leche para consumo o elaboración de productos o sustancias químicas que liberan los materiales de envasado,
- c) Contaminantes inevitables, por ejemplo, micotoxinas, restos de insectos y componentes perjudiciales naturales de los alimentos.

En nuestro país, la base legal para la protección de los alimentos se encuentra en el Código Alimentario Argentino (CAA) y en las resoluciones MERCOSUR, donde se establecen los niveles de tolerancia de aditivos alimentarios, colorantes, metales y ciertos contaminantes, etc. Es decir, donde se establecen las reglas legales que especifiquen los niveles de contaminantes o aditivos que convierten un alimento en adulterado y no apto para el consumo.

8.2. Componentes tóxicos naturales de los alimentos

8.2.1 Alimentos vegetales

La naturaleza ha proporcionado a los vegetales la capacidad de sintetizar una multitud de productos químicos de características tóxicas para el hombre o los animales. En el curso de su evolución el hombre aprendió por experiencia a averiguar aquellas plantas que le causaban un envenenamiento agudo fácilmente reconocible y a desarrollar métodos que reducen o eliminan la toxicidad. No obstante, muchos alimentos que todavía se consumen regularmente, incluidas algunas de las fuentes principales de proteína nutritiva, contienen sustancias que son dañinas si se consumen en cantidad suficiente. A continuación, se detallarán algunos ejemplos.

8.2.1.1. Inhibidores de la proteasa, hemaglutininas y saponinas

Estos grupos de sustancias, aunque no todas están relacionadas química o toxicológicamente, con frecuencia aparecen simultáneamente en los mismos grupos de alimentos, como legumbres y cereales.

Los inhibidores de las proteasas son proteínas relativamente pequeñas que tienen la propiedad de ligarse e inhibir a las enzimas proteolíticas como por ejemplo la tripsina y la quimiotripsina. Su capacidad de disminuir la hidrólisis proteica posiblemente se relacione con la disminución del valor

nutritivo de los productos crudos que las contienen. Estos inhibidores se encuentran en legumbres, cereales, batatas, entre otros.

Cuando se suministran a los animales en forma purificada, la principal respuesta toxicológica es la hipertrofia pancreática. Como estos inhibidores se destruyen por el calor, su destrucción puede estar relacionada con la mejora del valor nutritivo de la harina de soja húmeda experimentada al calentarla moderadamente.

Las hemagglutininas son también proteínas que tienen en común su capacidad de aglutinar in vitro los glóbulos rojos sanguíneos. Las fitohemagglutininas son proteínas y más específicamente glico-proteínas, que tienen la capacidad de aglutinar los eritrocitos en una forma similar a los anticuerpos, además de una alta sensibilidad hacia ciertos glóbulos rojos. Precisamente debido a la especificidad de ciertas hemagglutininas hacia determinados eritrocitos, las denominaron con el término de “Lectinas” (del latín *legere*, que significa elegir).

Algunas proteínas purificadas de este tipo son letales cuando se suministran oralmente o por inyección en animales. Entre los efectos tóxicos se presenta un retraso en el crecimiento e incluso muerte, como pudo observarse al incorporar semillas de soja cruda en la dieta de cobayos (conejiillos de indias) recién destetados, sin embargo, esto no sucedió en ratas. El efecto dañino es una intensa inflamación de la mucosa intestinal, con la posterior destrucción del epitelio y edema, o sea que reaccionan con las criptas y vellos intestinales, pero en diferente región de acuerdo a la especificidad de la hemagglutinina, lo que ocasiona una interferencia no-específica con la absorción de los nutrimentos y por consiguiente, hay un efecto drástico en la nutrición del organismo que las ingiere.

Las hemagglutininas se pueden encontrar en legumbres, cereales, batatas, entre otras materias primas. Y lo importante es que la toxicidad de las mismas se destruye por el calor húmedo (pero no el seco). Es decir que, con los métodos tradicionales de cocimiento casero, se puede obtener una adecuada inactivación de estas proteínas tóxicas. Además, es posible decir que algunas lectinas parecen no resistir el proceso hidrolítico de las enzimas digestivas, por lo tanto, no presentan propiedad tóxica, como es el caso de las lectinas del garbanzo.

Las saponinas son glucósidos amargos que pueden causar hemólisis en eritrocitos. Poseen diferentes tipos de estructura química, pero todas ellas tienen la propiedad de producir espuma, lo cual permite que se puedan extraer agua. Se encuentran ampliamente distribuidas en el reino vegetal, donde se pueden encontrar en hojas, raíces, tallos y flores. Dentro de las plantas comestibles que contienen este tipo de sustancias se encuentran la quinoa, soja, alfalfa, remolacha, espinacas, espárragos, avena y garbanzo.

Las saponinas son altamente tóxicas para peces y otros animales acuáticos; sin embargo, su efecto dañino en animales superiores es variable. En la actualidad se ha realizado un notable incremento en el conocimiento de este tipo de compuestos, porque aparte de que manifiestan ciertas propiedades tóxicas, también se les ha asignado cualidades tecnológicas y medicinales.

La actividad hemolítica es contrarrestada por el plasma sanguíneo o bien por el colesterol, dejando en duda si son realmente tóxicos in vivo, ya que hay varias evidencias que al ser ingeridas por vía oral no presentan problemas, dejando su poder hemolítico a estudios in vitro.

Por ejemplo, cuando se quieren emplear en la cocina alimentos ricos en saponinas por ejemplo la quinoa, se debe realizar una serie de pasos: siempre se deben lavar muy bien con abundante agua y varias veces. Luego deben ser remojados en agua 1 hora más. Batir para corroborar que no hace espuma y enjuagar otra vez. Por último, hervir y colar.

8.2.1.2. Canógenos

El cianuro en cantidad de trazas está ampliamente distribuido en las plantas, en donde se encuentra principalmente en forma de glucósido, ya que al parecer más que metabolitos secundarios como en un principio se creía, son productos intermediarios en la biosíntesis de algunos aminoácidos. Sin embargo, hay algunas plantas que pueden acumular una alta concentración de este tipo de compuestos. En las plantas comestibles se han identificado tres glucósidos de este tipo: amigdalina, durrina y linamarina (Figura 50: a, b y c respectivamente); en la almendra amarga (*Prunusamigdalus*) se encuentra un alto contenido de amigdalina, en el sorgo y forrajes análogos se encuentra la durrina y en legumbres, semillas de lino y en la mandioca está la linamarina.

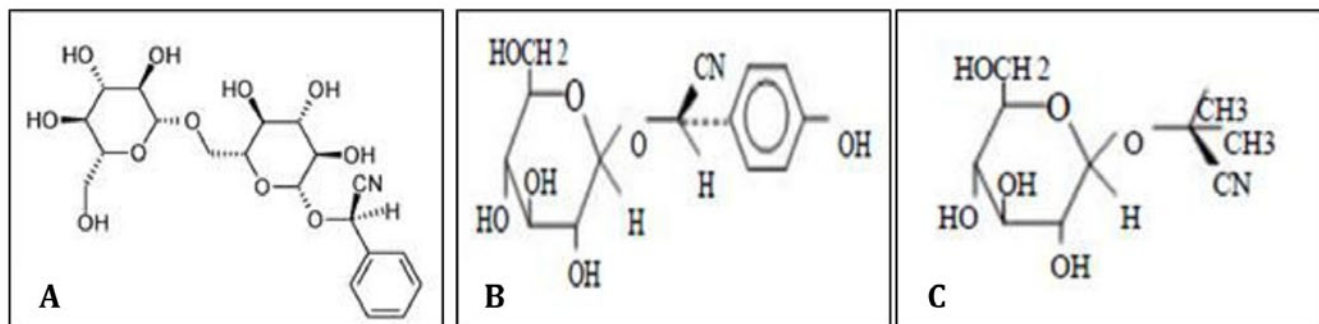


FIGURA 50: CIANURO EN FORMA DE GLUCÓSIDOS. A: AMIGDALINA, B: DURRINA Y C: LINAMARINA.

En la naturaleza se estima que hay más de 100 especies que contienen glucósidos cianogénicos. El material biológico al ser macerado o dañado puede liberar cianuro por una acción enzimática (generalmente siendo la responsable la β -glucosidasa), formando los denominados productos de degradación del glucósido cianogénico (HCN). El problema también se presenta en algunas plantas comestibles para humanos o ganado (ver Tabla 20).

EJEMPLO	HCN (mg/100g)
Frijol	14,4 - 167
Sorgo	250
Yuca	113
Linaza	53
Judías	2,0

TABLA 20: CONTENIDO DE LOS DE GRADACIÓN DEL GLUCÓSIDO CIANOGENÉTICO (HCN) EN DIVERSAS PLANTAS ALIMENTARIAS.

El glucósido cianogénico no es tóxico por sí mismo, pero sí el producto de degradación de éste por la hidrólisis enzimática, generando una potente inhibición de la cadena respiratoria. La dosis letal de los productos de degradación es de 0,5 -3,5 mg/kg.

Con respecto a la eliminación de estos compuestos, en la actualidad se han obtenido variedades

mejoradas genéticamente con un contenido significativamente bajo en estos tóxicos, como es el caso del frijol de Lima. Cuando el material ya contiene este tipo de glucósidos, el tratamiento térmico en seco elimina la actividad enzimática, aunque no sucede lo mismo con los glucósidos, obteniéndose sólo una ligera disminución, ya que estos son termoestables.

Un procedimiento de cocción en agua para la eliminación de estos tóxicos, consiste en fraccionar el material y a continuación someterlo a un pre-cocimiento donde la temperatura no sobrepase los 50°C, manteniendo estas condiciones por aproximadamente una hora, con lo cual se producirá la auto-liberación del HCN. Además, es aconsejable eliminar el agua de cocción, ya que si hay presente glucósidos intactos, estos se encontrarán en la misma.

8.2.2. Alimentos de origen animal

Los animales venenosos, es decir, aquéllos cuyos tejidos son tóxicos y producen respuestas adversas cuando se ingiere, se limitan casi exclusivamente a las formas marinas. Su presencia entre las especies de animales comestibles crea un problema que, al parecer, irá aumentando en importancia a medida que se busquen y encuentran en los océanos fuentes adicionales de proteína animal. El problema es realmente difícil, ya que el conocimiento actual de la naturaleza de los agentes tóxicos y de los factores de los que depende su presencia es tan limitado, que es imposible predecir con certeza cuándo y dónde se presentan las toxinas.

Se conocen más de 1000 especies de organismos marinos tóxicos o venenosos y muchas de ellas son comestibles o por alguna causa penetran en la cadena alimentaria.

Se conocen dos tipos fundamentales de envenenamiento por animales marinos: uno es el causado por pescado (debido al consumo de peces con tejidos venenosos) y la intoxicación por mariscos (debido a la ingestión de mariscos que han concentrado las toxinas del plancton que consumieron). Se conocen respectivamente como ictiotoxismo y como intoxicación parálitica por mariscos.

8.2.2.1. Ictiotoxismo

Se sabe que hay unas 500 especies de peces marinos que son tóxicas si se ingieren y muchas de ellas se encuentran entre las variedades consumidas. Los síndromes de intoxicación resultantes de su ingestión varían en carácter y corrientemente se designan con el nombre del pescado implicado.

En ciertos peces marinos, tropicales y subtropicales se puede generar lo que se denomina la ciguatera, producto de que han acumulado en sus tejidos una toxina denominada ciguatoxina. Esto se debe a que el agente tóxico se origina en las algas verdes-azules de donde pasa directamente a los peces herbívoros e indirectamente a las especies carnívoras. Es decir, los peces pequeños que comen las algas resultan contaminados y si un pez más grande come muchos peces pequeños contaminados, el tóxico se puede acumular a niveles peligrosos, lo cual puede hacer que uno se enferme si consume dicho pescado.

Entre las especies de peces marinos tropicales y subtropicales que pueden generar lo que se denomina ciguatera, se menciona a Barracuda, Mero Guajiro –*Mycteroperca Bonaci*, Casabe – *Vomer Setapinnis*-, Chillo – *Lutjanidae*, entre otros.

La toxina es estable frente a la congelación como la cocción del pescado, es por ello que no desaparece al momento que se consume ese alimento. Esta intoxicación puede generar la muerte de las personas envenenadas por falla cardiovascular.

Las sardinas, arenques, anchoas, tarpones y alosas forman la familia *Clupeidae* de peces marinos que se los puede encontrar por excelencia en zonas del Caribe. El envenenamiento clupeoide

ocurre luego de ingerir los peces mencionados. El modo de presentarse es semejante al de la intoxicación por ciguatera, pero la fuente y carácter de la toxina se desconocen. La muerte suele ser frecuente en este tipo de intoxicación.

El envenenamiento por el pez globo posiblemente es la mejor conocida y estudiada de todas las intoxicaciones por este pez que acumula una toxina en ovarios, hígado, intestino, piel y hueva. La toxina de este pez denominada tetrodotoxina, es posiblemente la más letal de todos los venenos de peces.

Los peces globo no se emplean corrientemente como alimento, pero, en circunstancias especiales se consumen en Japón, en donde a veces se han señalado intoxicaciones fatales. El consumo de este pez se considera como una delicadeza para el paladar. Sin embargo, su intoxicación hace que se presenten los siguientes síntomas: cosquilleo en dedos y labios, náusea, vómito, diarrea, dolor epigástrico, pérdida de reflejos de la pupila, parálisis progresiva, problemas respiratorios y muerte.

En Japón se ha tratado de controlar esta intoxicación permitiendo que sólo personas especializadas puedan manipular y cocinar el “fugu”, los cuales pueden eviscerar al pez sin que queden restos de toxinas. Este personal está capacitado para poder identificar las diferentes especies; así, como su sexo y otras características que permiten disminuir el riesgo de una intoxicación. Precisamente un factor que influye significativamente en la concentración de tetrodotoxina en el pez globo, consiste en el mes de captura.

Se ha intentado enlatar a este pescado, pero la toxina resulta estable al calor, encontrándose a niveles peligrosos aún después de ser procesado a 100°C durante 10 min.

Estos ejemplos sirven para resaltar la necesidad de investigaciones adicionales sobre la presencia y naturaleza de las toxinas de los animales marinos.

8.2.2.2. Intoxicación paralítica por mariscos

Varios mariscos como almejas y mejillones no producen toxinas, pero sí son capaces de almacenarlas al ingerir dinoflagelados (tipo de algas azules) tóxicos como la *Gonyaulax catenella*. En general se han observado los siguientes síntomas después de 30 minutos de haber ingerido el marisco: adormecimiento de labios, lengua, yemas de los dedos, piernas, brazos y cuello. Además, se puede generar una falta de coordinación muscular, problemas respiratorios y muerte por paro respiratorio (2-12 horas).

El efecto tóxico es por el bloqueo del flujo de sodio a los nervios o células musculares, lo cual inhibe a la propagación de los impulsos nerviosos y la muerte se produce generalmente por fallo respiratorio. No se conoce antídoto para la intoxicación y las toxinas son estables al calor ya que, por ejemplo, almejas procesadas a 116°C pueden retener 50% de la toxina.

La toxina principal se conoce como saxitoxina y se ha calculado que la dosis letal para el hombre está comprendida entre 1 y 4 mg. En la mayoría de los brotes la tasa de mortalidad de los afectados está en torno al 1-10%.

8.3 Incorporación de aditivos alimentarios intencionalmente

Los aditivos alimentarios son sustancias químicas añadidas a los alimentos para cumplir uno

o más de los siguientes objetivos: mejorar su valor nutritivo, conservar su frescura, proporcionarle alguna propiedad sensorial deseable (textura, color, sabor, volumen, etc.) o ayudar en su procesado.

En la mayoría de los países tecnológicamente avanzados, el empleo de los aditivos alimentarios se regula mediante mecanismos legales que no sólo especifican las condiciones precisas de uso, sino que también requieren los resultados, derivados de estudios apropiados, realizados con animales de experimentación, que demuestren que el producto en cuestión no ejerce efecto alguno adverso en la salud humana. La evidencia de ausencia total de peligrosidad debe basarse en los estudios de toxicidad aguda y crónica (en al menos dos especies de animales).

De acuerdo a los ensayos mencionados, el aditivo puede no ser aprobado o en el caso de que sea aceptado, puede que la aceptación se produzca con limitaciones en su concentración máxima a aplicarse o sin éstas. Sin embargo, pruebas recientes indican la existencia de problemas toxicológicos en ciertos aditivos alimentarios que se han empleado o se utilizan actualmente. La incorporación de estos aditivos en los alimentos, en una cantidad que exceda el límite normado, implica un grave riesgo para la salud de los consumidores. A continuación, se exponen los ejemplos más relevantes.

8.3.1. Nitritos y compuestos N-nitrosos

El nitrito sódico (o Nitrito de Sodio) se emplea como conservante y estabilizador del color sobre todo en productos de la carne y pescado. Los nitratos se usan igualmente porque se reducen a nitritos.

Se emplea este aditivo con niveles máximos de uso resultado de las pruebas toxicológicas mencionadas anteriormente. Sin embargo, se ha descubierto recientemente que el empleo de los nitritos puede presentar otro riesgo debido a las interacciones con las aminas y amidas forman derivados N-nitrosos de gran preocupación toxicológica.

Los nitritos al reaccionar con las aminas secundarias y terciarias pueden generar nitrosaminas ya sea durante el procesado o almacenamiento del alimento. Además, la nitrosación puede ocurrir en condiciones fuertemente ácidas del estómago humano, en cuyo caso la ingestión de los precursores lleva a la formación de nitrosaminas o nitrosaminas en vivo.

Los compuestos N-nitroso preocupan toxicológicamente porque muchos de sus representantes son potentes cancerígenos en los animales. Aproximadamente el 80% de los más de 100 compuestos N-nitroso hasta ahora ensayados, se ha visto que son cancerígenos para uno o más tejidos de los animales de experimentación.

Las concentraciones de nitrosaminas detectadas hasta ahora en los alimentos han estado muy por debajo de las dosis críticas para los animales. No obstante, estas observaciones han estimulado la reconsideración del empleo del nitrito como aditivo alimentario y también han promovido otras investigaciones para determinar las condiciones bajo las que puede tener lugar la nitrosación en vivo y en los alimentos.

En nuestro país, los nitratos y nitritos actualmente están avalados por el Código Alimentario Argentino para su empleo en la industria de la alimentación con límites máximos de aplicación.

8.3.2. Safrol

El safrol (4-alil-1,2-metilendioxi-benceno) forma parte de muchos aceites esenciales como los de anís, alcanfor y sazafrán. También se encuentra en los aceites de macis, de jengibre, de pimienta negra y de hojas de canela.

Se empleó mucho como agente aromatizante de las bebidas no alcohólicas, pero su utilización se suspendió al comprobarse que originaba tumores en los estudios de laboratorio con ratas. Se debe aclarar que para producir tumores hepáticos malignos en las ratas se requieren grandes concentraciones de safrol en la dieta (0,5%).

En nuestro país, por medio del Código Alimentario Argentino se prohibió el expendio y empleo de safrol en la industria alimentaria.

8.3.3. Sulfitos

El dióxido de azufre y las sustancias que generan SO₂ se añaden a los alimentos como conservantes o antimicrobianos, para inhibir el pardeamiento y como antioxidantes. Son varias las formas que se utilizan con fines específicos, como el SO₂ gaseoso y sales de sulfito, bisulfito y metasulfito. Todos ellos se han empleado como aditivos alimentarios eficaces desde hace tiempo en diversos tipos de alimentos, por ejemplo, frutas, jugos, vinos y cervezas. En el caso de las bebidas son necesarios para inhibir la flora nativa salvaje.

Si bien están avalados legalmente, la inocuidad de los sulfitos ha sido objeto de debate. El más significativo es la sensibilidad de ciertos individuos, especialmente asmáticos, que presentan graves espasmos bronquiales tras su exposición a los sulfitos. También se han observado reacciones intestinales, urticaria, hipotensión y sensación de picor. La acción del sulfito en estas reacciones adversas no está bien comprendida, pero se observó que la sensibilidad depende de los niveles residuales del aditivo en el alimento, del individuo y del tipo de alimento.

8.4. Productos del crecimiento microbiano

8.4.1. Micotoxinas

Las esporas fúngicas están dispersas en la naturaleza, germinando y creciendo fácilmente en alimentos y piensos, especialmente bajo condiciones de humedad. Como consecuencia del crecimiento fúngico en alimentos o pienso, éstos pueden presentar aromas y cambios desagradables. Aunque también algunos mohos (durante su crecimiento) tienen la capacidad de elaborar sustancias venenosas que originan síntomas de diversa naturaleza, cuando los alimentos o piensos que las contienen son ingeridos por el hombre o los animales. Estas sustancias tóxicas reciben el nombre de micotoxinas.

Se debe mencionar que las micotoxinas permanecen en el alimento después de la muerte del hongo que las elaboró, y por lo tanto pueden encontrarse en los alimentos que no presentan enmohecimiento visible. Además, algunos tipos de micotoxinas pueden llegar a resistir las condiciones culinarias y de procesamiento corrientes.

Cuando el pienso animal se contamina con micotoxinas generan pérdidas económicas por muerte o falta de productividad del ganado. Hay una gran cantidad de informes referentes a síndromes tóxicos del ganado debido al consumo de piensos enmohecidos.

Además, las micotoxinas o sus residuos pueden presentarse en la carne o pasar a la leche y huevos que pueden ser ingeridos luego por el hombre.

Dentro de las micotoxinas se pueden mencionar a las aflatoxinas que son producidas por el hongo *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, cuyas esporas están muy difundidas, especialmente en el suelo. Aunque los mohos aflatoxigénicos generalmente sólo producen dos o tres aflatoxinas, bajo determinadas condiciones se han identificado 14 y han sido clasificadas algunas de ellas

como B1, B2, G1 y G2 (según la fluorescencia bajo la luz ultravioleta) y la M1 que aparece en la leche y la orina de bovinos, tras la ingestión de aflatoxinas. De todas las mencionadas, la aflatoxina B1 es la que se encuentra con más frecuencia en los alimentos, siendo también la más potente del grupo.

Los hongos aflatoxigénicos pueden originarlas en cualquier alimento (o medio sintético) que permita su crecimiento. Por lo tanto, todo producto enmohecido debe considerarse adecuado para la contaminación por aflatoxinas. Además, la frecuencia y niveles de aflatoxina encontrados en los alimentos depende mucho del tipo de alimento y de la región en donde creció.

La intoxicación aguda por aflatoxina se manifiesta por vómito, dolor abdominal, edema pulmonar y necrosis del hígado, entre otros. Los síntomas de la intoxicación se producen en la mayoría de los animales domésticos suministrándoles sólo de 10 a 100 ppm de aflatoxina o menos.

La aflatoxina B1 es uno de los cancerígenos más potentes que se conocen y otros tipos de aflatoxinas también han demostrado actividad cancerígena. Diversos estudios han demostrado que los grupos de individuos que han presentado altas incidencias de cáncer hepático se los ha asociado con la ingesta de aflatoxinas.

Un aspecto muy importante en las aflatoxinas es el precoz y continuo énfasis puesto en el desarrollo de métodos de ensayo para detectar y cuantificar los niveles de estas toxinas en los alimentos. La disponibilidad de tales métodos, junto con la aplicación de procedimientos correctos de manipulación de piensos y alimentos, ha servido para minimizar los riesgos de exposición humana a las aflatoxinas en aquellos países que posean las capacidades tecnológicas necesarias.

8.4.2 Toxinas bacterianas

Del mismo modo que el crecimiento de los hongos altera los alimentos, también puede introducir en ellos productos químicos tóxicos. Otro tipo de microorganismo como ciertas bacterias, también pueden producir toxinas que liberan en los alimentos que contaminan.

El botulismo, debido al crecimiento de *Clostridium botulinum*, es probablemente la intoxicación alimentaria bacteriana mejor conocida, debido a la extraordinaria potencia de la toxina implicada y su alta tasa de mortalidad. Es la enfermedad resultante de la ingestión de alimentos contaminados con la toxina producida por *C. botulinum* que es un bacilo anaerobio esporulado. Este tipo de microorganismo se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza, siendo su hábitat natural el suelo, en donde están en forma de esporas. La contaminación de los alimentos con estos microorganismos ocurre fácilmente.

La sinapsis del sistema nervioso periférico constituye el sitio de acción de la toxina botulínica siendo la muerte como consecuencia de la asfixia resultante de la parálisis del diafragma y demás músculos que intervienen en la respiración.

Actualmente la causa más frecuente de botulismo humano son los alimentos conservados por el calor o por curado, preparados en el hogar.

La intoxicación por las enterotoxinas producidas por *Staphylococcus aureus*, aunque mucho menos grave, ocurre con mucha mayor frecuencia. La causa de la enfermedad es el crecimiento y producción de toxina de *Staphylococcus aureus*, microorganismo corriente de la piel y tejidos epiteliales externos del hombre y animales. Tres condiciones tienen que darse para que se presente la intoxicación estafilocócica:

1. Que el alimento permita el desarrollo de la bacteria y la producción de toxina, son vehículos co-

rrientes las chauchas cocidas, aves asadas, ensalada de papas, ensalada de pollo, arroz, postres lácteos como natillas y productos de bollería, rellenos de crema, entre otros.

2. El alimento debe permanecer a temperatura adecuada para la producción de toxina durante suficiente tiempo (4 horas a temperatura ambiente).

Los síntomas de la intoxicación aparecen generalmente a las 2-3 horas de la comida y consisten en salivación abundante, seguida de náuseas, vómitos, espasmos abdominales y diarrea. La mayoría de los enfermos retornan a la normalidad en 24-48 horas y la muerte es muy poco frecuente.

Ambas formas de intoxicación bacteriana mencionadas, constituyen los síndromes de esta categoría mejor estudiados, pero se sabe que en los alimentos existen muchas otras toxinas bacterianas no tan bien conocidas.

8.5. Contaminantes prohibidos

8.5.1. Fumigantes

El bromuro de metilo es un gas ampliamente usado en el sector agrícola de la República Argentina, en tratamientos de control de plagas y desinfección de suelos o sustratos y también, de maderas para envases. El bromuro de metilo, es muy utilizado también en la fumigación del trigo y otros cereales. En nuestro país, se prohibió el uso en fumigación de suelos y sustratos de formulaciones que contengan más del setenta por ciento (70%) de bromuro de metilo.

Diversos organismos mundiales han estado considerando el potencial peligro que significa para la capa de ozono la contaminación con bromuro de metilo (BM). El BM está siendo seriamente cuestionado por sus potenciales efectos nocivos en la salud humana. Esto, sumado al hecho de su posible acción en la destrucción de la capa de ozono y a la tendencia de los consumidores a preferir productos menos expuestos a agroquímicos, hace necesario la búsqueda de tecnologías alternativas para su uso o de reducción de las emisiones hacia la atmósfera.

El óxido de etileno se emplea corrientemente como desinfectante, es un gas a temperaturas mayores de 10,7 °C. Es más denso que el aire y es soluble en agua. A concentraciones mayores a 700 ppm en aire se evidencia como olor a éter. Es explosivo y es un gas tóxico con un límite de inflamabilidad en aire que es de 3% (V/V). Se debe evitar al máximo la exposición de los pacientes y trabajadores de la salud al óxido de etileno, es por ello que la concentración máxima de este gas en ambiente laboral debe ser de 1 ppm (para 8 h de trabajo).

El óxido de etileno ha sido aplicado como fumigante para esterilizar los alimentos cuando no puede utilizarse el calor. El peligro es que puede producir efectos adversos al destruir nutrientes esenciales o al reaccionar con los componentes del alimento para dar productos tóxicos. Por ejemplo, el óxido de etileno se combina con los cloruros inorgánicos formando clorohidrina que es tóxica. La clorohidrina, a concentraciones de hasta 1000 ppm, se ha encontrado tanto en las especies enteras, como en las molidas que se fumigaron industrialmente.

8.5.2. Extracción de solventes y producción de factores tóxicos

La extracción de las semillas oleosas con tricloroetileno se realizaba antes en varios países, hasta que se encontró que el residuo era tóxico al suministrarlo a los animales. La harina de soja, por ejem-

plo, extraída de esta forma originaba anemia aplásica cuando se la suministraba al ganado vacuno. Se demostró que se forma un agente tóxico que se produce al reaccionar el solvente con la cisterna de la harina.

8.5.3. Productos de la oxidación lipídica

La fritura abusiva o empleando aceites que son inadecuados para realizar este tipo de cocción, puede generar productos de color ocre denominados acroleína que son tóxicos.

Otro factor a considerar es la autooxidación de los lípidos que puede ocurrir incluso a temperaturas bajas. La oxidación desencadena una reacción que genera una serie de productos primarios y secundarios hasta llegar a los productos finales que son los que termina generando el sabor, aroma y olor característico de un alimento oxidado. El hidroperóxido lipídico puede descomponerse en aldehídos, cetonas y alcoholes o, en muchos casos, reaccionar con las proteínas. Hay resultados cada vez más abundantes que sugieren que los productos secundarios son los de mayor interés toxicológico.

8.5.4. Hidrocarburos policíclicos aromáticos

El ahumado de los alimentos para conservarlos y darles aroma es una de las formas más antiguas de procesado. A pesar de su empleo tan remoto, sorprendentemente es poco lo que se conoce de las connotaciones toxicológicas de esta práctica. Por ejemplo, se sabe que los productos expuestos directamente al humo de madera se contaminan con hidrocarburos policíclicos aromáticos (PHAs), muchos de los cuales son cancerígenos para los animales. Se ha sugerido que la alta incidencia de cáncer de estómago en Islandia, podría asociarse al consumo habitual de carnes y productos cárnicos muy ahumados.

8.5.5. Pesticidas y herbicidas

Los insecticidas organofosforados se usan mucho y han ocasionado intoxicaciones humanas. Los herbicidas clorofenoxi-derivados, como el ácido 2,4-diclorofenoxiacético y 2,4,5-triclorofenoxiacético son muy tóxicos.

Los agentes tóxicos que resisten la degradación ambiental han creado un problema muy importante. El DDT (DicloroDifenilTricloroetano), un insecticida órgano clorado, es un buen ejemplo de este tipo de compuestos, al igual que el clordano, aldrín y lindano. El principal problema de estos compuestos es que resisten la degradación biológica y química en consecuencia pueden alcanzar grandes concentraciones al acumularse en el medio ambiente.

Durante los años 50 y 60, en los que se utilizó mucho el DDT, se ha estimado que un adulto podía ingerir 0,2 mg de DDT por día y en 1970, al limitarse su empleo, los niveles de ingestión bajaron a 0,04 mg/día.

En la actualidad, en el Código Alimentario argentino ha establecido el máximo permitido de residuo de este insecticida por ejemplo para el agua potable.

8.5.6. Metales pesados

Los metales pesados han recibido una atención creciente como contaminante de gran difusión en el ambiente y como contaminante accidental de los alimentos. Pasan al entorno principalmente como resultado de la contaminación industrial, llegando a la cadena alimentaria por varias rutas. Los metales de mayor preocupación son el mercurio, el cadmio y el arsénico.

En el caso del mercurio, este metal de forma natural proviene por ejemplo de la desgasificación de la corteza terrestre a través de los gases volcánicos. Existen grandes yacimientos de mercurio en zonas de actividad volcánica.

Aunque a lo largo del tiempo diversas industrias desarrolladas por el hombre como la de papel, cloro, pinturas y minería, entre otras; ha favorecido la contaminación ambiental con este metal. Uno de los aspectos más peligrosos del mercurio, es su deposición en los lodos de lagos, sobre todo cuando se tienen industrias de papel o de cloro en sus cercanías. En estos casos el mercurio puede llegar a 1800 mg/kg e incluso ser biotransformado a metilmercurio por varias bacterias, entre las cuales está la *Methanobacterium amelanskis*. Aclarando que los derivados orgánicos, etil, fenil, metilmercurio, son más tóxicos que el metal. En la cadena alimenticia, el alquilmercurio se bioacumula, ya que primero es absorbido por el plancton, que posteriormente será ingerido por peces para ser acumulado en su grasa, especialmente por animales que tienen un metabolismo acelerado como el atún.

La importancia toxicológica del mercurio depende mucho de su forma química. La exposición a los mercurios orgánicos, especialmente metilmercurio, es mucho más peligrosa que la exposición a las sales inorgánicas. Las dos formas atacan el sistema nervioso central, pero la exposición al metilmercurio genera lesiones que son irreversibles.

La respuesta humana al mercurio está bien documentada debido a la masiva intoxicación de la Bahía de Minamata (Japón). En dicha zona, desde el año 1932 hasta 1968 la empresa Chisso Corporation liberó al ambiente alrededor de 27 toneladas de compuestos de mercurio en la Bahía de Minamata. Cerca de 3000 personas, además de la fauna marítima, los animales y aves de la zona, sufrieron directamente por la acción irresponsable de la empresa. Siendo la población infantil la más afectada sobre todo en el desarrollo neuronal (González-Estecha et al., 2014; Yacuzzi, 2008).

Prácticamente el metilmercurio de la dieta proviene del pescado. En los últimos años encuestas-estadísticas han demostrado que en EEUU y Europa occidental hay una ingesta diaria de 1-20 μ g de mercurio total por persona. En Argentina, en el Código Alimentario Argentino se especifica que “La carne de pescados frescos, moluscos o crustáceos, así como la de sus conservas, no deberá contener mercurio en cantidad superior a 0,5 mg/kg (0,5 ppm) y de esa cifra no más de 0,3 mg/kg (0,3 ppm) (expresada como mercurio) podrá encontrarse como compuestos metil-mercuriales”.

El cadmio es tóxico para todos los sistemas y funciones humanas o animales. La principal fuente de contaminación ambiental por cadmio es la roca fosfórica con alto contenido de metal y usada para la fabricación de fertilizantes. Se ha detectado cadmio en alimentos, tales como moluscos, crustáceos, granos (especialmente arroz y el germen de trigo), té y café.

Este metal tiende a ser almacenado en hígado, riñón y pulmones. Entre sus efectos agudos se observan alteraciones generalizadas, con problemas respiratorios, bronquitis, neumonía, arterioesclerosis e hipertensión. La intoxicación crónica hace que el riñón sea el principal órgano afectado además de alterar el metabolismo de calcio, resultado en osteoporosis (huesos débiles) y problemas con el esmalte de los dientes.

Puede decirse que naturalmente ciertos suelos de Argentina son ricos en arsénico, lo que contamina las aguas. Además, el arsénico puede estar presente en los alimentos contaminados por fertilizantes fabricados a partir de roca fosfórica. Y otra fuente de arsénico en alimentos es la contaminación accidental por plaguicidas.

El arsénico es tóxico y fácilmente absorbido por el tracto digestivo. La exposición en forma crónica al arsénico, causa pérdida de apetito, problemas gastrointestinales, conjuntivitis, hiperqueratosis y melanodermia (repercutiendo en cáncer), entre otros.

8.6. Referencias



—Arbeli, Z. (2009). Biodegradación de compuestos orgánicos persistentes (cop): i. El caso de los bifenilos policlorados (PCB). *Acta Biológica colombiana*, 14(1), 57-88.

—Código Alimentario Argentino.

Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas__alimentos__caa.asp.

—Capítulo VI del Código Alimentario Argentino.

Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo__vi.pdf.

—Capítulo XII del Código Alimentario Argentino.

Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/marco/CAA/Capitulo__12.php.

—Capítulo XVI de Código Alimentario Argentino.

Disponible en: http://www.fcq.unc.edu.ar/institucional/pdf/CAPITULO__XVICorrectivos.pdf.

—Capítulo XVIII de Código Alimentario Argentino.

Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO__XVIII.pdf.

—Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos*. Segunda edición. Editorial Acribia. España (Capítulo XIII).

—González-Estecha, M.; Bodas-Pinedo, A.; Rubio-Herrera, M. A.; Martell-Claros, N.; Trasobares-Iglesias, E.M.; Ordóñez-Iriarte, J. M.; Guillén-Pérez, J. J.; Herráiz-Martínez, M. A.; García-Donaire, J. A.; Farré-Rovira, R.; Calvo-Manuel, E.; Martínez-Álvarez, J. M.; Llorente-Ballesteros, M. T.; Sáinz-Martín, M.; Martínez-Astorquiza, T.; Martínez-García, M. J.; Bretón Lesmes, I.; Cuadrado-Cenzual, M. A.; Prieto-Menchero, S.; Gallardo-Pino, C.; Moreno-Rojas, R.; Bermejo-Barrera, P.; Torres-Moreno, M.; Arroyo-Fernández, M.; & Calle-Pascual, A. (2014). Efectos sobre la salud del metilmercurio en niños y adultos; estudios nacionales e internacionales. *Nutrición Hospitalaria*, 30(5): 989-1007.

—Manual de procedimientos de enfermedades avícolas.

Disponible en: <http://www.senasa.gov.ar/contenido.php?to=n&in=912&io=3921>.

—Miller-Pérez, C.; Sánchez-Islas, E.; Mucio-Ramírez, S.; Mendoza-Sotelo, J.; León-Olea, M. (2009). Los contaminantes ambientales bifenilos policlorinados (PCB) y sus efectos sobre el Sistema Nervioso y la salud. *Salud Mental*, 32: 335-346.

Yúfera, E. P. (1998). *Química de los Alimentos*. Primera edición. Editorial Síntesis. España.

-Resolución N° 77/06 - Uso en fumigación de suelos y sustratos de formulaciones que contengan la sustancia activa bromuro de metilo, metilbromuro o bromo metano.

Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC062194>.

—Óxido de etileno en ambiente laboral-INTI.

Disponible en: <http://www.inti.gob.ar/contaminantesorganicos/oe-ambiental/amb-infogral.htm>.

—Resolución Conjunta 116/2012 y 356/2012. Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos y Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO.

Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/webanmat/Legislacion/Alimentos/Resolucion__Conjunta__116-2012__356-2012.pdf.

—Valle Vega, P. (2000). Toxicología de los alimentos. Instituto Nacional de Salud Pública Centro Nacional de Salud Ambiental. México.

Yacuzzi, E. (2008). Chisso Corporation y la enfermedad de Minamata. Caso de Negocios 10, CEMA Working Papers: Serie Documentos de Trabajo. Universidad del CEMA, 391: 1-21.

Comentarios finales

En el presente libro se ha demostrado la importancia de la comprensión de la composición química de los alimentos, y como ésta se relaciona con el comportamiento, estabilidad fisicoquímica y microbiológica, características y aceptabilidad de los alimentos. Estableciendo además que la evaluación sensorial y la incorporación controlada de aditivos alimentarios, son dos factores que requieren de un gran conocimiento el cual contribuye con la producción de alimentos con determinadas propiedades, que además permite diferenciarlos de la competencia.

Finalmente, el discernimiento y manejo de compuestos indeseables, tóxicos y/o perjudiciales para la salud, que puedan estar presentes en los alimentos, presenta una gran ventaja para garantizar la seguridad e inocuidad del alimento, así como la salud del consumidor.

09

Capítulo 9

Anexo

Tabla 1: números aleatorios del 1 al 9 agrupados de a tres.

- (1) Para generar una secuencia de números de 3 dígitos al azar, entrar en la tabla en cualquier lugar, por ejemplo cerrando los ojos y apuntando con el dedo una zona de la tabla cualquiera. Sin mirar los números, mover el dedo hacia arriba o abajo en la columna seleccionada. Anotar los números seleccionados. Descarte los números no apropiados, por ejemplo un consecutivo de uno seleccionado anteriormente. La secuencia obtenida es por lo tanto al azar.
- (2) Para generar una secuencia de números de dos dígitos primero tirar una moneda para seleccionar si se tomarán los dos primeros dígitos o los dos últimos de cada número seleccionado de la tabla según (1).

235	762	403	234	553	482	760	640	674	180	940	535	424	214	709	155	750	372	811	903	469	323	892
974	446	531	603	942	983	361	456	166	667	813	677	173	357	879	554	526	212	495	788	927	676	481
321	327	241	507	375	923	240	944	938	491	502	825	532	724	622	501	929	664	941	300	852	835	771
703	926	706	286	284	160	420	499	129	541	226	730	785	374	990	565	893	512	152	830	936	436	964
239	968	513	549	705	624	367	230	382	846	675	135	430	900	917	707	459	336	266	261	595	696	894
244	839	797	799	599	223	559	890	925	205	606	713	863	154	876	500	359	510	422	590	584	981	377
600	503	339	869	167	445	305	817	475	289	546	158	484	868	907	338	783	405	225	325	915	774	345
574	899	568	634	483	991	616	333	113	731	350	889	217	399	678	126	851	582	117	189	884	885	485
969	587	865	146	184	364	739	315	989	480	742	536	728	156	887	461	376	745	648	898	544	812	658
857	899	871	237	709	460	440	978	874	985	447	997	782	806	565	272	896	345	143	973	249	511	289
158	955	130	402	156	807	285	512	762	897	908	104	479	856	120	537	592	669	878	843	489	596	202
445	410	248	152	576	972	575	241	138	981	184	695	185	730	148	568	726	810	894	600	284	823	153
636	360	604	191	476	624	224	421	252	240	560	271	956	353	946	850	847	886	257	429	122	920	403
125	114	206	106	258	837	653	619	943	764	188	500	488	168	401	741	262	559	885	618	446	748	434
712	119	491	661	794	678	534	398	716	545	564	739	154	518	892	416	322	722	226	571	288	656	676
858	337	312	342	189	632	827	238	655	595	432	304	267	729	670	309	336	532	757	515	917	925	745
387	930	349	831	524	650	849	448	749	862	399	804	348	433	163	269	314	135	426	530	968	405	688
166	233	634	937	698	746	123	149	364	718	820	687	643	467	752	209	747	358	195	127	472	704	124
418	744	229	307	271	104	440	195	118	317	807	893	335	775	173	157	881	413	371	241	975	538	938
617	361	636	612	362	240	997	496	943	292	199	843	122	725	939	981	524	694	609	851	370	485	146
731	319	465	228	354	585	187	707	545	181	338	915	648	768	774	520	129	686	911	140	341	814	186
601	452	989	651	244	488	236	257	980	698	675	926	462	160	891	713	738	486	776	269	869	595	329
676	245	215	243	232	350	631	932	847	856	174	916	359	246	871	461	557	751	487	367	491	852	931
864	425	928	923	415	234	919	252	192	177	450	569	735	902	833	761	448	388	305	619	845	892	114
366	275	882	170	626	544	143	235	334	499	988	428	798	719	799	459	454	925	184	421	590	984	526
554	996	655	517	888	464	106	646	434	811	194	313	219	709	190	628	205	582	223	353	201	954	278
874	264	946	211	357	986	503	726	909	438	627	492	154	134	401	197	673	832	112	108	721	863	206
660	685	899	526	848	545	258	329	289	401	478	867	997	645	631	370	669	832	921	430	159	955	343
520	884	718	572	171	804	896	109	369	743	817	113	853	947	269	223	486	933	615	209	810	814	127
213	528	764	714	727	790	889	506	838	972	733	909	934	441	581	693	571	410	953	684	229	288	397
891	483	570	220	926	118	740	275	428	974	389	354	535	652	590	952	304	978	277	218	380	549	402
139	469	248	405	695	584	350	308	239	895	351	705	646	762	374	533	383	903	306	360	120	224	361
553	363	691	186	768	930	537	761	130	142	297	182	613	309	205	583	653	368	836	859	437	174	840
501	605	656	911	237	443	979	830	313	922	375	592	432	621	601	194	868	963	311	166	513	747	147
505	450	872	292	988	876	192	704	463	188	359	633	543	941	668	331	614	924	497	460	464	719	811
445	913	828	639	824	207	575	785	690	177	818	763	819	950	658	231	890	409	240	699	597	480	881

Tabla 2: número de respuestas correctas requeridas para significación a varios niveles en la prueba de comparación de a pares cuando la hipótesis es de dos colas.

La probabilidad del azar es de $\frac{1}{2}$.

Las entradas son el **mínimo** número de respuestas correctas requeridas para significancia en el nivel de significación declarado (columna) para el correspondiente número de respuestas totales "n" (fila).

Rechazar la suposición de "no diferencia" si el número de respuestas correctas es más grande o igual que el valor de tabla.

n	Nivel de significación (%)				n	Nivel de significación (%)			
	10	5	1	0.1		10	5	1	0.1
5	5	---	---	---	31	21	22	24	25
					32	22	23	24	26
6	6	6	---	---	33	22	23	25	27
7	7	7	---	---	34	23	24	25	27
8	7	8	8	---	35	23	24	26	28
9	8	8	9	---					
10	9	9	10	---	36	24	25	27	29
					40	26	27	29	31
11	9	10	11	11	44	28	29	31	34
12	10	10	11	12	48	31	32	34	36
13	10	11	12	13	52	33	34	36	39
14	11	12	13	14					
15	12	12	13	14					
					56	35	36	39	41
16	12	13	14	15	60	37	39	41	44
17	13	13	15	16	64	40	41	43	46
18	13	14	15	17	68	42	43	46	48
19	14	15	16	17	72	44	45	48	51
20	15	15	17	18					
					76	46	48	50	53
21	15	16	17	19	80	48	50	52	56
22	16	17	18	19	84	51	52	55	58
23	16	17	19	20	88	53	54	57	60
24	17	18	19	21	92	55	56	59	63
25	18	18	20	21	96	57	59	62	65
					100	59	61	64	67
26	18	19	20	22					
27	19	20	21	23					
28	19	20	22	23					
29	20	21	22	24					
30	20	21	23	25					

Tabla 3: mínimo número de candidatos para la prueba del triángulo.

α		β							
		0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
	Pd=50%								
0.40		3	3	3	6	8	9	15	26
0.30		3	3	3	7	8	11	19	30
0.20		4	6	7	7	12	16	25	36
0.10		7	8	8	12	15	20	30	43
0.05		7	9	11	16	20	23	35	48
0.01		13	15	19	25	30	35	47	62
0.001		22	26	30	36	43	48	62	81
	Pd=40%								
0.40		3	3	6	6	9	15	26	41
0.30		3	3	7	8	11	19	30	47
0.20		6	7	7	12	17	25	36	55
0.10		8	10	15	17	25	30	46	67
0.05		11	15	16	23	30	40	57	79
0.01		21	26	30	35	47	56	76	102
0.001		36	39	48	55	68	76	102	130
	Pd=30%								
0.40		3	6	6	9	15	26	44	73
0.30		3	8	8	16	22	30	53	84
0.20		7	12	17	20	28	39	64	97
0.10		15	15	20	30	43	54	81	119
0.05		16	23	30	40	53	66	98	136
0.01		33	40	52	62	82	97	131	181
0.001		61	69	81	93	120	138	181	233
	Pd=20%								
0.40		6	9	12	18	35	50	94	153
0.30		8	11	19	30	47	67	116	183
0.20		12	20	28	39	64	86	140	212
0.10		25	33	46	62	89	119	178	260
0.05		40	48	66	87	117	147	213	305
0.01		72	92	110	136	176	211	292	397
0.001		130	148	176	207	257	302	396	513
	Pd=10%								
0.40		9	18	38	70	132	197	360	598
0.30		19	36	64	102	180	256	430	690
0.20		39	64	103	149	238	325	439	819
0.10		89	125	175	240	348	457	683	1011
0.05		144	191	249	325	447	572	828	1178
0.01		284	350	425	525	680	824	1132	1539
0.001		494	579	681	803	996	1165	1530	1992

Tabla 4: número de respuestas correctas requeridas para significación a varios niveles en la prueba del triángulo.

La probabilidad del azar es de 1/3 y la hipótesis es de una cola.

Las entradas son el mínimo número de respuestas correctas requeridas para significancia en el nivel de significación declarado (columna) para el correspondiente número de respuestas totales "n" (fila).

Rechazar la suposición de "no diferencia" si el número de respuestas correctas es más grande o igual que el valor de tabla.

n	Nivel de significación (%)				n	Nivel de significación (%)			
	10	5	1	0.1		10	5	1	0.1
3	3	3	---	---	26	13	14	15	17
4	4	4	---	---	27	13	14	16	18
5	4	4	5	---	28	14	15	16	18
					29	14	15	17	19
					30	14	15	17	19
6	5	5	6	---	31	15	16	18	20
7	5	5	6	7	32	15	16	18	20
8	5	6	7	8	33	15	17	18	21
9	6	6	7	8	34	16	17	19	21
10	6	7	8	9	35	16	17	19	22
11	7	7	8	10	36	17	18	20	22
12	7	8	9	10	42	19	20	22	25
13	8	8	9	11	48	21	22	25	27
14	8	9	10	11	54	23	25	27	30
15	8	9	10	12	60	26	27	30	33
16	9	9	11	12	66	28	29	32	35
17	9	10	11	13	72	30	32	34	38
18	10	10	12	13	78	32	34	37	40
19	10	11	12	14	84	35	36	39	43
20	10	11	13	14	90	37	28	42	45
					96	39	41	44	48
21	11	12	13	15					
22	11	12	14	15					
23	12	12	14	16					
24	12	13	15	16					
25	12	13	15	17					

Tabla 5: número de respuestas correctas requeridas para significación a varios niveles en la prueba dúo trío o de comparación de a pares cuando la hipótesis es de una cola.

La probabilidad del azar es $\frac{1}{2}$.

Las entradas son el mínimo número de respuestas correctas requeridas para significancia en el nivel de significación declarado (columna) para el correspondiente número de respuestas totales "n" (fila).

Rechazar la suposición de "no diferencia" si el número de respuestas correctas es más grande o igual que el valor de tabla.

n	Nivel de significación (%)				n	Nivel de significación (%)			
	10	5	1	0.1		10	5	1	0.1
4	4	---	---	---	31	20	21	23	25
5	5	5	---	---	32	21	22	24	26
					33	21	22	24	26
6	6	6	---	---	34	22	23	25	27
7	6	7	7	---	35	22	23	25	27
8	7	7	8	---					
9	7	8	9	---	36	23	24	26	28
10	8	9	10	10	40	25	26	28	31
					44	27	28	31	33
11	9	9	10	11	48	29	31	33	36
12	9	10	11	12	52	32	33	35	38
13	10	10	12	13					
14	10	11	12	13	56	34	35	38	40
15	11	12	13	14	60	36	37	40	43
					64	38	40	42	45
16	12	12	14	15	68	40	42	45	48
17	12	13	14	16	72	42	44	47	50
18	13	13	15	16					
19	12	14	15	17	76	45	46	49	52
20	14	15	16	18	80	47	48	51	55
21	14	15	17	18	84	49	51	54	57
22	15	16	17	19	88	51	53	56	59
23	16	16	18	20	92	53	55	58	62
24	16	17	19	20					
25	17	18	19	21	96	55	57	60	64
					100	57	59	63	66
26	17	18	20	22					
27	18	19	20	22					
28	18	19	21	23					
29	19	20	22	24					
30	20	20	22	24					