

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



TITULACIÓN POR EXAMEN PROFESIONAL

Trabajo Monográfico:

**“ESTUDIO DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ
INSTANTÁNEO”**

Presentado por:

CLAUDIA FIORELLA FRANCO VILLAVICENCIO

Lima – Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

“ESTUDIO DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ INSTANTÁNEO”

Presentado por:

CLAUDIA FIORELLA FRANCO VILLAVICENCIO

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Walter F. Salas Valerio

PRESIDENTE

Mg.Sc. Fanny Ludeña Urquiza

MIEMBRO

Dra. Ana Aguilar Galvez

MIEMBRO

Dr. Milber Ureña Peralta

TUTOR

Lima - Perú

2017

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	HISTORIA DEL CAFÉ.....	3
2.2	FRUTO DEL CAFÉ.....	3
2.3	PROCESO DE BENEFICIO.....	4
2.3.1	BENEFICIO POR VÍA HÚMEDA.....	4
2.3.2	BENEFICIO POR VÍA SECA.....	8
2.4	CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO.....	9
2.4.1	OPERACIÓN DE TOSTADO.....	9
2.4.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CAFÉ TOSTADO.....	12
2.4.3	OPERACIÓN DE MOLIENDA.....	15
2.5	CAFÉ INSTANTÁNEO.....	16
2.5.1	PROCESO DE FABRICACIÓN.....	19
2.6	DETERIORO DEL CAFÉ.....	24
2.6.1	PÉRDIDA DE COMPUESTOS VOLÁTILES.....	25
2.6.2	MIGRACIÓN DE ACEITE A LA SUPERFICIE.....	26
2.7	FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL CAFÉ.....	27
2.7.1	OXÍGENO.....	27
2.7.2	HUMEDAD.....	28
2.7.3	TEMPERATURA.....	29
2.8	TIEMPO DE VIDA EN ANAQUEL.....	30
2.8.1	TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DE VIDA EN ANAQUEL.....	31
2.8.2	PRUEBAS ACELERADAS DE VIDA EN ANAQUEL.....	33
2.8.3	FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE VIDA.....	34
2.9	TIEMPO DE VIDA EN ANAQUEL.....	35
2.9.1	ATRIBUTOS SENSORIALES.....	35
2.9.2	ANÁLISIS DE LAS EVALUACIONES SENSORIALES.....	36
III	DESARROLLO DEL TEMA.....	38
3.1	PROCEDIMIENTO DE ESTUDIO DE VIDA ÚTIL PARA EL CAFÉ INSTANTÁNEO.....	38

3.1.1	SELECCIÓN Y ENTRENAMIENTO DE PANELISTAS SENSORIALES..	38
3.1.2	DETERMINACIÓN DE LOS ATRIBUTOS CLAVES DE CAFÉ INSTANTÁNEO.....	39
3.1.3	EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN PARA EL ESTUDIO DE TIEMPO DE VIDA.....	41
3.1.4	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO PARA LAS MUESTRAS.....	41
3.1.5	PREPARACIÓN DE MUESTRAS.....	42
3.1.6	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN Y DETERMINACIÓN.....	43
IV	CONCLUSIONES.....	45
V	RECOMENDACIONES.....	46
VI	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
VII	ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Cambios físicos en el grano durante el tostado.....	11
Cuadro 2:	Ácidos contenidos en el café tostado.....	14
Cuadro 3:	Comparación entre el tamaño y el número de partículas de varios tipos de molienda.....	15
Cuadro 4:	Composición típica aproximada de café instantáneo.....	18
Cuadro 5:	Factores según el tipo de clima elegido para la prueba de conservación.....	41
Cuadro 6:	Parámetros utilizados en el método de la estufa para la determinación de humedad del café instantáneo	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Composición del fruto del café.....	4
Figura 2:	Granos de café (coffee arábica) durante el proceso de maduración	5
Figura 3:	Principales aspectos en el tostado de café.....	10
Figura 4:	Concentración de volátiles de cabeza en café en granos y molido, en función al tiempo de almacenamiento a 25 °C.....	16
Figura 5:	Proceso de fabricación de café instantáneo con recuperación de sedimento (sin considerar el manejo de compuestos volátiles	19
Figura 6:	Batería para extracción instantánea de café.....	20
Figura 7:	Evolución de principales compuestos aromáticos en el café tostado, durante el tiempo de almacenamiento.....	26
Figura 8:	Isotermas de adsorción a 22 °C de café tostado, en granos y molido.....	28
Figura 9:	Efecto de la Aw en el tiempo de vida del café tostado molido.....	29
Figura 10:	Efecto de la temperatura en el tiempo de vida del café tostado molido.....	30
Figura 11:	Perfil sensorial del café instantáneo.....	39
Figura 12:	Especificaciones sensoriales del café instantáneo.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: REQUISITOS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL CAFÉ SOLUBLE.....	30
--	----

RESUMEN

En el presente documento se exponen los aspectos teóricos fundamentales para el desarrollo de un procedimiento de estudio de vida útil de café instantáneo. La información expuesta abarca desde del tratamiento que recibe el grano de café hasta los diversos factores que aceleran su deterioro con respecto al tiempo, el mismo que está relacionado principalmente con las reacciones químicas que se desarrollan al tener contacto con la luz, humedad, temperatura, entre otros factores externos. Para el café instantáneo, se considera como característica crítica el contenido de humedad y la temperatura. El método directo de estudio de vida útil para café instantáneo descrito en las siguientes páginas, consta del ensayo en una cámara climatizada a una misma temperatura y humedad relativa, a fin de monitorear su comportamiento en el tiempo. Otro análisis que juega un papel muy importante en la validación del tiempo de vida es la evaluación sensorial. Para tal fin se mostrará la necesidad de tener un jurado sensorial altamente entrenado y especializado, importante para establecer el límite de calidad, garantizar la conservación de sus características y brindar al consumidor un café de la más alta calidad.

Palabras clave: Café Instantáneo, Almacenamiento, Vida Útil, Evaluación Sensorial.

ABSTRACT

In this document, the fundamental theoretical aspects for the development of an instant coffee life study procedure are presented. The information presented ranges from the treatment that receives the coffee bean to the various factors that accelerate its deterioration with respect to time, the same that is mainly related to the chemical reactions that develop when having contact with light, humidity, temperature, among other external factors. For instant coffee, the moisture content and temperature are considered critical factors. The direct method of shelf life for instant coffee described in the following pages consists of a test in a heated chamber at a constant temperature and relative humidity, in order to monitor its behavior over time. Another analysis that plays a very important role in the validation of the shelf life is the sensory evaluation. To provide the consumer with the highest quality coffee, it was stated the need to have a highly trained and specialized sensory jury; in order to establish the quality limits and guarantee the preservation of coffee characteristics.

Key Words: Instant Coffee, Storage, Shelf Life, Sensory Evaluation.

I INTRODUCCIÓN

El concepto acerca de un producto de buena calidad ha evolucionado a través de los años. Inicialmente se basaba únicamente en que el producto adquirido no le cause daño al consumidor, mientras que en la actualidad también se requiere que dicho producto sea capaz de mantener su sabor, color y olor durante todo el tiempo que es declarado en el envase, es decir, que conserve sus propiedades organolépticas y fisicoquímicas durante todo el tiempo que será almacenado hasta su consumo.

Rivera (2016) planteó que la vida útil de un alimento representa aquel periodo de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables. Según Carrillo y Mondragón (2011) entre los principales factores que pueden influenciar la vida útil de un alimento se encuentran los siguientes: (a) la materia prima, (b) la formulación del producto, (c) el proceso aplicado, (d) las condiciones sanitarias durante el proceso, (e) el envasado, (f) almacenamiento y distribución del producto; y (g) las prácticas de los consumidores.

El café instantáneo se ha consolidado como uno de los principales productos en la dieta de los consumidores peruanos. Según MINAGRI (2016), el consumo per cápita de café en el Perú es de 600 g por persona al año y se espera que en los próximos tres años se alcance los dos kilogramos. Por esta razón, resulta potencialmente importante realizar un estudio más especializado sobre los factores que influyen en la disminución de la calidad del café instantáneo envasado con la finalidad de deleitar y fidelizar al consumidor con una determinada marca.

Según Álvarez (2016), a fines del siglo XX la demanda por alimentos con larga vida útil se incrementó. El comienzo de este hecho parte del incremento en la demanda durante todo el año de alimentos: frescos, de mejor calidad, prácticos y seguros. Asimismo, la globalización de los sistemas de distribución de alimentos, presionó a la industria alimentaria a la búsqueda

de nuevas técnicas para asegurar la estabilidad y el tiempo de almacenamiento de alimentos, puesto que los mismo empezaron a ser comercializados cada vez más lejos del lugar de donde fueron producidos (Labuza 2000). El mismo autor mencionó, que para la industria alimentaria el garantizar la demanda de productos con vida útil prolongada y al mismo tiempo mínimamente procesado, se convierte en un reto para la mejora de los métodos de conservación de las características organolépticas y para promover la formación de técnicos expertos en el análisis de alimentos.

El presente documento tiene como finalidad presentar un método para el estudio de vida útil del café instantáneo, enfocado tanto en la evaluación sensorial como en los métodos fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación del mismo.

II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTORIA DEL CAFÉ

Figuroa (1983) plantea que, la planta del café es originaria del Lejano Oriente, Etiopía y Sudán, lugares donde todavía se encuentra áreas que muestran el estado semi-silvestre de esta planta, bajo sombra de vegetación arbórea, en tierras situadas por encima de los 1000 m de altitud.

El café fue introducido al continente americano en el siglo XVIII a las colonias de Holanda y Francia, en las Guyanas de América del Sur y en Antillas en el Norte. Los españoles también contribuyeron a la difusión de éste cultivo al introducir a sus colonias de las Antillas y Centro América, los portugueses al Brasil y los ingleses a Jamaica. El mismo autor menciona que, los franceses continuaron la distribución del café en Latinoamérica, llevándolo a la Cuenca del Orinoco, a territorios que ahora corresponden a Venezuela y Colombia, y posteriormente a Ecuador en 1832 (Figuroa 1983).

Al Perú se introdujo en 1838, resultando el primer centro de producción de café a escala comercial en el valle de Chanchamayo, en la Región de la Selva Central por el año 1876. Poco tiempo después se establecieron otros centros de producción cafetalera de menor extensión en los Valles de la Convención en Cusco y Chinchao en Huánuco (Figuroa 1983).

2.2 FRUTO DEL CAFÉ

El fruto del cafeto es una drupa que contiene dos semillas, las que se encuentran separadas por el tabique interno del ovario. El color verde del fruto, según su maduración, cambia a verde amarillento y posteriormente a rojo vinoso. Se distinguen tres partes principales en el fruto: (a) el exocarpio, constituido por una sola capa de células de paredes finas; (b) el mesocarpio, que es una sección parenquimatosa rica en azúcares, taninos y sustancias

colorantes; y (c) el endocarpio o pergamino, que es una cubierta de consistencia coriácea (IICA 2010).

La semilla está cubierta por una película plateada o espermoderma, formada de varias capas de células fibrosas, translúcidas y de paredes finas (Figuroa 1983). La Figura 1 muestra las partes que componen el fruto del café.

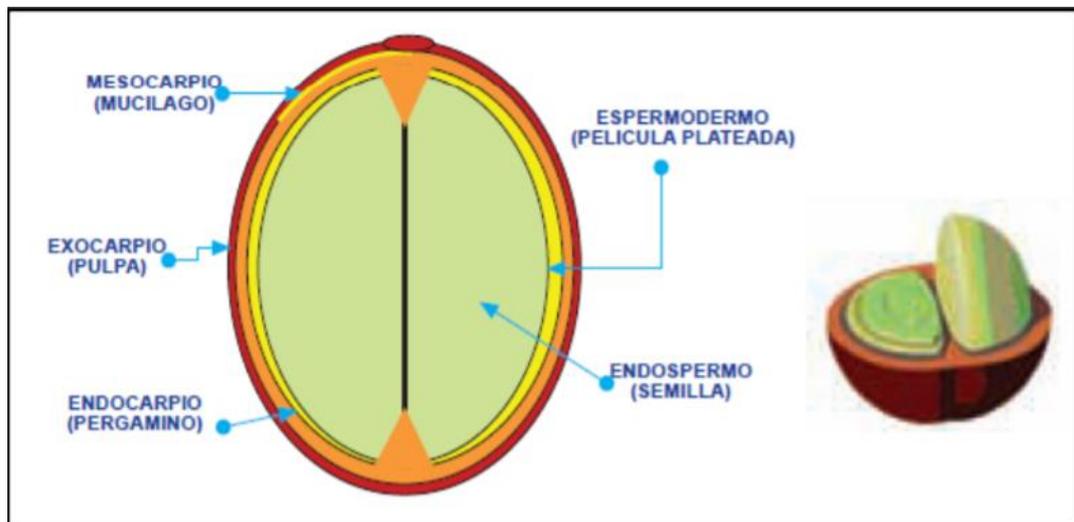


Figura 1: Composición del fruto del café.

FUENTE: Tomado de IICA 2010

2.3 PROCESO DE BENEFICIO

Figuroa (1983) definió al proceso de beneficio del café como la extracción de las semillas del fruto. Consiste en la remoción de la pulpa del fruto, dejando la semilla que posteriormente será secada. Los principales métodos de beneficio usados son el de vía húmeda y el de vía seca.

2.3.1 BENEFICIO POR VÍA HÚMEDA

a. Labores previas

La cosecha de los frutos se realiza cuando alcanzan la madurez fisiológica, que es la condición en la que estos llegan a su máximo contenido de materia seca, donde se obtiene el punto óptimo de calidad. Durante el desarrollo del fruto, el color varía desde un verde intenso inicial, tornándose amarillo al volverse pintón, y finalmente rojo al

alcanzar su madurez. El proceso de maduración dura aproximadamente 33 semanas (Herrera 2015).

La Figura 2 muestra los diferentes estados de maduración del fruto de café. Están ordenados de la siguiente manera: C1: verde; C2: pintón; C3: maduro; C4: sobremaduro y C5: pasilla.

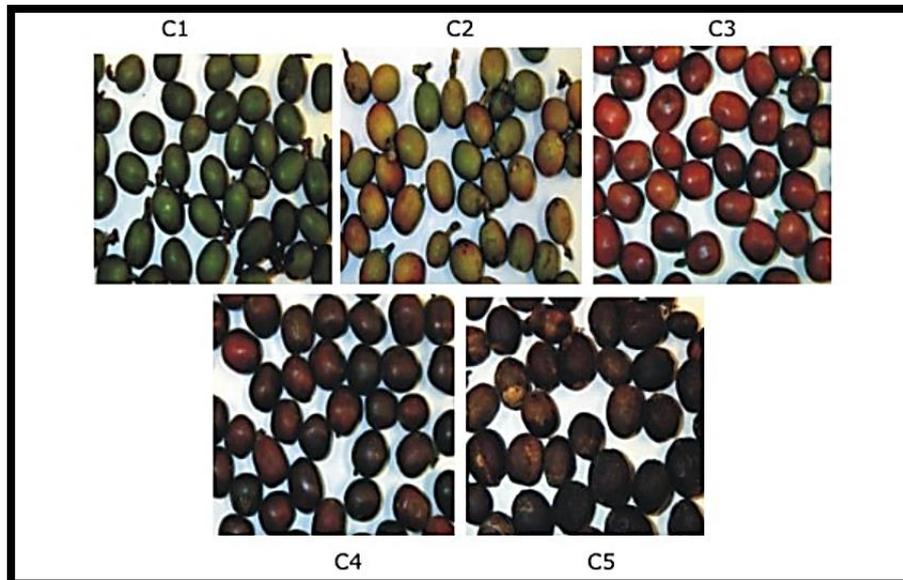


Figura 2: Granos de café (coffee arábica) durante el proceso de maduración.

FUENTE: Tomado de Puertas-Mejía *et al.* 2012

Al recibir los frutos cosechados es necesario realizar una limpieza, ya que durante la cosecha y el transporte del fruto se introducen cuerpos extraños en la masa de café, los que pueden ocasionar daños a las máquinas pulpeadoras. Los frutos son transportados por una corriente de agua a través de una canaleta. La corriente de agua arrastra los frutos, pero las piedras y otros objetos más pesados son conducidos a compartimientos inferiores (Pacheco 2016).

IICA (2010) señala que beneficiar café mezclado trae como consecuencia una calidad de bebida deficiente. Esta mala práctica de beneficiar café mezclado consiste en utilizar café maduro revuelto con café en fruta seca, café inmaduro, café fermentado por retraso al proceso, etc. Los frutos defectuosos carecen de mucílago (o lo tienen en poca cantidad

y de mala calidad), lo cual, ocasiona daño mecánico al grano de café en el despulpado, ya que el mucílago actúa como lubricante.

La técnica tradicional para la clasificación es la inmersión de la masa del fruto de café en agua para promover la flotación y separación de una parte del café. La inmersión se efectúa en un tanque lleno de agua. La mayor parte del café, los frutos frescos, se sumerge y es succionado para conducirse por una tubería con descarga separada. Los frutos flotantes, frutos secos y defectuosos, son separados y eliminados (IICA 2010).

b. Despulpado

Consiste en la remoción de la pulpa y cáscara del fruto de café. Las despulpadoras de cilindro son los equipos usuales para este método.

Las despulpadoras de cilindro están constituidas básicamente de un tambor metálico, rotatorio revestido por una delgada camiseta de cobre perforada en relieve o “puntas”, y una placa cóncava de metal denominada “pechero”, la misma que se mantiene regulada a una distancia regulable sobre un lado de este tambor. Cuando el cilindro gira, aprisiona y aplasta los frutos. El pechero tiene canales cuya sección va disminuyendo, a través de los cuales se desplazan los granos ya desprendidos hacia las ventanillas de salida (IICA 2010).

La mayor dificultad en el despulpado radica en la poca uniformidad del tamaño de los frutos, y de su grado de maduración. Esta condición de heterogeneidad en el tamaño de las frutas, obliga a realizar un ajuste intermedio, de manera que la mayor cantidad de drupas de diámetro promedio sean bien despulpadas, evitando dañar o picar las grandes. La clasificación reduce pero no elimina este hecho (Cleves; citado por Pacheco 2016).

c. Fermentación

Una vez retirada la pulpa de la fruta, queda expuesta la capa mucilaginosa que recubre los granos. El método tradicional y más sencillo para su remoción es la fermentación natural. Se definió al mucílago como una capa formada principalmente por sustancias pécticas (pectina y protopectina), y pequeñas cantidades de azúcares, junto con enzimas de origen natural, tales como pectinasas y protopectinasas. Es insoluble en agua, no tiene

estructura celular definida y tiene la apariencia de un gel amorfo. La tenacidad con la que está adherido a los granos, impide que sea removido por un simple lavado (Puerta, citado por Pacheco 2016).

Figuerola (1983) señaló que es imprescindible la remoción de la capa mucilaginosa debido a que:

- Dificulta la evaporación del agua durante el secado
- Retiene polvo y microorganismos
- Constituye medio de cultivo para bacterias, levaduras y hongos, que deterioran el grano durante el almacenamiento

Puerta, citado por Pacheco (2016) señaló que la fermentación natural se consigue gracias a la acción de las enzimas propias del grano, permitiendo de esta forma la fluidificación del mucílago. El proceso se realiza en tanques de fermentación, tomando en promedio de 12 a 18 horas. Desde el punto de vista bioquímico, la fermentación del mucílago procede a través de una degradación de la pectina y otras sustancias pécticas a ácidos y alcoholes, los cuales son retirados en el lavado.

d. Lavado

Cuando la capa mucilaginosa se ha degradado lo suficiente para que sus restos se desprendan fácilmente, se procede a un lavado con agua de los granos. El mucílago fluidificado es retirado del café por lavado, ya sea en el tanque (en el caso de pequeños productores), o utilizando dispositivos que operan por batch, siendo removido manual o mecánicamente (IICA 2010).

e. Secado

Al concluir el lavado de los granos, se procede a un escurrido y posteriormente un secado. El café pergamino debe tener el contenido de humedad de 11-12 por ciento, ya que a un contenido de humedad mayor se constituye en un medio ideal para el desarrollo de hongos y mohos (Puerta, citado por IICA 2010).

IICA (2010) señaló que el secado solar es realizado en patios, donde el café se extiende sobre una superficie construida en mampostería. El café pergamino se coloca formando una capa de poco espesor. La masa de grano es removida y volteada frecuentemente

para uniformar su humedad y temperatura. La duración del secado al sol está supeditada al clima. Figueroa (1983) mencionó que en lugares donde el aire es relativamente seco y de insolación intensa en los días de cosecha, el secado del café pergamino se logra en entre seis y ocho días.

El secado artificial del grano de café presenta las ventajas de reducción de mano de obra, reducción de tiempo, un espacio de trabajo menos extenso, y no está sujeto a variaciones climáticas, pero requiere de una inversión inicial. Figueroa (1983), mencionó que debe evitarse que los granos se impregnen de productos de combustión de los materiales que puedan usarse para generar calor, debido a que pueden afectar el olor y sabor del café.

f. Trillado

En esta operación se desprende al grano de su pergamino y su capa plateada, con el uso de una trilladora. Bajo las acciones combinadas de presión y fricción, las envolturas del grano se rompen y son expulsadas (Figueroa 1983).

El grano de café, una vez libre del pergamino, inicia un rápido proceso de oxidación, lo que deriva en la pérdida paulatina de sus atributos de calidad. Es por ello que, para la preservación de la calidad, es condición básica mantener el grano cubierto por el pergamino hasta el momento que vaya a realizarse el tostado (Figueroa 1983).

Illy y Viani (2004) señalan que la operación debe ejercerse con cuidado, ya que el calor resultado de la fricción, puede traer impactos negativos en la calidad del café. Estos autores también mencionan que al finalizar el trillado, se obtiene una relación de uno a cinco entre el pergamino y el café verde.

2.3.2 BENEFICIO POR VÍA SECA

En el tratamiento por vía seca, los frutos inician su secado inmediatamente después de su recolección, también a un rango de 11-12 por ciento. Al término del secado, la pulpa, el mucílago y el pergamino constituyen una especie de cáscara que recubre los granos. La operación de descascarado deja al grano apenas cubierto por la película plateada (Figueroa 1983).

Rigitano *et al.*, citado por Illy y Viani (2004) señalaron que aunque es un método más simple y barato, requiere de un mayor tiempo de secado, debido a que:

- El café es cosechado con un amplio rango de contenido de humedad (entre 35 a 70 por ciento), por lo que un secado lento no logra un secado homogéneo
- Las capas extras de la fruta ofrecen mayor resistencia a la evaporación del agua

Dado que el café permanece húmedo por mayor tiempo, los riesgos de fermentaciones no deseadas son mayores. Mohos pueden proliferar en la superficie (exocarpo), tales como *Colletotrichum Coffeanum* y *Aspergillus Niger*. Esto puede disminuir la calidad organoléptica y sanitaria del café, por lo que éste método es menos usado (Clarke, citado por Pacheco 2016).

2.4 CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO

2.4.1 OPERACIÓN DE TOSTADO

El tostado es el paso relacionado con el desarrollo del aroma y sabor, en el procesado del café verde. Sivetz y Foote; citados por García (1989), definen al tostado como la operación que consiste en calentar en un recipiente el café verde hasta que presente el aroma característico de café, siendo la temperatura de torrefacción entre 200 a 220 °C comúnmente.

Illy y Viani (2004) recalcaron que durante el tostado es importante generar y controlar las correctas temperaturas en el momento adecuado, y luego detener el proceso cuando el aroma se ha desarrollado por completo y el color es homogéneo en todo el grano.

Clarke, citado por Pacheco (2016), sostienen que la temperatura y tiempo de tostados son variables. Son dependientes del tamaño y variedad del grano, grado de tostado deseado y número de revoluciones del tostador.

La Figura 3 describe los principales cambios que se da durante el tostado. Según Pacheco (2016) la aplicación de calor al grano produce una pérdida de masa en forma de vapor de agua, CO₂ y compuestos volátiles, alterando a su vez, la estructura interna del grano.

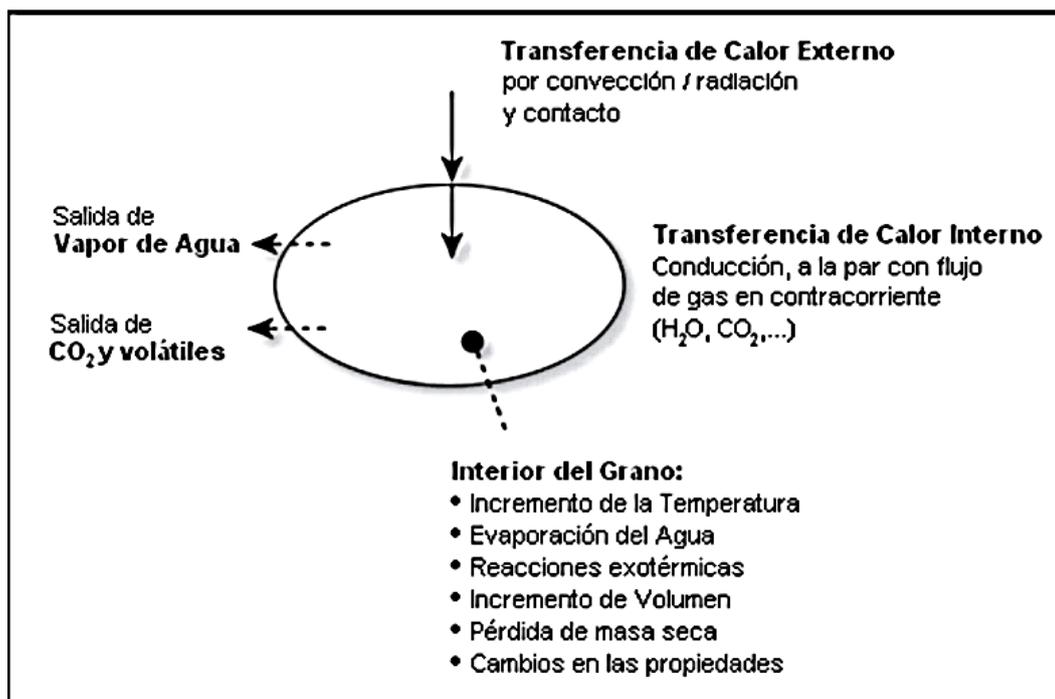


Figura 3: Principales aspectos en el tostado de café.

FUENTE: Tomado de Pacheco 2016

Encima de los 100 °C, los granos empiezan a tomar un color más oscuro, relacionado con la reacción de Maillard, produciéndose numerosas sustancias, incluyendo compuestos melanoidinos. Al empezar a liberarse las sustancias gaseosas (CO_2 , CO , y vapor de agua), incrementan el volumen y la porosidad del grano. Asimismo, entre los 180 °C a 200 °C, con la disrupción del endosperma, se da la fractura del grano, se libera humo de tonalidad azulada, se generan los compuestos volátiles responsables del aroma característico, y se desarrolla la caramelización de los azúcares (Bicho *et al.* 2012).

Buffo y Cardelli, citados por Pacheco (2016), señalaron que el conjunto de reacciones, donde degradación y síntesis ocurren simultáneamente a elevadas temperaturas, durante el tostado, es conocido como pirólisis. Se da en la parte interna de las células del grano de café en ausencia de aire, siendo ésta la responsable del desarrollo del sabor y aroma característicos. La pirólisis debe ser bruscamente detenida en el punto deseado, retirándolo del tostador, y enfriándolo rápidamente con aire o agua. La composición química, y por lo tanto las características sensoriales, varían dependiendo del grado de tostado que se le dé al café. Buffo y Cardelli, citados por Pacheco (2016), reportaron que los compuestos que son producidos en la pirólisis incluyen, azúcares caramelizados, ácido acético y homólogos,

aldehídos, cetonas, ésteres, ácidos grasos, aminas, CO₂, sulfuros, muchos de los cuales son precursores del sabor y aroma característicos del café tostado.

Según Pacheco (2016), tostados oscuros implican un mayor tiempo de proceso y como consecuencia un sobrecalentamiento del grano, lo que causa cambios físicos y químicos indeseables al grano de café: color casi negro (carbonizado), sabor caramelizado (azúcar quemada), sabor amargo de la infusión, disminución de acidez, y pérdida de los compuestos volátiles, que dan el aroma característico al café.

Farah *et al.* (2005) reportaron que durante el tostado se da una pérdida de peso en el café de alrededor de 7 a 20 por ciento, el cual está ligado con el grado de tostado aplicado, e influenciado en menor manera por la variedad del grano. Clarke, citado por Pacheco (2016), señala que en el tostado, el grano pierde primero su agua libre (10 por ciento), seguido del agua ligada (1 a 2 por ciento). Cuando la temperatura se incrementa aún más, se dan las reacciones de pirólisis, a alrededor de 185 °C, donde se pierde otro 4 a 6 por ciento en compuestos volátiles.

El Cuadro 1 muestra los cambios físicos en relación al grado de tostado del café.

Cuadro 1: Cambios físicos en el grano durante el tostado

Café	Masa	Humedad	Pérdida por Tostado	Pérdida Orgánica	Densidad	Volúmen	Radio*	Porosidad
	(g)	(% b.s.)	(% b.s.)	(% b.s.)	(g/ml)	(ml)	(mm)	(-)
Verde	0,15	10 - 12	0	0	1,2 – 1,4	0,11 – 0,13	3	<0,1
Tostado medio a oscuro	0,13	2 - 3	15 - 18	5 - 8	0,7 – 0,8	0,16 – 0,19	3,5	0,5
*De una esfera con un mismo volúmen.								

FUENTE: Tomado de Clarke, citado por Illy y Viani 2004

Bicho *et al.* (2012) concluyeron que durante el tostado, se incrementa de volumen del grano. Este fenómeno se debe a varios factores tales como la expansión de gases en el endospermo (lo que produce el hinchamiento de las células), estiramiento de las membranas celulares, y la destrucción parcial de celulosa, lignina y hemicelulosa por la temperatura.

2.4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CAFÉ TOSTADO

a. Carbohidratos

Illy y Viani (2004) mencionaron que de los monosacáridos y disacáridos en el café verde, sólo quedan trazas de azúcares simples después del tostado. La sucrosa, su principal azúcar soluble, es parcialmente hidrolizada y el resto es caramelizado. Los azúcares reductores son deshidratados, polimerizados, y parcialmente degradados a compuestos como aldehídos, además de agua, y dióxido de carbono. Farah *et al.* (2005) mencionaron que los azúcares del café actúan como precursores de otros compuestos aromáticos, tales como ácidos carboxílicos, furanos, furfural, etc.

Buffo y Cardelli, citados por Pacheco (2016), mencionaron que en presencia de los aminoácidos, con azúcares reductores da a su vez formación de compuestos melanoidinos por la reacción de Maillard. También mencionan que a temperaturas más elevadas, se da lugar a la caramelización de los azúcares. Estas reacciones le otorgan el color marrón característico al café, dependiendo del grado de tostado que se realice.

b. Proteínas

Illy y Viani (2004) señalaron el contenido de proteína cruda (nitrógeno Kjeldahl multiplicado por 6,25) cambia mínimamente durante el tostado, mientras que los compuestos nitrogenados cambian por completo.

La proteína contenida en el café verde es aproximadamente 14 por ciento, pero prácticamente toda es desnaturalizada, con una correspondiente reducción de la solubilidad en agua, después del proceso de tostado. Debido a su insolubilidad, las proteínas tienen poca influencia en el sabor. Sin embargo, la pequeña fracción que es llevada al extracto, aporta una suave textura coloidal a la taza (Illy y Viani 2004).

Durante la pirólisis, se da la hidrólisis de los enlaces peptídicos, liberándose carbonilos, aminas, aminoácidos. Compuestos como el dimetil sulfuro son liberados, el cual es considerado como un constituyente muy importante del aroma y sabor, especialmente característico en los café de muy buena calidad (Illy y Viani 2004).

Illy y Viani (2004) mencionaron que de los aminoácidos libres, sólo quedan trazas después del tostado. Los principales productos de reacción son los compuestos de Maillard (melanoidinos, sus precursores, y volátiles).

Songer, citado por Pacheco (2016), señaló que las proteínas solubles en agua, actúan encapsulando los compuestos aromáticos, siendo poco contribuyentes en el sabor por sí mismos. Sin embargo, sus productos de descomposición pueden tener fuerte impacto aromático (como las aminas y compuestos aminados).

c. Lípidos

El tostado rompe la estructura celular del grano, permitiendo que los aceites se muevan con mayor libertad. Al romperse el citoplasma, coalescen las gotas de aceite en la pared celular, volviéndose móvil. Los aceites se difunden a través del grano, y salen al exterior. Esto le da una apariencia “aceitosa” a la superficie del grano, en tostado oscuros (Illy y Viani 2004).

Toci *et al.*, citados por Pacheco (2016), señalaron que durante el tostado, el calentamiento de los glicéridos del café verde, en presencia de agua y ácidos, provoca una hidrólisis parcial a glicerina y ácidos grasos. Asimismo, Pacheco (2016) menciona que los ácidos grasos tiene el efecto de reducir la tensión superficial del extracto del café, lo que producirá menos espuma en el mismo.

Aunque los lípidos no aporten directamente al sabor, la fracción del aceite y los ácidos grasos cumplen la función de transportadores de los compuestos aromáticos, por lo que su remoción trae un efecto perjudicial al sabor del café (Illy y Viani 2004).

d. Acidez

La acidez en el café tostado proviene principalmente de dos fuentes:

- Ácidos volátiles, provenientes de la hidrólisis de los carbohidratos durante la pirólisis
- Ácidos no volátiles, presentes en el grano de café verde

El Cuadro 2 muestra el contenido de ácido en el café tostado. Cada ácido tiene propiedades características de aroma y sabor, las cuales contribuyen individualmente

a la completa impresión de la acidez y sabor del café (Sivet y Foote, citados por García 1989).

Cuadro 2: Ácidos contenidos en el café tostado

Ácidos	Porcentaje (%)	Peso Molecular (g/mol)
No Volátiles		
Clorogénico	4,6	354
Caféico	0,3	180
Quínico	0,3	192
Cítrico	0,5	210
Málico	0,5	134
Tartárico	0,4	150
Oxálico	0,2	126
Pirúvico	0,06	88
Volátiles		
Acético	0,36	60
Propiónico	0,02	74
Butírico	0,01	88
Valérico	0,02	102

FUENTE: Tomado de Sivetz y Foote, citados por García 1989

Buffo y Cardelli citados por Pacheco (2016) señalaron que la acidez durante el tostado varía considerablemente dependiendo del grado de tostado que se dé. Al inicio del tostado (177 °C), se da la formación de ácidos volátiles, tales como el ácido acético y el fórmico (y homólogos). Conforme continúa el tostado, parte de estos ácidos empiezan a ser volatilizados, llegando a un punto donde el ratio de formación de ácidos volátiles, iguala a los liberados por el grano, comúnmente en tostados medios. En tostados oscuros, prevalece la volatilización sobre la formación, disminuyendo su contenido (Illy y Viani 2004).

Homma, citado por Pacheco (2016), mencionó que los ácidos no volátiles, en su mayor parte son degradados durante el tostado. El ácido clorogénico es hidrolizado a ácido caféico y ácido quínico, y estos a su vez son degradados a compuestos fenólicos, por la reacción de pirólisis. El grado de hidrólisis es dependiente del tiempo de tostado. Sivetz y Foote, citados por García (1989), mencionan que los compuestos fenólicos son importantes por contribución al aroma, más que por su acidez.

2.4.3 OPERACIÓN DE MOLIENDA

La molienda es el proceso que convierte los granos enteros de café tostado en fragmentos más pequeños con el objeto de incrementar la eficiencia de la extracción de sólidos solubles y compuestos volátiles encontrados en la matriz del café. La extracción dará un mayor rendimiento de sólidos solubles en un corto tiempo si el grano entero es partido en piezas pequeñas, ya que se reduce la distancia del centro de la partícula a la superficie (distancia de difusión) para los sólidos solubles del café (Petracco, citado por Illy y Viani 2004).

El incremento de la superficie de exposición, incrementa además la cantidad de sustancias coloidales que estarán libres para pasar a la solución (o suspensión), principalmente sustancias como carbohidratos de alto peso molecular y grasas (Sivetz y Foote, citados por García 1989).

En el Cuadro 3 se puede apreciar la relación del tamaño de partícula del grano sometido a diferentes tamaños de molienda, el número de partículas, y área de superficie por unidad de peso.

Cuadro 3: Comparación entre el tamaño y el número de partículas de varios tipos de molienda

Descripción	Tamaño (mm)	Partículas por g	Incremento part/g	Ratio de incremento	Área Total (cm ² /g)
Grano Entero	6	6	-	-	8
Grano Rajado	3	48	42	1	16
Molienda Gruesa	1,5	384	336	8	32
Molienda Regular	1	1,296	912	22	48
Molienda Drip	0,75	3,072	1,776	42	64
Molienda Fina	0,38	24,572	21,500	512	128
Molienda Espresso	0,2	491,440	466,868	11,115	240

FUENTE: Tomado de Pacheco 2016

Stark, citado por Pacheco (2016), menciona que cuando el café es molido, aumenta el ratio superficie a volumen, y la porosidad. Esto trae como consecuencia que la molienda venga acompañada por la liberación de gran cantidad de dióxido de carbono y aromas volátiles. Por ello la operación de molienda, está sucedida inmediatamente por el empacado.

La Figura 4 compara la evolución de las sustancias volátiles en el espacio de cabeza entre granos enteros y molidos durante su almacenamiento.

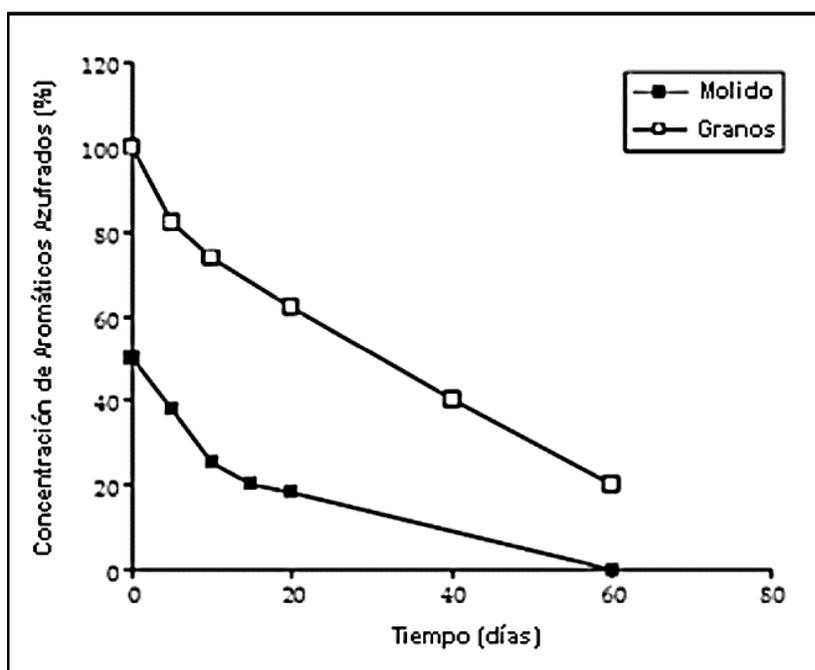


Figura 4: Concentración de volátiles de cabeza en café en granos y molido, en función al tiempo de almacenamiento a 25 °C.

FUENTE: Tomado de Illy y Viani 2004

2.5 CAFÉ INSTANTÁNEO

El café instantáneo se define como los sólidos de color, sabor y aroma característicos, obtenidos por la deshidratación del extracto acuoso de granos de café tostado y molido, pudiendo adicionarse aromas y aceites provenientes exclusivamente del café tostado según la NTP 209.316 (INDECOPI 2010).

La mayoría de los países han hecho hincapié en que el café instantáneo se elabora a partir de café tostado utilizando sólo agua (incluyendo vapor), aunque se necesita un margen para la realidad comercial de aceites aromáticos añadidos, los cuales son obtenidos por prensado mecánico de café tostado o por otros métodos de disolventes no orgánicos. Esta opinión se expresa en un estándar de la Organización Internacional de Normalización, ISO 3509-1989 (originado en 1970), que lleva una definición simple: "el producto seco soluble en agua, obtenido exclusivamente de café tostado por métodos físicos utilizando agua como único agente de transporte que no se deriva del café" (Clarke 1987).

El Cuadro 4 muestra una comparación de la composición aproximada de los principales componentes individuales entre una bebida típica de café filtrado y una bebida de café instantáneo.

Cuadro 4: Composición típica aproximada de café instantáneo

Componentes	filtrado ^b				instantáneo ^c		
	Café tostado (% b.s)	Base ryg ^d (% b.s)	Base extracto (% b.s)	Por taza (mg)	Base ryg ^d (% b.s)	Base extracto (% b.s)	Por taza (mg) ^e
Cafeína	1.3	1.1 ^f	5.3	110	1.3	2.9	58
Trigonellina (incluidos subproductos tostados)	1.0	0.9	4.3	90	1.0	2.2	44
Minerales (como óxido de cenizas)	4.5	4.0 ^g	19.0	400	4.2	9.3	186
Ácidos							
Residual							
Clorogénico	2.5	2.5	12.0	250	2.5	5.5	110
Quínico	0.8	0.8	3.8	80	0.8	1.8	36
Alifático	1.6	1.6	7.6	160	1.6	3.5	70
Azúcares reductores	0.3	0.3	1.4	30	2.2	4.9	98
Polisacáridos (sin cambios desde el verde)	31.0	3.2	15.1	320	12.9	28.7	574
Lignina/pectina	5.0						
Proteínas	10.0	2.0	9.5	200	5.5	12.2	244
Lípidos	17.0	0.01	0.04	1	0.02	0.04	1
Compuestos caramelizados/condensados (por diferencia)	25.0	4.6	22.0	460	13.0	28.9	578
Totales	100	21.0	100.0	2100	45.0	100.0	2000
Compuestos volátiles (excluyendo ácidos)	0.08	0.04–0.07		4–7	Variable de acuerdo al proceso		

a Asumido tanto a partir de un café de arábica tostado medio.

b Preparado utilizando 10 g de café tostado y molido por taza (150-170 ml) con un rendimiento del 21% de sólidos solubles de café tostado.

c Extracto fabricado con un rendimiento del 45% de sólidos solubles de café tostado, tanto en base seca; y café instantáneo sin aceite de café añadido.

d R y G, tostado y molido.

e Bebida hecha con 2 g de café instantáneo por taza (150-170 ml). Rendimiento de extracción de 85%.

f Rendimiento de extracción asumido del 85%.

g Rendimiento asumido de la extracción del 90%

FUENTE: Tomado de Clarke 1987

De acuerdo a lo mencionado por Clarke (1987), la cantidad de sustancias orgánicas volátiles presentes en un café instantáneo dependerá del procedimiento particular utilizado en su fabricación. El contenido de humedad del café instantáneo se controla mediante la etapa de secado, que debe ser inferior al cinco por ciento (p/p).

2.5.1 PROCESO DE FABRICACIÓN

Las etapas iniciales de fabricación son como las de café tostado: selección de cafés verdes, torrefacción y trituración (molido grueso). Los procesos básicos posteriores son la extracción, el secado y el envasado, con procesos auxiliares opcionales de concentración de extracto, manipulación separada de aromáticos y aglomeración. El *know-how* y las patentes están en gran parte en manos de grandes empresas internacionales. Un esquema típico (simplificado) se muestra en la Figura 5, y a continuación se detalla las etapas principales.

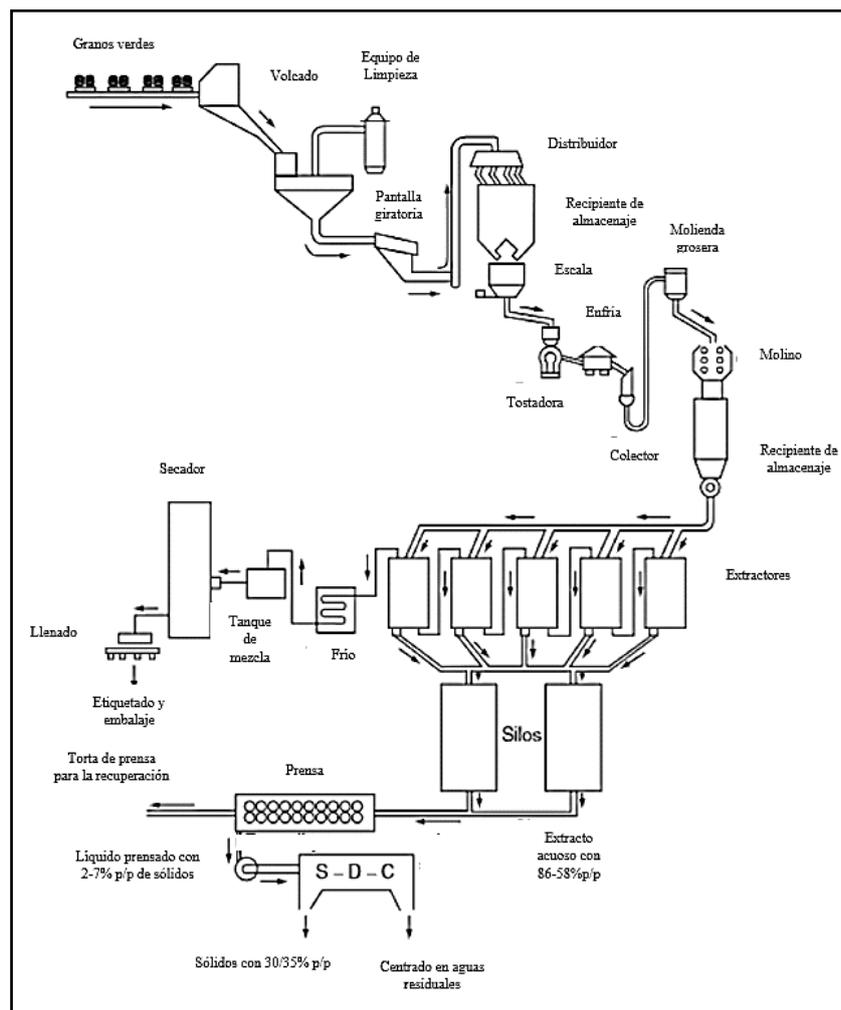


Figura 5: Proceso de fabricación de café instantáneo con recuperación de sedimento (sin considerar el manejo de compuestos volátiles).

FUENTE: Tomado de Clarke 1987

a. Extracción

Los granos de café tostados enteros o café molido a un tamaño de partícula de 1,5 mm se extraen con agua ablandada en una batería de cinco a ocho columnas de percolación llamadas "células", con una capacidad de unos pocos kilogramos por tonelada. El proceso es semi-continuo; el agua a 160 °C a 180 °C entra en la celda de mayor extracción y circula hasta la celda llena más recientemente (ver Figura 6). Las células se dividen en células "calientes" a una temperatura de 140 °C a 180 °C bajo una presión de 14-16 bar y células "frías" a una temperatura de aproximadamente 100 °C. En las células calientes, se extrae material de alto peso molecular (en particular carbohidratos). En las células frías, se extrae el material con más sabor. El extracto se extrae de la célula fresca, se enfría a 4-5 °C y se envía a una balanza en cantidades que dependen del rendimiento deseado (33-55% basado en café tostado) y de la concentración del extracto (10-30%). Al final del período de "extracción", una nueva celda ingresa al circuito, que puede haber sido sometida a un proceso de vapor para recuperar el aroma volátil, y los granos agotados se evacúan de la celda donde hubo mayor extracción (Viani 1993).

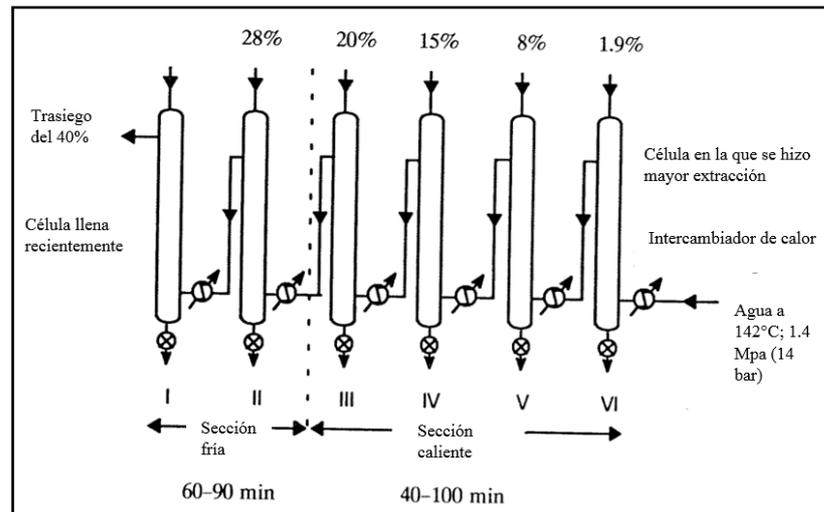


Figura 6: Batería para extracción instantánea de café.

FUENTE: Tomado de Viani 1993

b. Concentración del extracto

La extracción del agua de un extracto de café percolado se consigue de manera más económica si el extracto concentrado se alimenta a los secadores. La evaporación es ampliamente utilizada y, por razones de economía de calor, conducida en varios tipos

de unidades de múltiples etapas. Los evaporadores de corto tiempo de contacto, tales como los evaporadores de placa y de película centrífuga, son acoplados teniendo en cuenta las temperaturas de funcionamiento para minimizar los cambios indeseables en el extracto. Sin embargo, la evaporación del agua siempre va acompañada de evaporación y pérdida de sustancias orgánicas volátiles que contribuyen al sabor (Clarke 1987).

Los extractos con una concentración de 25-30% (p/p) de sólidos solubles pueden secarse directamente, pero con pérdida de componentes volátiles. Sin embargo, los componentes volátiles presentes en los extractos procedentes de la sección caliente no son importantes desde el punto de vista del aroma o sabor. El extracto caliente puede evaporarse a una concentración de 50-60% (p/p) y mezclarse con extracto frío. Si los extractos calientes y fríos se recogen juntos, el extracto diluido se elimina antes de la concentración y los componentes volátiles se vuelven a agregar ("estandarización") antes del secado (Viani 1993).

La concentración por congelación puede utilizarse alternativamente, lo cual tiene como ventaja retener significativamente las sustancias volátiles mientras que el agua se elimina en forma de hielo. La desventaja es que permite solamente una concentración final de aproximadamente 38 por ciento (p/p) de sólidos solubles de café, con consecuentes problemas de viscosidad (Clarke 1987).

c. Secado por aspersion

Los extractos de una batería de percolación tal como se ha descrito anteriormente se pueden secar directamente por pulverización, aunque se puede incluir una etapa de filtración intermedia (centrifugadoras) (Clarke 1987).

El extracto se pulveriza a través de una boquilla de presión en la parte superior de una torre y se seca mediante un flujo de aire caliente a aproximadamente 250 °C; el polvo seco se recoge en la parte inferior de la torre. Por lo tanto, se puede obtener polvo con una densidad aparente de 230-300 g/l. Para comodidad de los consumidores, el polvo se puede aglomerar a una estructura gruesa mediante rehumectación y secado (Viani 1993).

Según Clarke (1987) el secado por pulverización se lleva a cabo también para obtener un polvo de color deseado, y un contenido de humedad final inferior al cinco por ciento (p/p). Asimismo, señala que las características principales de los componentes del sistema de secado por aspersión son:

- cámaras de secado altas, por ejemplo, de altura de 7,5 m o más
- el uso de boquillas de presión centrífuga en lugar de discos de hilatura para pulverización, con ángulo de descarga estrecho
- disposiciones de separación de cámara interna entre el producto deseado y polvo no esencial.

Los extractos más concentrados, por ejemplo hasta el 60 por ciento (p/p) de sólidos solubles, también pueden ser secados por pulverización. Sin embargo, se requiere generalmente un cierto espumeo de forma controlada del extracto aplicando dióxido de carbono o nitrógeno gaseoso para mantener las propiedades físicas deseadas (Clarke 1987).

d. Liofilización

La liofilización ha sido particularmente exitosa para los extractos de café, a pesar de que su uso para otros alimentos líquidos / sólidos ha disminuido notablemente en las últimas décadas. Sin embargo, se ha desarrollado una técnica especializada, primero patentada alrededor de 1965, mediante la cual el extracto de café se congela en primer lugar, y después las láminas se granulan, mientras que siguen congeladas, a partículas aproximadamente del mismo tamaño que son deseables en el producto terminado (Clarke 1987).

Según Viani (1993) el extracto se congela gradualmente a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$; los cristales de hielo se separan y subliman al vacío.

Hay una serie de diseños de liofilizadores disponibles, los cuales generalmente disponen los gránulos congelados en bandejas que descansan sobre estantes calentados de manera intermitente. La cantidad de tiempo de secado por congelación requerida es de hasta 7 horas bajo un vacío muy alto (aproximadamente 0,4 torr), y un suministro

de calor cuidadosamente controlado hacia los gránulos de secado, por conducción y/o radiación (Clarke 1987).

Si bien se puede obtener un producto satisfactorio mediante liofilización de extractos obtenidos directamente por una batería de percolación, es más habitual por razones económicas, utilizar extractos concentrados hasta 40 por ciento (p/p) por congelación o desde 40 por ciento (p/p) a más por evaporación para ser liofilizado. Si se requiere una densidad aparente favorable de 180-220 g/l, también es necesario espumar el extracto en forma parcialmente congelada antes de la congelación completa y de la liofilización (Clarke 1987).

e. Manejo separado de compuestos volátiles

Según Clarke (1987) se encontró que un vehículo conveniente para los compuestos volátiles es el aceite de café, que se puede pulverizar o esparcir (a un nivel de aproximadamente 0,5 por ciento o menos) sobre el polvo/ gránulos y puede dar un aroma similar al café tostado seco y molido cuando es inhalado. El aceite de café puede ser obtenido por expresión mecánica a partir de la mezcla de café tostado a percolar, o por un aceite de café purificado de granos gastados y potenciado con compuestos aromáticos adecuados obtenidos de otras etapas del proceso de fabricación. Su aplicación (denominada “aromatización”) desempeñará un pequeño papel en el sabor del producto elaborado de bebidas, por lo que se necesitan otros métodos.

Las fracciones de aroma volátiles recogidas durante la extracción de la célula fresca se pueden emulsionar con aceite de café tostado o molido y pulverizado o inyectado sobre el polvo a niveles de 0,3% a 1,0% (p/v) durante el envasado (Viani 1993).

Los compuestos volátiles importantes pueden ser eliminados de un extracto percolado por evaporación parcial (10 a 20 por ciento del agua), para dar un condensado de esencia acuosa. Dicho extracto se puede evaporar posteriormente según se requiera, con el condensado desechado (Clarke 1987).

La solución final después de la evaporación que contiene una alta concentración de solubles, puede ser ligeramente diluida de nuevo con uno o ambos condensados de

esencia acuosa, y se utiliza como alimentación para pulverización o liofilización. Se sabe que la retención de sustancias volátiles en el secado por pulverización es mejor cuando se secan por pulverización extractos de alimentación de alta concentración de sólidos solubles. Esto también sucede con la liofilización (Clarke 1987).

f. Aglomeración

Se utiliza un proceso de aglomeración utilizando vapor/ agua para volver a humedecer la superficie de las partículas seguidas de un secado, para fabricar gránulos de café instantáneo que no son liofilizados. La disminución del contenido de compuestos volátiles desde el secado por pulverización hasta la formación de gránulos sólo será pequeña (Clarke 1987).

g. Almacenamiento y estabilidad

El café instantáneo es relativamente higroscópico, recogiendo fácilmente la humedad de la atmósfera y aglomerándose a un contenido de humedad de aproximadamente 7 a 8 por ciento (p/p). Por ejemplo, para mantener el café instantáneo por debajo del cinco por ciento (base seca) del contenido de humedad, la humedad relativa del aire con el que está en contacto debe estar por debajo del 35 a 40 por ciento, aunque el valor exacto depende de la naturaleza del café instantáneo en cuestión, principalmente debido a las diferencias en la porosidad de las partículas generadas (Clarke 1987).

Según Viani (1993) un producto simple de secado por pulverización, siempre que el contenido de humedad sea menor al cinco por ciento (p/p), tendrá una vida útil de varios años. Los productos sofisticados modernos, que contienen cantidades sustanciales de compuestos volátiles, deben ser envasados en frascos también con un contenido de oxígeno dentro del envase no superior al cuatro por ciento, de modo que la vida útil para un límite de calidad aceptable sea mantenida hasta 18 meses.

2.6 DETERIORO DEL CAFÉ

Illy y Viani (2004) señalaron que el café es un producto estable en anaquel. Debido a las altas temperaturas obtenidas en el tostado y a la baja actividad de agua, no se producen deterioros de índole enzimática ni microbiana.

Pacheco (2016) señaló que durante el almacenamiento se produce una degeneración de las características sensoriales del café, conocida como añejamiento (“Staling”), reduciendo su aceptabilidad. Conforme pasa el tiempo de almacenamiento, se pierden los compuestos aromáticos característicos. El aroma se degenera, volviéndose flato. Tiempos más prolongados producirán aromas a envejecido, y finalmente aparecerán notas rancias.

Por su parte, Buffo *et al.*, citados por Illy y Viani (2004), definieron el añejamiento como “aromas dulces pero desagradables del café tostado que refleja la oxidación de varios compuestos volátiles placenteros, y la pérdida de otros”, mencionando que los cambios físico-químicos que se llevan a cabo afectan la calidad y aceptabilidad de la bebida. Cita como principales acontecimientos involucrados en el añejamiento del café a la pérdida de compuestos volátiles, la liberación de dióxido de carbono, y la migración de aceite a la superficie.

2.6.1 PÉRDIDA DE COMPUESTOS VOLÁTILES

Stark (2012) señaló que inmediatamente después del tostado se inicia la pérdida de los compuestos volátiles que dan el aroma característico al café, debido a su propia inestabilidad y factores del ambiente. La pérdida de los compuestos volátiles tiene dos motivos:

- Pérdida de aromas deseables: eliminación de compuestos de mayor volatilidad
- Incremento de aromas indeseables: producto de reacciones de oxidación de compuestos volátiles

Songer (2001) señaló que primero se da la disipación de los compuestos de mayor volatilidad, tales como aldehídos (aromas dulces y frutales) y pirazinas (aromas terrosos).

Los compuestos volátiles, junto con el CO₂, son disipados en el ambiente por mecanismos de difusión, ocasionando la pérdida del aroma característico del café.

Stark (2012) señaló que la pérdida de algunos compuestos volátiles específicos, son responsables de la mayoría de pérdida del aroma a recién tostado, tales como compuestos azufrados, aldehídos de Strecker, alfa-dicarbonilos. En particular, la pérdida de metanotiol (también conocido como metil mercaptano) es considerada como el indicador más importante, ya que enmascara aromas indeseables además de proporcionar el aroma placentero.

Illy y Viani (2004) señalaron que la mayor pérdida de los compuestos volátiles, particularmente aquellos con mayor volatilidad, se da en las tres primeras semanas de almacenamiento, principalmente por volatilización. Asimismo señalaron que la pérdida de sustancias aromáticas en el café está relacionada no solo a su volatilidad, sino también a la forma en que están atrapadas en las células.

La Figura 7 muestra la evolución de los compuestos aromáticos durante el almacenamiento.

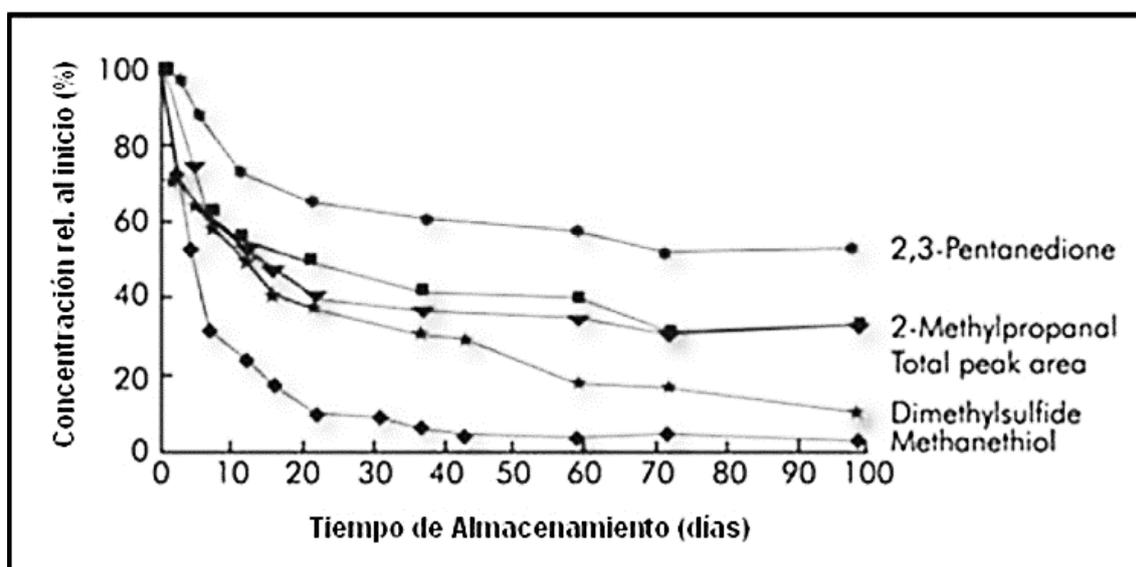


Figura 7: Evolución de principales compuestos aromáticos en el café tostado, durante el tiempo de almacenamiento.

FUENTE: Tomado de Illy y Viani 2004

2.6.2 MIGRACIÓN DE ACEITE A LA SUPERFICIE

Illy y Viani (2004), señalaron que la gradiente de presión responsable de la disipación de los compuestos volátiles y CO_2 al ambiente, también es responsable de la migración de los lípidos, y sustancias lipofílicas a la superficie del grano.

La migración de aceite inicia desde el tostado y continúa durante el almacenamiento. Al liberarse el CO_2 , tiende a empujar el aceite a la superficie. Illy y Viani (2004) reportan que el incremento de la viscosidad del aceite al almacenar a bajas temperaturas ralentiza el proceso de migración.

Illy y Viani (2004) mencionaron que como consecuencia del incremento del área expuesta, la fracción lipídica se vuelven más propensa a oxidarse. La producción de peróxidos genera productos derivados (sustancias aromáticas indeseables), actuando además como catalizadores para acelerar la oxidación de lípidos restantes, generando rancidez. Flament, citado por Illy y Viani (2004), comentaron que entre los aromas indeseables generados, destacan los aldehídos volátiles, tales como el trans-2-nonenal.

Fourny, citado por Illy y Viani (2004), señalaron que el principal ácido graso del café, el ácido linoleico (C18:2) disminuye durante el almacenamiento, ya que por sus dobles enlaces, es susceptible a oxidarse, comparado con el ácido palmítico (C16:0), que prácticamente no sufre variaciones. Productos derivados de esta oxidación lipídica (tales como el trans-2-nonenal), pueden ser usados para medir el grado de deterioro del café.

2.7 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL CAFÉ

Operaciones tecnológicas tales como molienda y desgasificado pueden acelerar el deterioro del café, por el incremento de la superficie expuesta, así como la disponibilidad de oxígeno y humedad (Illy y Viani 2004). Cabe resaltar que la temperatura de conservación también es uno de los principales factores que afectan la calidad de café.

2.7.1 OXÍGENO

Songer, citado por Pacheco (2016), mencionó que los compuestos volátiles en el café son extremadamente reactivos, y por lo tanto fácilmente oxidables, dando lugar a formación de compuestos de aroma desagradable. Algunos mercaptanos aumentan por la oxidación de otros compuestos azufrados conforme el café envejece. El furfuril mercaptano en concentraciones entre 0,01 y 0,5 ppb es percibido como “café recién tostado”, pero al desarrollarse mayores cantidades es percibido como añejo. Illy y Viani (2004) mencionan que parte de los aldehídos son oxidados, parte de los alcoholes son transformados en aldehídos pungentes. El metil mercaptano (metanotiol) se oxida y volatiliza.

Badui mencionado por Pacheco (2016) señaló que los compuestos generados por el oscurecimiento enzimático de Maillard tienen capacidad antioxidante, principalmente las melanoidinas, capaces de actuar como quelantes y eliminadores de oxígeno, radicales,

peróxidos e hidroxilos. Sin embargo, Illy y Viani (2004) mencionaron que conforme el CO_2 es eliminado por la desgasificación, las reacciones de oxidación ya no pueden ser detenidas por la actividad antioxidante de los compuestos de Maillard.

2.7.2 HUMEDAD

El incremento de la humedad, trae consigo la disipación y oxidación de compuestos aromáticos en el café. Pacheco (2016) menciona que el incremento de la humedad puede causar la hidrólisis de compuestos aromáticos como ésteres y acetales, produciendo aromas menos placenteros.

Songer, citado por Pacheco (2016), mencionó que el contenido de agua libre, por su movilidad, contribuye al proceso de añejamiento, ya que retiene y distribuye energía térmica y oxígeno disuelto a los compuestos aromáticos, ácidos y lípidos del café. Señala que el contenido de agua libre incrementa siempre que el café entre en contacto con condiciones húmedas o altas temperaturas. La Figura 8 muestra las isotermas de adsorción de café en granos y molido.

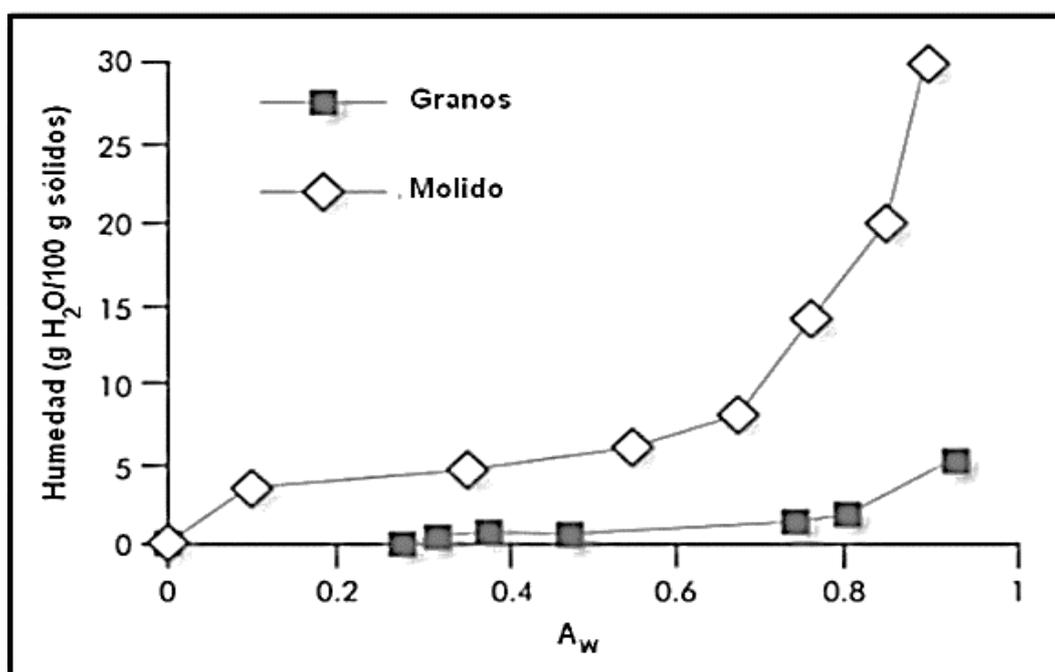


Figura 8: Isotermas de adsorción a 22 °C de café tostado, en granos y molido.

FUENTE: Tomado de Labuza 2000

La captación de humedad en el café es más rápida en su forma molida, que en granos. Debido a la mayor área de exposición, que afecta la concentración y la disponibilidad de sitios polares activos, el café molido muestra una mayor capacidad de captar moléculas de agua (Labuza 2000).

2.7.3 TEMPERATURA

La temperatura afecta la velocidad de añejamiento tanto químicamente como físicamente. Químicamente, la temperatura tiene una relación positiva con las cinéticas de las reacciones químicas, y por lo tanto son aceleradas al elevar la temperatura. Mientras que, físicamente las gradientes de presión y concentración entre el café y el ambiente son influenciadas por la temperatura, lo que acelera la disipación compuestos volátiles y el CO₂ (Illy y Viani 2004).

Songer, citado por Pacheco (2016), señaló que las fluctuaciones de temperatura tienen un efecto directo en la velocidad de añejamiento del café. Además de proveer la energía térmica necesaria para el añejamiento, aún si la elevación de temperatura es sólo temporal, puede causar el incremento de la solubilidad del oxígeno presente y una elevación del contenido de agua libre. En las Figuras 9 y 10 están representadas la influencia de la actividad de agua y la temperatura en el tiempo de vida del café tostado molido respectivamente, calculado en base al índice de ganancia de oxígeno.

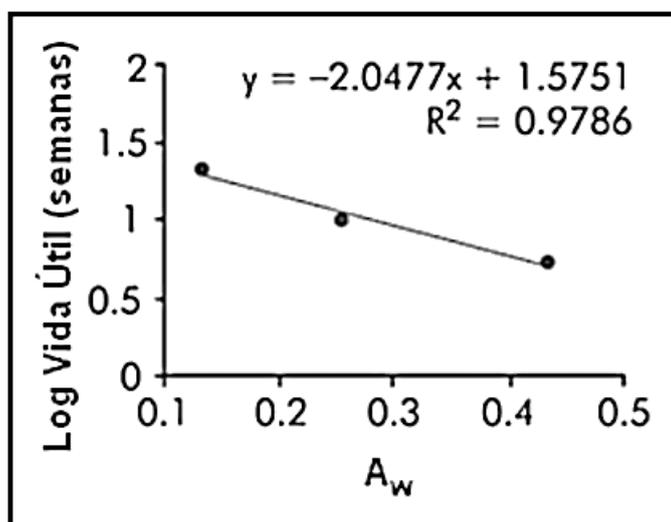


Figura 9: Efecto de la Aw en el tiempo de vida del café tostado molido.

FUENTE: Tomado de Illy y Viani 2004

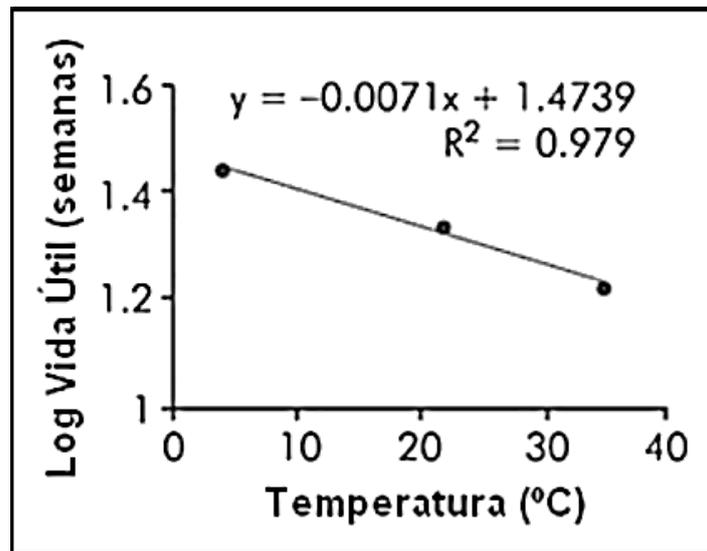


Figura 10: Efecto de la temperatura en el tiempo de vida del café tostado molido.

FUENTE: Tomado de Illy y Viani 2004

Labuza 2000 afirma que, si bien la temperatura y la humedad tienen un efecto negativo en el tiempo de vida del café, el efecto de la temperatura es menor.

2.8 TIEMPO DE VIDA EN ANAQUEL

Hough y Fiszman, citados por Rivera (2016), indicaron que la vida útil de un alimento representa aquel período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables.

Labuza y Taoukis, citados por Rivera (2016), refirieron que la vida en anaquel depende de cuatro factores principales: (a) formulación, (b) procesamiento, (c) empaque, y (d) condiciones de almacenamiento. La formulación involucra la selección de las materias primas más apropiada e ingredientes funcionales que permiten incrementar la aceptación y lograr la seguridad e integridad del producto. El procesamiento somete materias primas e ingredientes formulados a condiciones que son desfavorables o inhibitorias para las reacciones de deterioro y promueven cambios físicos y químicos, dándole así al alimento su forma y

características finales (excepto para productos que requieran añejamiento). Una vez que el alimento abandona la etapa de procesamiento sigue manteniendo sus características y el período en que el alimento retiene dichos atributos está en función del microambiente del empaque. Los parámetros más importantes a considerar son la composición del gas (oxígeno, dióxido de carbono, gases inertes, etileno, etc.), la humedad relativa (%HR), presión o estrés mecánico, luz y temperatura. Estos parámetros dependen tanto del empaque, como de las condiciones de almacenamiento.

Las pruebas de almacenamiento son parte del programa de desarrollo de cada producto, tanto para un nuevo producto, como para el mejoramiento de un producto existente o simplemente un cambio del tipo de especificación en los ingredientes (IFT, citado por Pacheco 2016).

Garitta *et al.*, citados por Pacheco (2016), señalaron que la aparición de defectos no es el único factor para definir el final de la vida en anaquel. Puede haber cambios en los niveles de los atributos deseables que conllevan al rechazo del producto. No se espera que un producto almacenado mantenga exactamente el mismo estándar que uno fresco, sino que las diferencias sean suficientemente pequeñas, para no afectar su aceptabilidad de forma significativa. Estas diferencias sensoriales son las que definen el criterio de fallo para el final de vida en anaquel.

2.8.1 TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DE VIDA EN ANAQUEL

El estudio de la vida en anaquel de un alimento puede seguir varios métodos, incluyendo cálculo basado en los datos publicados, el uso de tiempos de distribución conocidos para los productos similares que ya están en el mercado o el uso de las quejas consumidor como base para la determinación de la aparición de problemas. Estos métodos pueden tener varias contraindicaciones, incluyendo el hecho de que, normalmente, el análisis de datos de la vida útil es sensible, no hay productos en el mismo mercado o no existen ninguna queja del consumidor sobre el producto estudiado (Corradini *et al.*, citados por Álvarez 2016).

Según New Zealand Safety Authority, citado por Álvarez (2016), los principales métodos de estudio de vida en anaquel de un producto se pueden dividir en directo e indirecto.

a. Método Directo

Los métodos directos son los más comunes e implican el almacenamiento de alimentos en condiciones previamente seleccionadas, para un intervalo de tiempo mayor que la vida útil esperada, durante el cual el alimento es verificado en intervalos regulares para determinar cuándo inicia su alteración. A continuación, se detalla las etapas para la determinación de la vida útil por el método directo:

- **Identificación de causas de deterioro del alimento:** Se deben considerar factores tan variados como uso de materias primas y su interacción, actividad de agua, pH, los gases, el uso de aditivos; en el caso de degradación relacionada se debe considerar el proceso, el tipo de elaboración, envasado y su almacenamiento.
- **Selección de ensayos a realizar:** Hay que elegir las pruebas a utilizar y éstos deben ser apropiados para la muestra de estudio. Los criterios que se aplican son diversos, sin embargo, siempre se recomienda la detección de bacterias patógenas asociada con el alimento.
- **Planeamiento de estudio de vida útil:** Se debe tener en cuenta el tiempo de estudio y la frecuencia de aplicación de las diferentes pruebas, el número de muestras que deben analizarse en cada prueba, el número total de muestras, principio y fin del estudio.
- **Realización de estudio de vida útil:** Durante este estudio, las muestras deben ser almacenadas en idénticas condiciones que el producto regular.
- **Determinación de vida útil:** La determinación debe ser razonable, se debe tener un margen de seguridad.
- **Monitoreo de vida útil:** Se debe hacer seguimiento al producto y estar alerta ante un posible ajuste en el tiempo. Los estudios deben realizarse siempre que ocurran modificaciones en el proceso del producto.

b. Método Indirecto

New Zealand Safety Authority, citado por Álvarez (2016), señala que en los métodos indirectos se utilizan estudios y/ o modelos acelerados en donde se toma en cuenta lo siguiente:

- **Datos bibliográficos:** Es posible estimar la vida útil de un alimento a base los datos publicados por organismos acreditados e internacionalmente reconocidas, pero por lo general, estos datos se reducen y se limita exclusivamente a algunos alimentos.
- **Tiempos de comercialización:** Se toma como referencia la vida útil de los alimentos similares para establecer la vida en anaquel de los alimentos en estudio. Es arriesgado, no requiere tiempo de análisis, pero es importante tener una idea aproximada del tiempo de almacenamiento en el hogar del consumidor. En el caso de que no haya un producto similar en el mercado, este método no se puede utilizar.
- **Prueba de distribución:** Si el producto ya es comercializado o si existe confianza y conocimiento suficiente, este método es adecuado. El alimento es tomado del lugar de venta (normalmente supermercado) y es llevado a un laboratorio en condiciones normales de almacenamiento. Es un método que se basa en el tiempo de distribución y condiciones normales de almacenamiento.
- **Métodos predictivos:** Se usan ecuaciones matemáticas que integran la información en base a datos científicos para predecir el crecimiento microbiano en condiciones definidas. En estos estudios, es esencial recopilar información sobre el deterioro, las propiedades del producto y envasado. Muchos de estos modelos son predictivos específicos para un microorganismo dado.
- **Test de aceleración:** Es uno de los métodos más utilizados, sin embargo, el diseño experimental y/o los resultados pueden ser incorrectamente interpretados. El objetivo de este método es estimar la vida de un alimento en particular (teniendo en cuenta las diferentes condiciones de almacenamiento siendo por lo general extremas) sometiéndolo a evaluaciones periódicas hasta que llega al final de su vida útil haciendo uso de estos datos para establecer la vida útil en condiciones normales de almacenamiento.

2.8.2 PRUEBAS ACELERADAS DE VIDA EN ANAQUEL

Las pruebas aceleradas de vida en anaquel consisten en experimentos de almacenamiento a temperatura relativamente altas, con el fin de predecir, con cierto margen de certidumbre, la vida en anaquel de alimentos en un período de tiempo mucho más corto que con métodos tradicionales (Labuza y Schmidl, citados por Álvarez 2016).

Los estudios de la vida en anaquel y las pruebas aceleradas requieren de un profundo conocimiento de los constituyentes de los alimentos, proceso, factores de seguridad microbiológica, principales modos de deterioro de la calidad y condiciones propuestas de almacenamientos. Con el uso efectivo de pruebas aceleradas de vida útil, pueden completar un experimento que normalmente toma un año en casi un mes, si la temperatura de prueba aumenta en 20 °C (Álvarez 2016).

Almacenar los productos alimenticios a temperaturas elevadas causará cambios más rápidos y el alimento se volverá inaceptable en un tiempo más corto que si estuviera almacenado a una temperatura menor. Por lo tanto, se puede deducir que la estabilidad de un alimento depende tanto del tiempo, como de la temperatura (IFT, citado por Álvarez 2016).

Según Labuza y Schmidl, citados por Álvarez (2016), en las pruebas aceleradas de vida en anaquel, los análisis pensados deberían estar basados en los modos de deterioro. Esto incluye:

- Sensorial
- Análisis químicos
- Contenido de humedad (en caso de recipientes no herméticos)
- Análisis microbiológicos

2.8.3 FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE VIDA

Según Kilcast y Subramaniam, citados por Álvarez (2016,) estos factores pueden ser categorizados en factores intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos están constituidos por las propiedades del producto final, como son:

- Actividad de agua (agua disponible)
- pH y acidez; tipo de ácido
- Potencial redox
- Oxígeno disponible
- Nutrientes
- Microflora natural y recuento de microorganismos supervivientes
- Bioquímica de la formulación del producto (enzimas, reactivos, químicos, etc.)
- Uso de preservantes en la formulación del producto (por ejemplo, sal)

Asimismo Kilcast y Subramaniam, citados por Álvarez (2016), señalaron que los factores intrínsecos se encuentran influenciados por variables como el tipo y calidad de la materia prima, formulación del producto y su estructura.

Por otra parte, los factores extrínsecos son aquellos que el producto tiene que enfrentar durante la cadena de distribución del mismo, estos incluyen:

- Perfil tiempo - temperatura durante el procesamiento, presión del espacio de cabeza.
- Control de temperatura durante el almacenamiento y distribución.
- Humedad relativa durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Exposición a la luz (UV e IR) durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Contaminación microbiana durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Composición de la atmósfera dentro del empaque.
- Tratamiento térmico subsecuente (es decir, recalentamiento o cocción del producto antes de que sea consumido).
- Manipulación del consumidor.

2.9 EVALUACIÓN SENSORIAL EN LA VIDA EN ANAQUEL DE LOS ALIMENTOS

2.9.1 ATRIBUTOS SENSORIALES

Los atributos de un alimento son usualmente percibidos de acuerdo a su apariencia, aroma, textura y sabor, respetando ese orden jerárquico. Sin embargo, en el proceso de percepción, la mayoría de los atributos se superponen debido a que el juez sensorial recibe simultáneamente todas las impresiones sensoriales y a falta de entrenamiento no estará en condición de realizar una evaluación independiente de cada atributo (Meilgaard *et al.* 2007).

De acuerdo con Meilgaard *et al.* (2007), las características generales de apariencia abarcan lo siguiente:

- **Color:** Un fenómeno que involucra componentes físicos y psicológicos: la percepción por el sistema de la luz de longitudes de onda expresadas comúnmente en términos de Matiz, Valor y Cromo.

- **Tamaño y forma:** Longitud, espesor, ancho, tamaño de partícula, forma geométrica (cuadrado, circular, etc.)y distribución de piezas.
- **Textura de superficie:** Resaltante u opaco, uniforme o desigual, dureza o suavidad, humedad o sequedad que se presenta en la superficie del producto.
- **Claridad:** La opacidad y transparencia de líquidos y sólidos. La presencia o ausencia de partículas de tamaño visible.

El aroma de un producto es detectado cuando los compuestos volátiles liberados en la trituración del mismo entran por las fosas nasales siendo percibidos por el sistema olfativo (Meilgaard *et al.* 2007).

El tercer atributo es la textura, la cual se considera por ser percibida por los sensores que se encuentran en la boca, piel y músculos de distintas partes del cuerpo, siendo la primera para efectos de evaluación de alimentos teniendo en cuenta características como la firmeza, dureza, viscosidad, gomosidad, entre otros (Meilgaard *et al.* 2007).

2.9.2 ANÁLISIS DE LAS EVALUACIONES SENSORIALES

Algunos puntos controversiales y las preguntas planteadas sobre el análisis de tiempo de vida se centran especialmente en la parte sensorial cuestionando, por ejemplo, qué tan seguras son las predicciones basadas en estudios de laboratorios en donde los panelistas entrenados y/o consumidores degustan pequeñas porciones de alimentos bajo condiciones controladas. Así mismo, se cuestiona entre otras cosas, qué sucede en la vida útil de un alimento una vez abierto el envase (Hough, citado por Álvarez 2016).

Desde el punto de vista sensorial, la vida útil de un alimento no depende exclusivamente de él, sino de la interacción entre el alimento y su consumidor (Fan *et al.*, citado por Álvarez 2016).

La evaluación sensorial muestra al menos dos enfoques. Un primer enfoque en donde se realizan las pruebas de diferencia, en el cual se busca determinar con cierto grado de probabilidad si el alimento se encuentra alterado, especificando además el momento en el que ocurrió la alteración teniendo como desventaja no poder determinar el comportamiento o cambio de las características del alimento en función del tiempo (Labuza 2000).

El segundo enfoque, buscan modelar la pérdida progresiva de las características del alimento usando escala graduada. Sin embargo, para esta prueba, la experiencia y el tamaño del panel que se encarga de analizar es más exigente lo cual genera datos pocos confiables (Labuza 2000).

Si se desea obtener resultados confiables y válidos en los estudios sensoriales, el panel debe ser tratado como un instrumento científico. Toda prueba que incluya paneles sensoriales debe llevarse a cabo en condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados. Solamente de esta manera, el análisis sensorial podrá producir resultados consistentes y reproducibles (Watts, citado por Álvarez 2016).

III DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PROCEDIMIENTO DE ESTUDIO DE VIDA ÚTIL PARA EL CAFÉ INSTANTÁNEO

El siguiente procedimiento tiene como objetivo evaluar la vida útil de un producto altamente higroscópico, en este caso el café instantáneo, que está acondicionado en un envase específico y que se almacena en condiciones climáticas estandarizadas (temperatura, humedad y luz).

Para la elaboración de este procedimiento se tomó como referencia el estudio realizado por Herrera (2015), el cual considera análisis sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos para la estimación de vida útil del café soluble.

3.1.1 SELECCIÓN Y ENTRENAMIENTO DE PANELISTAS SENSORIALES

Todos los panelistas involucrados en la evaluación sensorial del café instantáneo deben ser parte de un programa de entrenamiento que comprende principalmente de:

- a. Entrenamiento básico:** Donde los candidatos son evaluados en las siguientes pruebas de sensibilidad:
 - Reconocimiento de Sabores Básicos
 - Reconocimiento de Olores
 - Test Triangular
 - Test de Memoria
 - Test de Uso de Escala
 - Test de Color

- b. Entrenamiento específico:** En el cual se presentan los atributos claves del café. Adicionalmente también se realiza una capacitación acerca de las reglas generales de degustación.

3.1.2 DETERMINACIÓN DE LOS ATRIBUTOS CLAVES DE CAFÉ INSTANTÁNEO

Se realiza una investigación previa acerca de la preferencia del consumidor en cuanto a los atributos sensoriales más valorados en el café. Los atributos definidos en consenso de todas las pruebas de preferencia se denominan atributos claves sensoriales.

De acuerdo a las evaluaciones descriptivas realizadas por panelistas entrenados se construye el perfil sensorial del café instantáneo cuantificando cada atributo en una escala del 1 al 10. Asimismo, se determina cuáles son los límites de aceptabilidad (presentados en rojo), tal y como se muestra en la Figura 11.

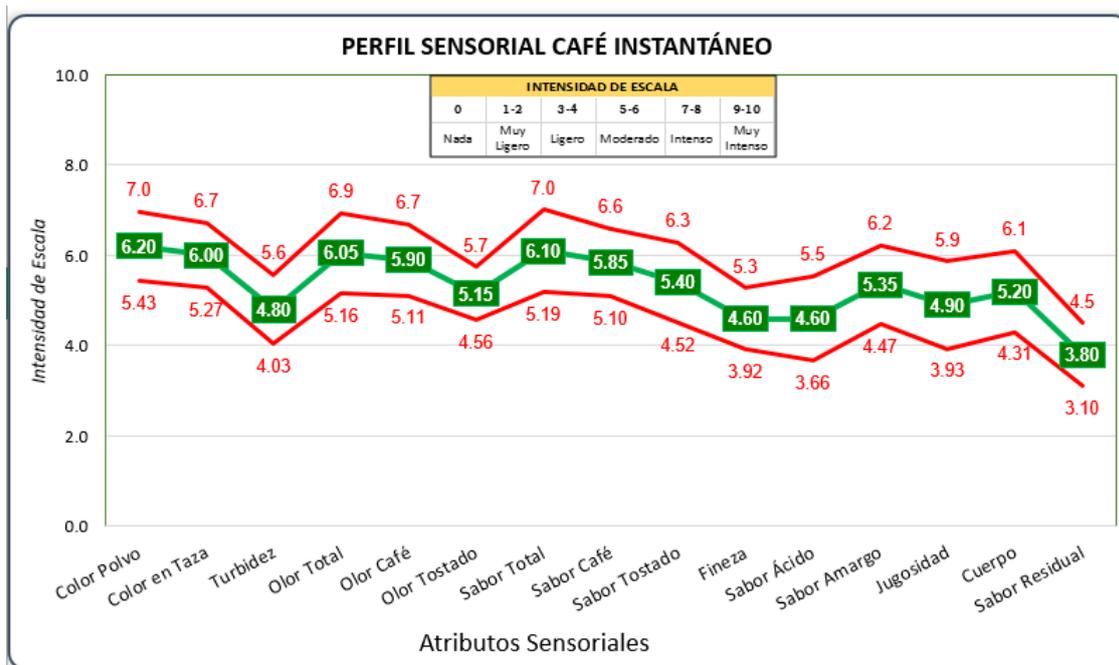


Figura 11: Perfil sensorial del café instantáneo.

El siguiente paso es crear la especificación sensorial del café instantáneo. Este documento detalla los límites de aceptación y rechazo para los atributos claves de este producto, tales como color, apariencia, sabor, aroma y cuerpo, tanto del polvo como de la bebida preparada. En el caso de apariencia y color son representados mediante fotografías a fin de que el juez sensorial pueda tener una referencia adecuada con la cual comparar al momento de emitir su calificación (ver Figura 12).

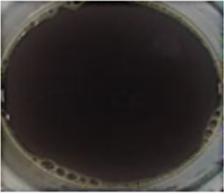
ATRIBUTOS SENSORIALES CLAVES (Key Sensory attributes)			
Límites de aceptación			
CARACTERÍSTICA	DENTRO	JUST IN	FUERA
A P A R I E N C I A	POLVO Moderado color marrón oscuro	POLVO Ligero color marrón claro o marrón oscuro	POLVO Intenso color marrón o muy ligero color marrón
			
	BEBIDA Moderado color marrón	BEBIDA Ligero color marrón oscuro o ligero color marrón claro	BEBIDA Intenso color marrón o muy ligero color marrón
			
AROMA Y SABOR A CAFÉ	Aroma y Sabor de un café limpio, recién preparado, libre de olores extraños (proceso o fermentado).	Aroma y Sabor de un café menos intenso y con ligero aroma y sabor a proceso.	No se percibe Aroma y Sabor a café, se percibe Aroma y Sabor quemado, proceso o fermentado.
SABOR AMARGO	En una escala de Intensidad moderada característico a café soluble y amargo.	En una escala de intensidad media baja, deseable.	No se percibe ningún sabor a amargo.
SABOR ACIDO	En una escala de intensidad media baja, deseable natural.	Intensidad débil o moderad sabor ácido.	No se percibe sabor ácido o se percibe sabor ácido intenso.
SABOR TOSTADO	Intensidad moderada a sabor tostado.	Intensidad débil o intensidad media alta a sabor tostado.	Sabor a quemado o sin sabor a tostado.
CUERPO	Se percibe el peso o consistencia moderado del producto en la boca.	Se percibe ligero o intenso peso o consistencia del producto en la boca.	Producto sin o excesivo peso o consistencia en la boca.

Figura 12: Especificaciones sensoriales del café instantáneo.

3.1.3 EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN PARA EL ESTUDIO DE TIEMPO DE VIDA

Una vez definida la especificación sensorial se procede a crear un plan para el monitoreo de la vida útil del café instantáneo. Es importante tener en consideración las siguientes características para los siguientes equipos:

a. Cámara climática

Se utiliza una cámara climática ventilada con control y registro (si es necesario) de la temperatura y la humedad relativa. Las tolerancias de regulación deben cumplir con la norma ISO 2233 (ISO 2000).

En cuanto a los requerimientos de la luz, se debe disponer de:

- Tubo de luz fluorescente que simule "luz blanca" o "luz diurna", es decir:
 - Temperatura de color = 6500 K
 - Índice de representación de color > 90
- Luxómetro, para poder controlar la intensidad de luz en la cámara

3.1.4 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO PARA LAS MUESTRAS

a. Elección del clima estandarizado

Debe elegirse una de las siguientes condiciones climáticas expuestas en el Cuadro 5.

Cuadro 5: Factores según el tipo de clima elegido para la prueba de conservación

CLIMA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA
Unidad	[°C]	[%]	[mbar]
Clima templado	20	65	15
Clima tropical	30	70	30

FUENTE: ISO 2000

Se deben tener en cuenta las siguientes tolerancias según la Norma 2233 (ISO 2000):

- Temperatura

La diferencia de temperatura máxima admisible de diez mediciones distribuidas alrededor del valor nominal durante al menos 1 h será de ± 2 °C. La tolerancia de la temperatura media en relación con el valor nominal será de ± 2 °C.

- Humedad relativa

La diferencia de humedad relativa máxima admisible de diez mediciones distribuidas alrededor del valor nominal durante al menos 1 h será $\pm 5\%$ HR. La tolerancia de la humedad relativa media con respecto al valor nominal será de $\pm 2\%$ HR.

3.1.5 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

a. Muestras de ensayo

La muestra de ensayo debe ser lo más similar posible al producto terminado. El envase metalizado debe fabricarse bajo condiciones industriales y llenarse con la cantidad adecuada de producto. El número de unidades depende del número de pruebas de sabor y análisis a ejecutar. Se debe almacenar muestras adicionales en caso de que alguna de las muestras tenga envase defectuoso o, en caso sea necesario repetir alguna prueba sensorial.

b. Muestras de referencia

Conservar las muestras de referencia a 4 °C en envases completamente herméticos y protegidos de la luz. Debido a que el producto es altamente sensible al oxígeno se debe envasar con nitrógeno o evacuar el espacio de cabeza mediante envasado al vacío. El número de unidades debe ser proporcional al número de muestras de ensayo.

Si sólo se desea estudiar un parámetro (por ejemplo, temperatura, humedad, luz o gaseado), guarde las muestras de referencia en las mismas condiciones que las muestras de ensayo, con la excepción del parámetro a estudiar.

3.1.6 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN Y DETERMINACIÓN

a. Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos del café instantáneo que son realizados paralelamente a las pruebas sensoriales son los siguientes:

- **Actividad del agua (Aw):** Medición directa en un equipo, el cual utiliza un sensor de punto de rocío mediante la técnica del espejo enfriado y medición infrarroja de la temperatura de la muestra.
- **Contenido de agua:** Se utiliza el método de la estufa, donde se coloca la muestra en una estufa según los parámetros establecidos en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Parámetros utilizados en el método de la estufa para la determinación de humedad del café instantáneo

PRODUCTO	m_d (± 1 g)	T_d (± 1 °C)	t_d (± 10 %)
Café instantáneo	2 g	95 °C	2 h

Donde:

m_d : Peso de la muestra

T_d : Temperatura de secado

t_d : Tiempo de secado

Mediante el cálculo de la diferencia de peso final e inicial de la muestra se obtiene el contenido de humedad de la muestra.

De acuerdo a los requisitos fisicoquímicos que declara la Norma Técnica Peruana NTP 209.316 (INDECOPI 2010), la humedad del café soluble no puede exceder al 3,5 por ciento. Por esta razón, la prueba será concluida una vez alcanzado este valor. No obstante, podría darse el caso que debido a ser rechazado en la evaluación sensorial la prueba concluya antes de alcanzar dicho valor.

b. Análisis microbiológicos

Al iniciar y finalizar el tiempo de vida se debe realizar análisis microbiológicos a las muestras. Estos valores deben estar dentro de los límites permitidos según lo especificado por INDECOPI (2010) en la NTP 209.316 (Anexo1).

c. Prueba de almacenamiento

Se colocan las muestras de café instantáneo a diferentes temperaturas de almacenamiento: 4 °C, temperatura ambiente, 30 °C y 37 °C a las mismas condiciones de humedad relativa. Las muestras son sometidas a análisis fisicoquímicos de manera mensual para monitorear su comportamiento según tales temperaturas de conservación.

d. Evaluación sensorial

Teniendo en cuenta que se realizó el entrenamiento de panelistas con los atributos claves del producto y que se cuenta con una especificación sensorial bien definida, se procede a realizar las sesiones sensoriales respectivas.

El panelista es previamente capacitado con el uso de la metodología IN/OUT, la cual cuenta con una escala de calificación de tres puntos:

1= IN: Dentro del perfil

2= JUST IN: dentro del perfil pero con una observación no crítica.

3= OUT: Fuera del perfil

Se registran los resultados según la frecuencia de evaluación establecida (cada seis meses). La evaluación sensorial se realizará hasta un mes adicional a su fecha de vencimiento. El último intervalo de tiempo en el que el producto sigue siendo evaluado como aceptable es la vida útil máxima del producto bajo las condiciones ensayadas.

A continuación un ejemplo de cómo se registran los resultados de la evaluación sensorial realizada a una muestra de café instantáneo en tiempo real, es decir, durante toda su vida útil (18 meses).

IV CONCLUSIONES

1. El estudio de vida sensorial es fundamental para la validación de la conservación de las características del producto hasta el fin de su vida útil.
2. Es determinante contar con un panel sensorial entrenado, a fin de asegurar que los resultados obtenidos de las evaluaciones sensoriales sean representativas.
3. Al surgir una modificación de alguna de las variables descritas se deberá realizar el estudio completo puesto que puede afectarse el tiempo de vida útil determinado previamente, así como las características del mismo.
4. Las condiciones de almacenamiento juegan un papel importante en la conservación de un producto altamente higroscópico como el café instantáneo, siendo la humedad un parámetro crítico de estudio.
5. La prueba acelerada de tiempo de vida útil se considera una estimación rápida, la cual debe ser corroborada y respaldada por la prueba de almacenamiento a condiciones normales.
6. La evaluación sensorial y los análisis fisicoquímicos cuando son realizados paralelamente brindan mayor seguridad y exactitud en sus resultados.
7. Este procedimiento sirve como base para determinar la vida útil de otros alimentos con alta higroscopicidad y con características fisicoquímicas o sensoriales similares al café instantáneo.

V RECOMENDACIONES

1. A las empresas productoras y/o envasadoras de café instantáneo, implementar este método con el fin de lograr resultados de mayor exactitud.
2. Utilizar la tecnología disponible en el mercado para obtener resultados confiables y optimizar tiempos de respuesta.
3. Realizar un plan de entrenamiento anual para validar a los panelistas calificados.
4. Respalda los resultados sensoriales con un método instrumental donde se pueda establecer una correlación.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Agraria de Noticias, Perú. 2016. Al 2019 consumo per cápita de café en Perú alcanzaría los 2 kilos (en línea). Agencia Agraria de Noticias, Lima, Perú; 29 ago. Consultado 3 jul. 2017. Disponible en <http://agraria.pe/noticias/al-2019-consumo-per-capita-de-cafe-en-peru-11919>.
- Álvarez, GA. 2016. Determinación de tiempo de vida en anaquel de pizza en cadena de frío por el método de Weibull. Tesis Ing. Agroindustrial. Lima, Perú, Universidad San Ignacio de Loyola. 83 p.
- Bicho, NC; Leitão, AD; Ramalho, JC; Lidon, FC. 2012. Use of colour parameters for roasted coffee assessment. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 32(3):9-17.
- Carrillo, ML; Mondragón, FM. 2011. Estudio de vida útil del queso asadero (en línea, sitio web). Consultado 3 jul. 2017. Disponible en <http://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/viewFile/291/272>.
- Clarke, RJ. 1987. *Coffee: Technology*. Macrae, R (ed). Barking, Reino Unido, Editorial Academic Press. v. 2, 145 p.
- Farah, A; Paulis, T; Trugo, LC; Martin, PR. 2005. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee *Journal of Agric. and Food Chem.* 53(5):1505-1513.
- Figuroa, R. 1983. *La caficultura en el Perú*. 1 ed. Lima. Perú, Editorial FIESSA. 202 p.
- García, DC. 1989. Estudio de los parámetros óptimos en el procesamiento de café verde, determinantes de su calidad. Tesis Ing. Alim. Lima, Perú, UNALM. 173 p.

- Herrera, SE. 2015. Estimación de la vida útil físico química, microbiológica y sensorial de variedades de café soluble. Tesis Ing. Quím. Lima, Perú, UNAC. 128 p.
- Illy, A; Viani, R. 2004. Espresso coffee: the science of quality. 2 ed. Viani, R (ed). Massachusetts, Estados Unidos, Editorial Academic Press. 398 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2010. Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica o denominación de origen. 1 ed. Guatemala, Editorial IICA. 107 p.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2010. Café soluble o café instantáneo: requisitos. NTP 209.316. 1 ed. Lima, Perú, El Peruano. 4 nov. 13 p.
- ISO (International Organization for Standardization, Suiza). 2000. Packaging: Complete, filled transport packages and unit loads, conditioning for testing. Norma ISO 2233:2000. Ginebra, Suiza. 15 nov.
- Labuza, T. 2000. Determination of shelf life of foods (en línea, sitio web). Consultado 3 jul. 2017. Disponible en http://www.Fscn.che.umn.edu/Ted_Labuza.tpl.html.
- Meilgaard, M; Vance, G; Thomas, B. 2007. Sensory evaluation technique. 4 ed. Florida, Estados Unidos, Editorial CRC Press. 464 p.
- Pacheco, VR. 2016. Determinación de tiempo de vida útil del café tostado premium (coffea arábica) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas. Tesis Ing. Alim. Lima, Perú, UNALM. 136 p.
- Puertas-Mejía, M; Rivera-Echeverry, F; Villegas-Guzmán, P; Rojano, B; Pelaez-Jaramillo, C. 2012. Comparación entre el estado de maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L.), el contenido de antocianinas y su capacidad antioxidante.). Consultado 3 jul. 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962012000400007.

Rivera, JY. 2016. Estimación del tiempo de vida útil del café verde y pergamino (coffea arábica) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas. Tesis Ing. Alim. Lima, Perú, UNALM. 209 p.

Viani, R. 1993. The consumption of coffee: caffeine, coffee and health. 1 ed. Garattini, S (ed). New York, Estados Unidos, Editorial Raven Press. p. 1-16.

VII ANEXO

ANEXO 1: REQUISITOS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL CAFÉ SOLUBLE

REQUISITO	CAFÉ SOLUBLE	CAFÉ DESCAFEINADO SOLUBLE	CAFÉ TORRADO SOLUBLE
Humedad (%)	3,5 máx.		
Cenizas totales (%)	10 máx.	10 máx.	4,5 ± 1
Cafeína(en base seca) (%)	0,9 mín	0,3 máx.	1,6 mín.
Solubilidad en agua caliente	Se deberán disolver en 30 s. como máximo, con moderada agitación.		
Solubilidad en agua fría	Se deberán disolver en 3 min. como máximo, con moderada agitación.		
Azúcar agregado máximo(en % en peso de café verde)	-	-	Máximo 10
Almidón	Ausencia		
pH	4,8-5,2		

FUENTE: Tomado de INDECOPI 2010

AGENTE MICROBIANO	n	c	m	M
Mohos	5	1	10	10 ²

n: El número de muestras analizadas, c: El número máximo de unidades defectuosas aceptadas, m: Es un valor crítico, arriba de la cual, la unidad se encuentra defectuosa, M: Los valores de recuento microbiano superior a "M" son considerados inaceptables y el alimento se considera un riesgo para la salud.

FUENTE: Tomado de MINSA, citado por Rivera 2016