



Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE GRADO

**ESTUDIO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA
FABRICACIÓN DE MARGARINA**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

DANIEL JIMÉNEZ RUBIO

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

SEPTIEMBRE, 2017



Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**ESTUDIO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA
FABRICACIÓN DE MARGARINA**

Autor: Jiménez Rubio, Daniel

Tutor: Rodríguez García, Félix

Departamento de Química Analítica

Valladolid, septiembre 2017

RESUMEN

Este trabajo de fin de grado propone el estudio del proceso industrial para la fabricación de margarina de principio a fin. En primer lugar, se describe la naturaleza y composición del producto. Un capítulo es destinado al conocimiento de los lípidos o grasas por ser el componente principal de la margarina. Posteriormente se analiza la relación que tiene con la salud ya que ha sido uno de los aspectos que ha marcado su evolución en el tiempo. También son estudiadas todas las propiedades esperadas de la margarina como producto por parte del consumidor y su relación con los parámetros de fabricación. Se analizan las materias primas o ingredientes que pueden ser empleados en la fabricación, así como la idoneidad de su empleo en cada caso.

Una vez llevado a cabo el análisis de la margarina como producto, se procede a estudiar el proceso industrial desde la obtención y tratamiento de los aceites empleados hasta el envasado final. Se describe cada fase que compone el proceso junto con las posibles alternativas buscando siempre la más idónea.

Por último y a modo de ejemplo se plantea el anteproyecto de lo que podría ser una planta típica de fabricación.

PALABRAS CLAVE

- Margarina
- Industria alimentaria
- Lípidos
- Transformación de grasas y aceites
- Calidad

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	15
OBJETIVOS	15
DESARROLLO.....	17
Capítulo 1: INTRODUCCIÓN A LA MARGARINA	21
1.1 DEFINICIÓN.....	21
1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	22
1.3 COMPOSICIÓN.....	23
Capítulo 2. LÍPIDOS	27
2.1 TRIGLICÉRIDOS	28
2.2 FOSFOLÍPIDOS.....	28
2.3 OTROS LÍPIDOS	29
2.4 ÁCIDOS GRASOS.....	30
Capítulo 3: MARGARINA Y SALUD.....	35
Capítulo 4: PROPIEDADES DE LA MARGARINA	41
4.1 PROPIEDADES SENSORIALES	41
4.2 PROPIEDADES ANALÍTICAS.....	43
4.2.1 COLOR.....	43
4.2.2 BRILLO	43
4.2.3 PROPIEDADES DE FUSIÓN	44
4.2.4 REOLOGÍA.....	44
4.2.5 TAMAÑO DE LA GOTA.....	44
4.2.6 LIBERACIÓN DE SAL.....	45
4.3 CRISTALIZACIÓN.....	45
Capítulo 5: INGREDIENTES.....	49
5.1 MEZCLA DE GRASAS.....	49
5.1.1 ACEITE Y GRASA DE PALMA.....	51

5.1.2 ACEITE DE SOJA.....	51
5.1.3 ACEITE DE COLZA.....	51
5.1.4 ACEITE DE GIRASOL.....	52
5.1.5 ACEITE DE LINAZA.....	52
5.1.6 ACEITE DE OLIVA.....	52
5.2 AGUA.....	54
5.3 SAL.....	54
5.4 EMULSIONANTES.....	54
5.4.1 LECITINA.....	54
5.4.2 MONOGLICÉRIDOS Y DIGLICÉRIDOS.....	56
5.5 LECHE Y DERIVADOS.....	56
5.6 VITAMINAS.....	56
5.6.1 VITAMINA A.....	57
5.6.2 VITAMINA D.....	57
5.6.3 VITAMINA E.....	58
5.6.3 VITAMINA B6.....	58
5.6.4 VITAMINA B12.....	58
5.7 GELATINAS.....	59
5.8 SABORIZANTES.....	59
5.9 ANTIOXIDANTES.....	59
5.10 COLORANTES.....	60
5.10.1 ANNATO.....	60
5.10.2 CAROTENO.....	60
5.11 ACIDULANTES.....	61
5.12 CONSERVANTES.....	61
Capítulo 6: PROCESO DE ELABORACIÓN.....	65
6.1 PREPARACIÓN DE SEMILLAS OLEAGINOSAS.....	65
6.2 PREPARACIÓN DE FRUTOS DE ÁRBOLES.....	66
6.3 EXTRACCIÓN.....	67
6.3.1 PRENSADO.....	67
6.3.2 PRE-PRENSADO Y EXTRACCIÓN CON SOLVENTE.....	68
6.3.3 EXTRACCIÓN DIRECTA CON SOLVENTE.....	69
6.4 REFINADO.....	70
6.4.1 DESGOMADO.....	72
6.4.2 NEUTRALIZACIÓN.....	74
6.4.3 DECOLORACIÓN.....	75
6.4.4 DESODORIZACIÓN.....	77
6.5 MODIFICACIÓN DE GRASAS Y ACEITES.....	80
6.5.1 FRACCIONAMIENTO.....	81
6.5.1.1 FRACCIONAMIENTO EN SECO.....	82
6.5.1.2 FRACCIONAMIENTO CON SOLVENTE.....	84
6.5.1.3 FRACCIONAMIENTO CON DETERGENTE ACUOSO.....	84
6.5.2 INTERESTERIFICACIÓN.....	85
6.5.2.1 INTERESTERIFICACIÓN QUÍMICA.....	87
6.5.2.2 INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA.....	88

6.5.3 HIDROGENACIÓN.....	90
6.6 FORMACIÓN DE LA MARGARINA.....	94
6.6.1 PREPARACIÓN FASE GRASA.....	95
6.6.2 PREPARACIÓN FASE ACUOSA.....	96
6.6.3 FORMACIÓN DE LA EMULSIÓN.....	97
6.6.4 PASTEURIZACIÓN.....	99
6.6.5 CRISTALIZACIÓN.....	99
6.6.6 ENVASADO.....	104
Capítulo 7: CALIDAD	107
7.1 INTRODUCCIÓN A LA CALIDAD.....	107
7.2 FACTORES DE CALIDAD.....	108
7.2.1 FACTORES HIGIÉNICOS Y SANITARIOS.....	108
7.2.2 FACTORES SENSORIALES.....	108
7.2.3 FACTORES NUTRITIVOS.....	109
7.2.4 FACTORES CUANTITATIVOS.....	109
7.3 MEDIDAS A TOMAR.....	109
7.3.1 HIGIENE PERSONAL.....	109
7.3.2 MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES.....	110
7.3.3 TRANSPORTE.....	111
7.4 CONTROL DE CALIDAD.....	111
7.4.1 CONTROL DE MATERIAS PRIMAS.....	112
7.4.2 CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.....	113
7.4.3 CONTROL DEL PRODUCTO TERMINADO.....	113
Capítulo 8: ANTEPROYECTO	117
8.1 OBJETO.....	117
8.2 BASES.....	117
8.2.1 FINALIDAD.....	117
8.2.2 COMUNICACIONES Y SERVICIOS.....	117
8.2.3 NORMATIVA Y REGLAMENTOS.....	118
8.2.3.1 REFERIDA A CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES.....	118
8.2.3.1 REFERIDA A LA INDUSTRIA GENERAL.....	118
8.2.3.1 REFERIDA A LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	118
8.3 INGENIERÍA DE PROCESO.....	119
8.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	119
8.3.2 DIAGRAMA DEL PROCESO.....	120
8.4 MAQUINARIA.....	121
8.5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	121
8.6 PLANO.....	121
CONCLUSIONES.....	127
BIBLIOGRAFÍA.....	131

LIBROS DE REFERENCIA	131
PÁGINAS DE INTERNET.....	132

INTRODUCCIÓN

La margarina es considerada el más antiguo y claro exponente de la industria alimentaria, así como el origen de la química moderna. Desde su nacimiento ha tenido una gran evolución como producto para satisfacer las necesidades del mercado. Esta evolución ha sido posible gracias al estudio y mejora de los procesos de transformación de la materia.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio del proceso industrial de fabricación de margarina.

Para ello se estudiará el origen del producto, su composición, las propiedades que debe tener y las materias primas posibles para su elaboración. Tras analizar todos los aspectos relacionados con la margarina se procederá a estudiar cada una de las etapas del proceso industrial de fabricación buscando siempre la solución más idónea para cada cual teniendo en cuenta las exigencias del mercado actual y la optimización industrial. Por último, para servir de modo de ejemplo se plantea el anteproyecto de una planta industrial típica.

DESARROLLO

ESTUDIO DEL
PROCESO
INDUSTRIAL PARA LA
FABRICACIÓN DE
MARGARINA

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN A LA MARGARINA

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN A LA MARGARINA

1.1 DEFINICIÓN

Según ¹: Es el alimento extensible, en forma de emulsión líquida o plástica, usualmente del tipo agua-aceite, obtenido principalmente a partir de grasas y aceites comestibles que no procedan fundamentalmente de la leche.

Según la RAE: Sustancia grasa, de consistencia blanda, que se extrae de ciertas grasas animales y de aceites vegetales, y tiene los mismos usos que la mantequilla.

Definición técnica: Emulsión de grasas y leche a la que se añade una serie de aditivos².

El termino margarina hoy día se aplica tanto al producto utilizado en el hogar para untar tostadas como a cierta mezcla de grasas utilizadas en la industria repostera. Puede definirse margarina como un producto alimenticio hecho a base de grasa animal o vegetal a la cual se le añade una porción acuosa que puede contener productos lácteos, sal, agentes saborizantes, emulsionantes, conservantes y vitaminas.

DENOMINACIÓN.

Según la legislación vigente se puede denominar margarina a aquella que contenga entre un 80% y un 90% en grasa, el resto se denominan de la siguiente manera:

-Margarina $\frac{3}{4}$, si tiene entre un 60% y un 62% de grasa.

-Materia grasa para untar, si entre un 42% y un 55% de grasa.

-Margarina grasa para untar enriquecida con vitaminas (A, D, E, B2), minerales (calcio), fibra o fitoesteroles.

¹ REAL DECRETO 1011/1981, Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de grasas comestibles (animales, vegetales y anhidras), margarinas, minarinas y preparados grasos.10 abril de 1981.

² Tecnología de grasas y aceites (E.Bernardini).

1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Se dice que la margarina es el más claro y antiguo exponente de la industria alimentaria y el origen de la química moderna. Es fruto del procesado físico/químico de ciertos compuestos para dar lugar a un nuevo producto que responde a necesidades del mercado, en este caso un producto económico y saludable que pudiera sustituir a la tradicional mantequilla.

La margarina surge como producto el 15 de Julio de 1869 de la mano del químico francés Hippolyte Mège-Mouriés con el objetivo de ofrecer una alternativa más saludable a la tradicional mantequilla. El éxito que obtuvo su creación se ha prolongado hasta la actualidad.

El emperador Napoleón III, sobrino del gran Napoleón I, ofreció una recompensa a quién elaborara un sustituto satisfactorio a la mantequilla para las clases bajas y las fuerzas armadas francesas. Mège-Mouriés con la invención de la margarina se hizo con el premio, fama y el honor de ser uno de los precursores de la química moderna.

La margarina original era una mezcla de grasas y aceites animales y vegetales realizada de tal manera que tenía una consistencia sólida similar a la de la mantequilla. La parte mayoritaria de esta margarina original era la parte menos sólida de la grasa de la vaca separada del resto de la grasa con métodos físicos y mezclada con leche y agua. Fue un alimento muypreciado que extendió rápidamente su fama a países vecinos como Bélgica, Suiza, Holanda y Alemania. Acabó extendiéndose por toda Europa y también por Estados Unidos donde obtuvo una patente en el año 1873.

El uso de los aceites vegetales se hace más común en la elaboración de la margarina a principios de siglo tras el desarrollo, por parte del químico inglés William Norman, de la hidrogenación, un método que permitía el endurecimiento de los aceites vegetales, que eran mucho más económicos que las grasas animales. La hidrogenación que supuso una revolución en la industria de la margarina presentaba un problema llamado “olor de hidrogenación” que se solventó con un proceso de desodorización que consistía en hacer pasar una corriente de vapor a través de la grasa para así acabar con los malos olores y sabores.

1.3 COMPOSICIÓN

El principal componente de la margarina es grasa, de origen 100% vegetal o mezcla con grasa animal en cuyo caso se hablaría de margarina mixta. Las más comunes son aceites de girasol, maíz, oliva, coco, linaza, soja, aceites de pescado y grasa animal. El segundo componente más importante en la elaboración de la margarina es el agua. Para que dos elementos inmiscibles por naturaleza como la grasa y el agua permanezcan unidos, se utilizan agentes emulsionantes como monoglicéridos, diglicéridos y lecitina, presentes en la naturaleza.

El resto de componentes de la margarina son sal, leche desnatada, ácido fólico y en algunos casos para obtener mayor consistencia en la mezcla se le añade también gelatina. La margarina es una excelente fuente de vitaminas, tiene vitaminas propias de la materia prima como A y E, a las cuales se le añaden también vitaminas A, D, E, B2, B6 o B12. El conservante que se utiliza con mayor frecuencia es el sorbato potásico (E202) que resulta muy eficaz contra hongos y bacterias.

CAPÍTULO 2:

LÍPIDOS

CAPÍTULO 2: LÍPIDOS

Como podemos observar, en la composición de la margarina el elemento esencial son los lípidos. Llegados a este punto es necesario hacer una breve incursión en la química de los lípidos para poder conocer su naturaleza y de esta manera ver la influencia que tendrán en la margarina. El origen del estudio de la química de las grasas también se dio en Francia, como el de la margarina, en este caso fue el químico Chevreul a principios del siglo XIX.

Conocemos como lípidos a aquellas sustancias que tienen la propiedad de ser insolubles en el agua, pero solubles en disolventes orgánicos. Se encuentran en todas las células (animales y vegetales) y se pueden sintetizar a partir de los hidratos de carbono. Los lípidos de los alimentos exhiben propiedades físicas y químicas singulares en relación con sus propiedades funcionales en numerosos alimentos.

Los lípidos tienen vital importancia en el organismo humano, son utilizados como energía metabólica inmediata y a su vez desempeñan diversas funciones vitales como.

Como se puede comprobar en la siguiente figura, los lípidos se pueden dividir en dos grandes grupos estructurales según contengan o no en su estructura glicerol, que es un polialcohol:

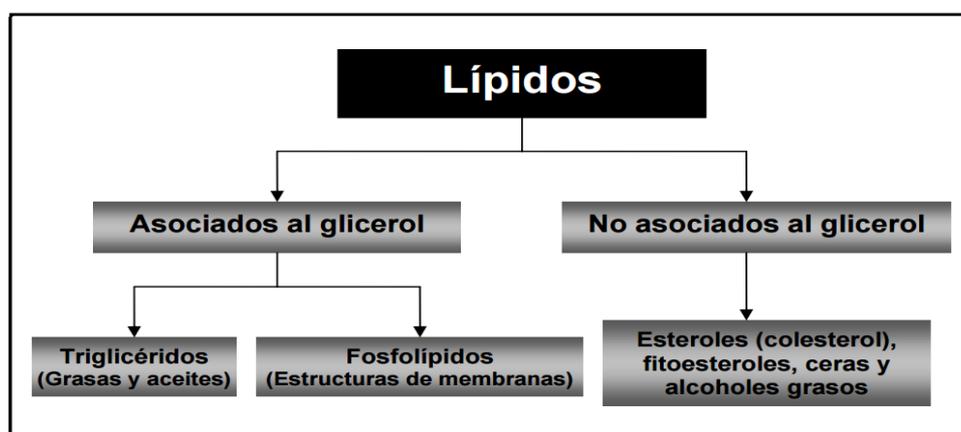


FIGURA 1: CLASIFICACIÓN LÍPIDOS

A continuación, los diferentes grupos de lípidos.

2.1 TRIGLICÉRIDOS

Químicamente, las grasas están compuestas por una diversa mezcla de glicéridos, los cuales son el resultado de la unión entre una molécula de glicerol y uno, dos o tres ácidos grasos, dando lugar a monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos respectivamente.

De entre ellos, el triglicérido es el grupo mayoritario, normalmente representa más de 95% en peso en cualquier grasa o aceite. Para la formación de los triglicéridos se unen al glicerol tres residuos de ácidos grasos que pueden ser o no idénticos entre sí. Es importante la posición a la cual se une el ácido graso al glicerol ya que de ello dependen las propiedades físicas, químicas y nutricionales. De ser los tres ácidos grasos idénticos, hablamos de triglicéridos simples mientras que si poseen más de una especie de ácidos grasos hablamos de triglicéridos mixtos. En una grasa natural hay tanto triglicéridos simples como mixtos.

2.2 FOSFOLÍPIDOS

Los fosfolípidos reciben este nombre por poseer ácido fosfórico en su composición.. Su principal característica es su carácter anfifílico, es decir, una parte de la molécula tiene afinidad por la grasa, lipófila y otra por el agua, hidrófila. Al poseer esta característica los fosfolípidos son comúnmente utilizados en la industria alimentaria como emulsionantes en la fabricación de la propia margarina.



FIGURA 2: ESTRUCTURA FOSFOLÍPIDO

Facilitan la formación emulsiones por su carácter polar, se orientan en las superficies de contacto entre el agua y las sustancias hidrófobas y reducen la tensión superficial entre ambos, de esta manera tienden a minimizar la superficie de contacto.

Su aporte dietético no es tan importante como su labor estructural y fisiológica ya que, en el organismo, forman parte de membranas cuya actividad modulan y se utilizan en la construcción de compuestos de actividad biológica.

Destaca el fosfoglicérido, que es una composición de glicerol esterificado en los carbonos 1 y 2 con dos ácidos grasos y en el carbono 3 con ácido fosfórico.

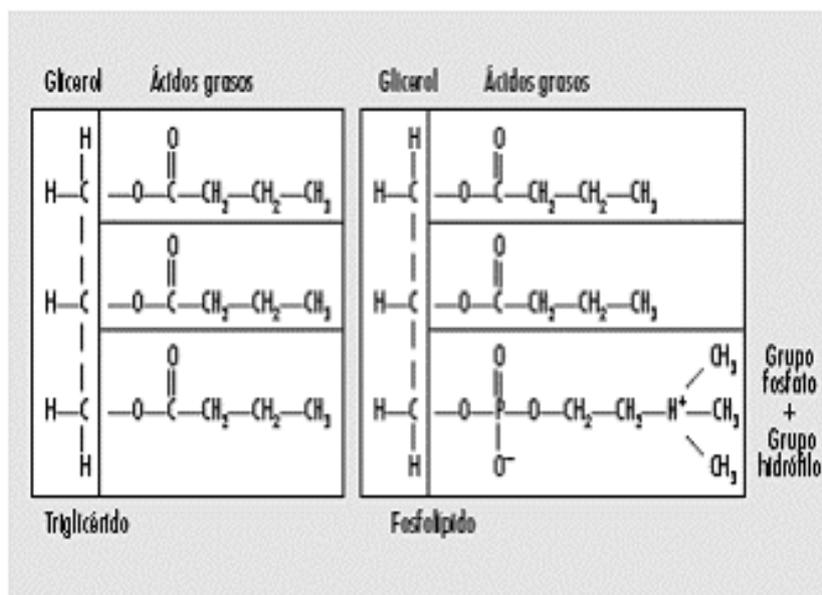


FIGURA 3. ESTRUCTURA TRIGLICÉRIDO Y FOSFOLÍPIDO

2.3 OTROS LÍPIDOS

En este grupo se incluyen vitaminas liposolubles, esteroides, fitoesteroides, ceras y alcoholes grasos. De entre ellos por su importancia destacamos el colesterol. Es una molécula hidrófoba formada por una parte central de anillos bencénicos, una cadena alifática larga, algunos radicales metilo y un grupo alcohol. Es un componente de las membranas celulares, entre ellas la plasmática, y es el precursor de moléculas que tienen importancia biológica, como vitamina D, hormonas esteroideas y ácido biliares. A pesar de que sólo alimentos de origen animal proporcionan colesterol, el organismo puede sintetizarlo a partir de acetato.

2.4 ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son los componentes principales de las grasas. Es necesario conocer los diferentes tipos, sus características y la manera de relacionarse entre ellos para poder comprender la naturaleza de las grasas y por tanto de la margarina.

Por ácido graso se conoce a cualquier ácido monocarboxílico que mediante hidrólisis pueda liberarse de las grasas naturales. En principio se pensó que eran de cadena alifática, pero con el desarrollo de los métodos de análisis se pudieron observar distintas estructuras de tipo cíclico, ramificado e hidroxilado de tal modo que en la actualidad se conocen más de 400 tipos de ácidos grasos localizados tanto en tejidos vegetales como animales. Se diferencian unos de otros por el número de carbonos que forman la molécula, el número de dobles enlaces que posea, de la posición de los dobles enlaces y de la isomería de los mismos. Esta diferencia en la naturaleza de los ácidos da lugar a que las características físicas y químicas de cada cual sean diferentes.

La nomenclatura es sencilla, en primer lugar, se coloca la letra de C que hace referencia a los carbonos, le sigue el número de ellos en la molécula y una separación con dos puntos que indica el número de dobles enlaces. Por ejemplo, C 12:2, sería un ácido graso con doce carbonos y dos dobles enlaces.

Podemos clasificar los ácidos grasos de diversas maneras, en función de la longitud de la cadena se clasifican en: ácidos grasos de cadena corta (entre 8 u 11 carbonos), ácidos grasos de cadena intermedia (entre 12 y 15 carbonos) y ácidos grasos de cadena larga (más de 16 carbonos). La clasificación más habitual y la que utilizaremos de aquí en adelante será en función del grado de saturación, es decir, del número de doble enlaces de la molécula.

De acuerdo al grado de saturación se clasifican en:

ÁCIDOS GRASOS SATURADOS:

Son cadenas generalmente rectas que sólo contienen enlaces carbono-carbono simples; no contienen ningún doble enlace, esta configuración les otorga una gran estabilidad y hace que a temperatura ambiente sean sólidos. Predominan en los alimentos de origen animal, aunque también están presentes en algunos aceites vegetales. Generalmente tienen un número par de carbonos, aunque en ciertas grasas de origen animal y marino se han observado cadenas con número impar de átomos e incluso ácidos grasos ramificados.

Este tipo de ácidos pueden ser sintetizados por el ser humano y los más comunes son el palmítico (C:16), el esteárico (C:18), y el araquídico (C:20) entre otros.

ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS:

Este tipo de ácidos grasos presentan algún doble enlace en la molécula en un número que puede ir de 1 a 6, en caso de tener un único doble enlace se habla de monoinsaturados y a los que contienen más de uno se les conoce como poliinsaturados. La longitud de la cadena depende del tipo de ácido, en el caso de los monoinsaturados varía entre 10 y 22 átomos de carbono y los poliinsaturados tienen cadenas de entre 16 y 22 átomos.

Desde el punto de vista nutricional los ácidos grasos insaturados tienen gran importancia, suelen estar presentes en alimentos como el pescado, así como en alimentos de origen vegetal como pueden ser los aceites vegetales, generalmente líquidos. Por ejemplo, el ácido linoleico (C18:2) está muy presente en el aceite de girasol el cual es un componente básico en muchas margarinas. Otro ácido de gran importancia nutricional es el oleico (C18:1) típico del aceite de oliva y que también se puede utilizar en la fabricación de la margarina.

La doble unión C=C hace que la química de la molécula sea más compleja ya que presenta dos tipos de isomerismos, uno de posición y otro geométrico. La isomerización geométrica distingue entre cis, en cuyo caso los sustituyentes están en el mismo lado del doble enlace y el isómero trans en el que están en el lado opuesto del doble enlace, lo cual hace que se bloquee la rotación de la molécula.

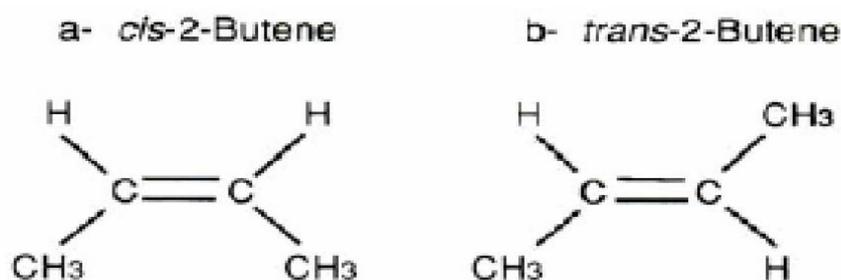


FIGURA 4. ISÓMEROS CIS Y TRANS.

Es la configuración cis la característica en los ácidos grasos de origen natural que no han sufrido ningún procesado o alteración química, mientras que los isómeros trans no son comunes en aceites y grasas naturales, estos suelen aparecer tras someter a las grasas a procesos como extracción, refinado, almacenamiento o hidrogenación.

En todos los alimentos hay mezcla de ácidos grasos, pero según la familia y el origen suelen predominar unos u otros. Los alimentos de origen vegetal y los pescados tienen una mayor proporción de ácidos grasos insaturados mientras que en los alimentos de origen animal predominan los ácidos grasos saturados. Este grado de saturación influye directamente en la solidez de los productos, de ahí que las grasas animales tengan generalmente una apariencia sólida mientras que las grasas de origen vegetal suelen presentarse en estado líquido. Alimentos como carnes y lácteos tienen ácidos grasos insaturados. Pescados, frutos secos y la mayoría de aceites vegetales poseen en mayor proporción ácidos grasos poliinsaturados. En alimentos como aceite de oliva y aguacate predominan los ácidos grasos monoinsaturados.

A continuación, los ácidos grasos más comunes:

Nombre sistemático	Abreviatura	Nombre común	Origen típico
SATURADOS:			
Butanoico	4:0	Butírico	Mantequilla
Hexanoico	6:0	Capríco	Mantequilla
Octanoico	8:0	Caprílico	Aceite de coco
Decanoico	10:0	Cáprico	Aceite de coco
Dodecanoico	12:0	Láurico	Aceite de coco
Tetradecanoico	14:0	Mirístico	Mantequilla, aceite de coco
Hexadecanoico	16:0	Palmitico	La mayoría de grasas y aceites
Octadecanoico	18:0	Esteárico	La mayoría de grasas y aceites
Eicosanoico	20:0	Araquídico	Aceite de maní
Docosanoico	22:0	Behénico	Aceite de maní
INSATURADOS:			
Monoinsaturados:			
9-Decenoico	10:1	Caproleico	Mantequilla
9-Doceenoico	12:1	Lauroleico	Mantequilla
9-Tetradecenoico	14:1	Miristoleico	Mantequilla
9-Hexadecenoico	16:1	Palmitoleico	Algunos aceites de pescado, grasa de vacuno
9-Octadecenoico	18:1	Oleico	La mayoría de grasas y aceites
9-Octadecenoico	18:1	Elaídico	Mantequilla
11-Octadecenoico	18:1	Vaccénico	Mantequilla
9-Eicosanoico	20:1	Gadoleico	Manteca de cerdo
13-Docosanoico	22:1	Erúxico	Aceite de canola
Poliinsaturados:			
9,12-Octadecadienoico	18:2	Linoleico	La mayoría de grasas y aceites
9,12,15-Octadecatrienoico	18:3	Linolénico	Aceites de soya y canola
5,8,11,14-Eicosatetraenoico	20:4	Araquidónico	Algunos aceites de pescado
5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico	20:5	EPA	Algunos aceites de pescado
4,7,10,13,16,19- Docosahexaenoico	22:6	DHA	Algunos aceites de pescado

FIGURA 5. ÁCIDOS GRASOS SATURADOS E INSATURADOS MÁS COMUNES.

CAPÍTULO 3:

MARGARINA Y SALUD

CAPÍTULO 3: MARGARINA Y SALUD

Desde su origen en el año 1869 la margarina ha vivido una gran evolución como producto, en sus inicios surgió como un alimento económico que pudiera sustituir a la mantequilla y que sirviera como fuente de energía para las clases más humildes, ya que hasta entonces los aceites y grasas eran productos a los cuales sólo tenían acceso las élites. Para su fabricación en aquel tiempo se utilizaron grasas de todo tipo predominando las de origen animal por ser estas más consistentes y manejables, en aquel momento no se sabía cómo endurecer los aceites y las grasas líquidas a pesar de ser más económicas. Se cree que la receta original elaborada por Mège-Mouries consistía en una mezcla de sebo de vaca, agua y leche todo ello emulsionado con un componente alcalino obteniéndose un producto untable y de consistencia parecida a la de la mantequilla.

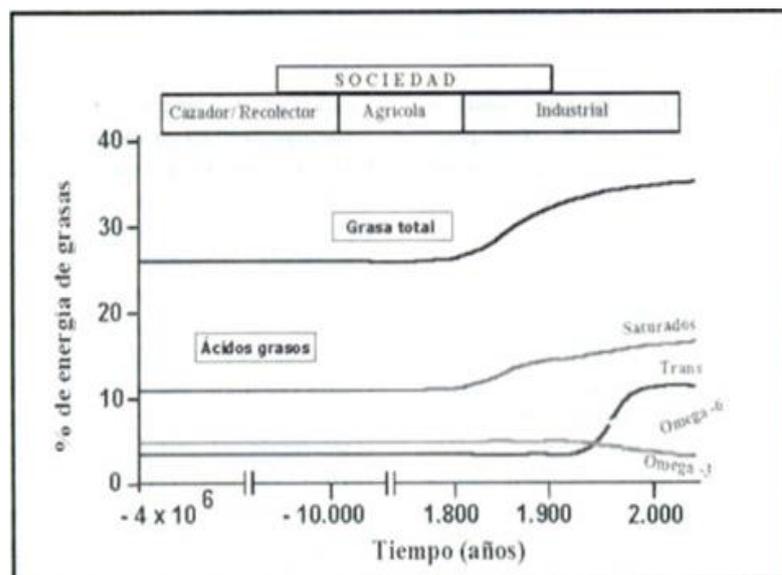


FIGURA 6. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE GRASAS EN EL TIEMPO.

A principios del siglo XX el proceso de fabricación de la margarina cambió significativamente ya que surgió un nuevo proceso llamado hidrogenación, creado por el químico alemán Wilhelm Norman, el cual permitía solidificar los aceites y grasas vegetales, líquidos por naturaleza, y así obtener un producto manejable de consistencia similar a la mantequilla. De esta manera se abrió el abanico de ingredientes grasos que podían ser utilizados en la fabricación de la margarina.

Durante la primera mitad del siglo XX el consumo de grasas en todo el mundo se extendió notablemente, la industria alimentaria las producía de manera sencilla y eran incluidas en muchos alimentos por las características que les proporcionaban, como por ejemplo en masas de hojaldre, pan de molde o bollería industrial. En todo este tiempo se utilizó la grasa como una simple fuente de energía metabólica para el organismo basándose su producción en un proceso de hidrogenación en el cual las moléculas, que en origen son insaturadas, pierden los dobles enlaces al incorporar los átomos de hidrógeno a la cadena convirtiéndose en saturadas y además las moléculas que permanecen insaturadas cambian la configuración del doble enlace, por naturaleza cis, a trans. Por lo tanto, se genera un tipo de grasa con un elevado contenido de ácidos saturados y de ácidos insaturados trans.

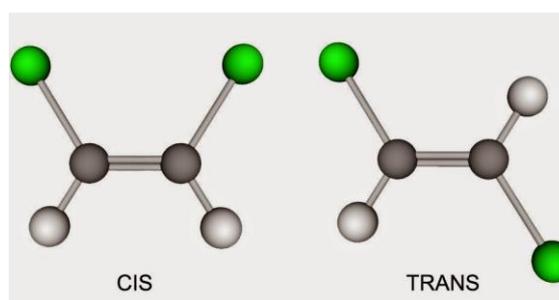


FIGURA 7. ÁCIDO CIS Y TRANS.

Fue a mediados del siglo pasado cuando las investigaciones llevadas a cabo por la comunidad científica y las organizaciones de la salud evidenciaron la importancia de los lípidos en una nutrición sana más allá de su función energética. Por un lado, se descubrió que algunos ácidos grasos que proporcionan ciertas grasas no pueden ser sintetizados por el propio organismo humano si no que deben ser incorporados a través de la alimentación. Se les conoce como ácidos grasos esenciales: son necesarios y no puede ser sintetizados por el cuerpo. El organismo no tiene las enzimas necesarias para generar dobles enlaces en las posiciones 3 y 6 del ácido graso, es decir, familia omega 3- ω 3 y omega 6- ω 6, es por esto que en la dieta debemos incorporar ácido graso alfa-linolénico (C 18:3 n-3) y linoleico (C 18:2 n-6) presentes en ciertas grasas vegetales.

Por otro lado, se puso de manifiesto el peligro que supone para la salud un consumo elevado de grasas saturadas y trans ya que puede desembocar en

enfermedades cardiovasculares. Tanto las saturadas como las trans producen un incremento del colesterol-LDL, que cuando existe en exceso puede depositarse en las arterias, sin embargo, los trans también reducen el nivel de colesterol-HDL que se encarga de regular los niveles en sangre transportando el colesterol que sobra hasta el hígado, un efecto del todo indeseable. Tras conocer los efectos que las grasas trans producían en el organismo, la industria optó por eliminarlas de la margarina pasando de niveles entre 1% y 17% a cifras significativamente inferiores en torno al 1-2%.

Por todo lo anteriormente expuesto los Comités Internacionales de Nutrición y Alimentación convocados por la Organización Mundial de la Salud han establecido que las grasas en la dieta de una persona adulta no deben aportar más del 30% de las calorías totales consumidas. De este 30% recomiendan que: algo menos de un 10% lo aporten ácidos grasos saturados (AGS), 10% ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y una cantidad inferior a 10 % lo aporten ácidos grasos poliinsaturados (AGPI). Ahora del 10% correspondiente a los AGPI la relación entre omega-6 y omega-3 debería estar en un rango de 5:1 y 10:1. Todo ello junto con los valores en la situación actual queda reflejado en la imagen.

Componente	Objetivo nutricional	Situación actual
Grasas totales (% energía)	30-35%	39%
Ácidos grasos saturados (% energía)	7-8% energía	12% energía
Ácidos grasos monoinsaturados (% energía)	13-18% energía	19% energía
Ácidos grasos poliinsaturados (% energía)	< 10% energía	7% energía
ω -6 Ácido linoleico	2-6% energía	6,5%
ω -3 Ácidos grasos trans	0,2-2 g/día <2% energía	0,1-1 g/día 2% energía
Colesterol	< 300 mg/día < 100 mg/1.000 kcal	Variación individual

FIGURA 8. COMPARACIÓN ASPECTOS NUTRICIONALES.

Por todo ello, podemos concluir que desde su nacimiento la margarina ha evolucionado notablemente junto con toda la industria alimentaria de las grasas y aceites y que esta evolución tanto en procesos como en componentes ha ido marcada por la búsqueda de un producto más saludable. En la actualidad hay una gran diversidad de margarinas en el mercado, la gran mayoría tienen como objetivo ser un alimento para todos los públicos que proporcione la energía necesaria y que sirva para cuidar el organismo favoreciendo el funcionamiento del sistema cardiovascular.

CAPÍTULO 4:

PROPIEDADES DE LA MARGARINA

CAPÍTULO 4: PROPIEDADES DE LA MARGARINA

4.1 PROPIEDADES SENSORIALES

Lo primero que puede observar el consumidor al encontrarse con la margarina es la apariencia. Por lo que, en primer lugar, esta debe tener un buen color. En un principio se deseaba un color amarillo que fuera parecido al de la mantequilla fresca, sin embargo, esta percepción del color puede ser distinta según el país, por lo que el rango de colores es relativamente amplio. Otro aspecto importante en la apariencia de la margarina es la textura, esta ha de ser suave, cremosa, sin granos y que no parezca grasienta. Es deseable que cuando el consumidor extienda la margarina sobre un pedazo de pan esta tenga una buena “untabilidad”, es decir, debe ser lo suficientemente suave como para ser extendida con facilidad sin romper la rebanada en pedazos.



FIGURA 9. MARGARINA UNTADA.

Es importante también que la margarina tenga un buen sabor y una buena sensación en boca. En Europa y muchas partes del mundo el sabor deseado, al igual que el color, es el de la mantequilla fresca, pero en Sudamérica, por ejemplo, se desean sabores afrutados. En los últimos años se ha avanzado mucho en el uso de saborizantes naturales, sin embargo, antiguamente el sabor muchas veces se conseguía a base de saborizantes sintéticos.

La sensación en boca es el reflejo de los cambios físicos que tienen lugar cuando la margarina es introducida en la boca, se descompone y se derrite bajo la acción de los dientes, la lengua y se mezcla con la saliva en la boca. Esta sensación puede ser suave o irregular. Es deseable que la margarina se deshaga completamente en la boca y que dé una sensación suave y fina. El patrón de liberación del sabor también se ve afectado por la forma en que se descompone la margarina, liberando los componentes de sabor al paladar a diferentes ritmos lo que a su vez puede influir en la sensación de sabor que percibe el consumidor.

Todos estos efectos pueden ser relacionados, en teoría al menos, con las propiedades físicas de la margarina. Sin embargo, no es posible medirlos directamente con los instrumentos de laboratorio.

Para poder evaluar las propiedades sensoriales se suelen realizar test por expertos en el producto o catadores oficiales. Se pueden evaluar en una escala absoluta con respecto a parámetros sensitivos relevantes o de una manera comparativa. En todos estos test el producto se presenta al catador en blanco, sin la marca, o también con el envase original del producto.

.

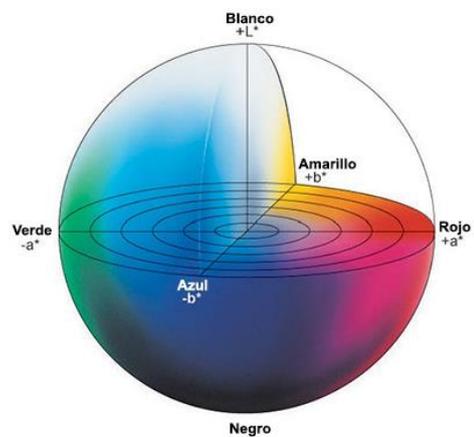
4.2 PROPIEDADES ANALÍTICAS

Son aquellas que se pueden medir con instrumentos de laboratorio.

4.2.1 COLOR

FIGURA 10. ESPACIO DE COLOR L-A-B.

La medida del color de la margarina se define mediante un concepto que establece que cualquier color puede ser especificado en tres colores primarios: rojo, amarillo y azul. En la práctica, se hace pasar la luz reflejada desde la superficie de una muestra de margarina a través de unos filtros basados en los tres colores primarios. Entonces el color se define según la densidad de los filtros de color utilizados para que se produzca una coincidencia. Los instrumentos de medición digital actuales utilizan la escala de color L-a-b para expresar el color de la muestra. L de negro a blanco, a de verde a rojo y b de azul a amarillo.



El color de la margarina depende tanto de las materias primas utilizadas para su elaboración como de los colorantes añadidos.

4.2.2 BRILLO

El brillo es la medida de la eficiencia con la cual la luz es reflejada desde la superficie de una margarina. La margarina se comporta como una superficie brillante, es decir, una porción de la luz es reflejada a lo largo del ángulo de incidencia y otra porción se dispersa por la superficie. El brillo puede medirse comparando la intensidad de la luz incidente con la de la luz reflejada en diversos ángulos y va a depender de la naturaleza física de la margarina, de la proporción entre fase sólida y líquida.

4.2.3 PROPIEDADES DE FUSIÓN

Son las responsables de muchas de las características sensoriales de la margarina y vienen dadas por las propiedades de cada una de las grasas que compone la mezcla. Una mezcla de grasas se compone de cantidad de glicéridos, cada uno con sus propias características, interactuando entre sí dando lugar a un producto que no tiene un marcado punto de fusión, sino más bien un ablandamiento gradual en una amplia gama de temperaturas.

4.2.4 REOLOGÍA

Las propiedades reológicas de la margarina tienen una gran importancia en la opinión y el gusto del consumidor. Para evaluarlas se utiliza un sistema simple de penetración, se introduce un punzón en la margarina en condiciones estándar el cual registra la fuerza que realiza la margarina contra el punzón dando como resultado una curva de valores que permite estimar parámetros reológicos de la margarina tales como la dureza, la fragilidad, la untabilidad o la resiliencia. Todos estos parámetros dependen tanto de la viscosidad de los componentes líquidos de la mezcla como de la rigidez y tamaño de los cristales de la grasa sólida.

4.2.5 TAMAÑO DE LA GOTA

En la margarina, la fase acuosa se encuentra dispersa en la fase grasa en forma de pequeñas gotas con un tamaño máximo de 100 μm estando el promedio entre 3-10 μm . El tamaño de la gota es un factor determinante. La mayoría de los microorganismos sólo pueden desarrollarse en entornos acuosos y su crecimiento a través del producto puede ser inhibido si el tamaño de la gota es suficientemente pequeño.

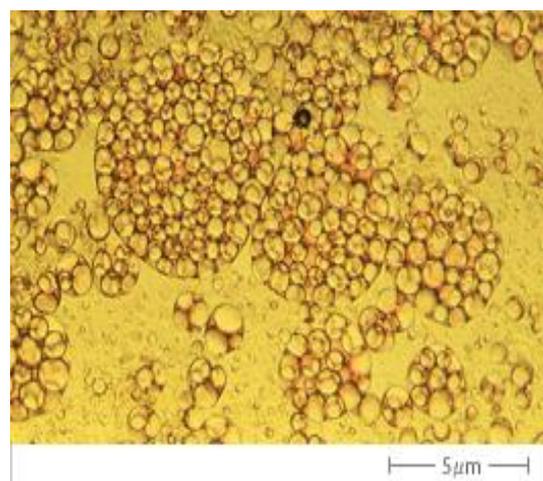


FIGURA 11. EMULSIÓN DE MARGARINA A NIVEL MICROSCÓPICO.

4.2.6 LIBERACIÓN DE SAL

El test de liberación de sal proporciona una idea de cómo se va a deshacer la margarina en la boca. El test se realiza colocando una muestra de margarina en un tanque con agua y dos electrodos para medir la conductividad del agua. Entonces se sube la temperatura haciendo que la fase acuosa se separe de la fase grasa y de esta manera se libere sal. Como resultado de este incremento de la temperatura, también se produce un incremento de la conductividad del agua. Para una margarina convencional es deseable que este incremento de la conductividad se produzca con temperaturas que estén en un rango de 33-37 °C que es aproximadamente la temperatura de la boca, si se produce a temperaturas superiores como por ejemplo 40 °C la margarina en la boca dará una sensación grasienta y cerosa.

4.3 CRISTALIZACIÓN

Las grasas son polifórmicas, es decir, tiene la capacidad de cristalizar en distintas formas. De esta manera de cristalizar van a depender las características del producto final. Los triglicéridos en la mayoría de los casos cristalizan en tres formas distintas: alfa (α), beta (β) y beta prima (β'). La evolución normal es $\alpha \rightarrow \beta' \rightarrow \beta$. La transformación de una a otra es irreversible salvo que se caliente y vuelva a cristalizar. En el estado sólido se puede dar la transformación de una a otra sin necesidad de aplicar calor, esta transformación siempre será hacia un estado más estable buscando una forma cristalina más compacta y el estado termodinámico más bajo posible. En una misma grasa pueden existir diferentes polimorfismos.

Generalmente cuando se enfría una mezcla de grasas se forman cristales α , pero como esta forma no es estable en los triglicéridos, la transformación avanza y se forman cristales β' . Posteriormente en algunos casos los cristales β' se transforman lentamente a β . El tiempo de transformación de una grasa a otra depende de la composición de los triglicéridos, así como de la presencia de diglicéridos en la mezcla.

CAPÍTULO 5:

INGREDIENTES

CAPÍTULO 5: INGREDIENTES

5.1 MEZCLA DE GRASAS

Como ya sabemos la margarina es una emulsión agua-aceite en la cual la fase líquida se encuentra dispersa en finas gotas en la fase grasa continua. El ingrediente mayoritario de la fase grasa, la mezcla de grasas, consiste en una mezcla de diferentes grasas y aceites. Para alcanzar las características deseadas en el producto final se debe hacer una correcta elección de los componentes de esta mezcla. El objetivo es obtener un producto que en un amplio rango de temperaturas (5 a 40 °C) tenga una cierta parte sólida.

Para la formulación de esta mezcla de grasas se realiza una combinación de tres grupos distintos caracterizados según su punto de fusión: aceites líquidos, grasas semisólidas y parte dura o hardstock. Esta última parte, conocida como hardstock, son grasas que bien de manera natural o tras haber sido sometidas a procesos de hidrogenación o interesterificación tiene un punto de fusión elevado y son sólidas a temperatura ambiente. Su función es formar una red de cristales de grasa entre el resto de aceites líquidos para proporcionar una cierta rigidez. Estos cristales líquidos pueden formar complejas estructuras que van desde estructuras laminares de moléculas de triglicéridos, a nanoplaquetas ensambladas a partir de estas estructuras laminares hasta esferulas compuestas de nanoplaquetas.

Lo ideal en una margarina de buena untabilidad es que estas grasas duras o hardstock se derritan a la temperatura de la boca o de lo contrario dará una sensación grasienta. Sin embargo, se puede llegar a admitir que una pequeña parte (2%) tengan un alto punto de fusión sin que el efecto sea muy llamativo. Incluso es deseable que exista esta parte con alto punto de fusión ya que favorece el proceso de cristalización de la parte sólida y otorga buenas propiedades reológicas a la margarina en un amplio rango de temperaturas. En las margarinas que se utilizan para cocinar el contenido de grasa con alto punto de fusión es mayor que en las convencionales.

A la hora de elegir los componentes de la mezcla se buscan grasas con diversos puntos de fusión ya que de esta manera se asegura que en un amplio rango de temperaturas la parte sólida será considerable. De la misma manera se evitan componentes que tengan características indeseables a la hora de cristalizar

como por ejemplo una cristalización lenta que da lugar a un crecimiento excesivo de cristales sólidos como consecuencia de procesos mecánicos. Este fenómeno da lugar a margarinas con una textura dura, quebradiza y arenosa, suele estar asociado en muchos casos al aceite de palma.

A parte de estas consideraciones y de los aspectos nutricionales, uno de los aspectos clave en la elección de los componentes de la mezcla es el coste y la formulación del producto se llevará a cabo a partir de los productos que sean económicamente atractivos en ese momento.

El proceso de formulación de la mezcla se ayuda de modelos empíricos basados en grandes conjuntos de datos experimentales que relacionan una amplia gama de mezclas de materias primas con la temperatura. De esta manera se pueden preparar distintas mezclas que se encuentren dentro del área de validez del modelo y que no existen en la realidad y así formular la mezcla de los componentes en base a la disponibilidad y al costo.

Existe un concepto llamado blendflex que es de relevancia a la hora de la formulación de la mezcla, implica que se pueden alcanzar las características y propiedades deseadas en el producto a través de diferentes aceites y grasas que se consideran intercambiables, dependiendo su uso de la disponibilidad y del precio en el momento. De esta manera los costes de fabricación de la margarina pueden mantenerse lo más bajos posibles, pero manteniendo las características deseadas tales como dureza, untabilidad o fusión y también el valor nutricional.

En el mundo hay gran variedad de aceites y grasas que pueden servir para la fabricación de la margarina cada uno de ellos aporta unas características y propiedades distintas al producto.

	Energía (kcal)	MG* (g)	AGS* (g)	AGM* (g)	AGP* (g)	Vitamina E* (mg)
Oliva	900	100	13,5	73,7	8,4	12,4
Girasol	899	99,9	11,9	20,2	63,3	48,7
Soja	899	99,9	14,1	20,5	60,5	10,1
Colza	900	100	7	58,9	29,6	20,95
Cacahuete	899	99,9	18,8	47,8	28,5	17,2
Maíz	900	100	12,7	24,2	58,7	17,2
Algodón	900	100	25,9	17,8	51,9	38,26
Palma	900	100	49,3	37	9,3	21,76
Sésamo	900	100	14,2	39,7	41,7	4,09
Germen de trigo	899	99,9	18,8	15,1	61,7	215,4
Pepita de uva	899	99,9	12,2	15,6	66,7	32

MG: materia grasa; AGS: ácidos grasos saturados; AGM: ácidos grasos monoinsaturados; AGP: ácidos grasos poliinsaturados.

* Expresado en porcentaje.

FIGURA 12. COMPOSICIÓN DE ACEITES DE ORIGEN VEGETAL.

5.1.1 ACEITE Y GRASA DE PALMA

El aceite de palma es producido a partir del fruto de la planta de palma la cual crece en climas tropicales sobretodo en Indonesia y en Malasia. Es un aceite ampliamente utilizado por su alta disponibilidad y bajo costo muy rico en antioxidantes naturales. Una importante cualidad es que tiene una gran estabilidad de oxidación y es rico en ácidos grasos saturados.



FIGURA 13. ACEITE DE PALMA.

La grasa de palma es similar al aceite, aunque con un punto de fusión más bajo. Ambos se utilizan como hardstock en la formulación de la margarina tras haber sido sometidos a un fraccionamiento para extender su rango de uso.

5.1.2 ACEITE DE SOJA

Es el de mayor uso y producción en todo el mundo. Se caracteriza por su alto contenido en ácido linolénico (omega 3) lo cual hace que tenga una baja estabilidad de oxidación. Para mejorar sus propiedades suele ser sometido a procesos de refinación y posterior hidrogenación.

5.1.3 ACEITE DE COLZA

El aceite de colza es muy rico en ácido erúcico de la familia omega 9 y su elevado consumo se ha asociado a problemas de salud por lo que en Canadá se desarrolló una variedad con un bajo contenido de este ácido, este se conoce como aceite de canola.

El aceite de canola es conocido como uno de los aceites más sanos que existen, es rico en ácido omega 3 y omega 6 y es una buena fuente de vitamina E.

5.1.4 ACEITE DE GIRASOL

Procede de la semilla de la planta de girasol, una planta originaria de América y que fue introducida en España por los colonizadores en un principio con fines ornamentales. Posteriormente se descubrieron sus características nutricionales ya que proporciona un aceite con un elevado contenido en ácido grasos poliinsaturados destacando el ácido linoleico (omega 6). Posteriormente se han desarrollado variedades con un mayor contenido en ácidos grasos monoinsaturados, como el oleico, y menor en poliinsaturados para mejorar sus características de oxidación.



FIGURA 14. ACEITE DE GIRASOL.

5.1.5 ACEITE DE LINAZA

Es el aceite extraído de la semilla de la planta del lino. Se caracteriza por su alto contenido en ácido linolénico (50-60%) como ya sabemos un ácido graso de la familia omega 3 muy deseable por su valor nutricional. Debido a su alto nivel de insaturación se puede oxidar con facilidad por lo que se debe tener cuidado durante su utilización. Durante los últimos años su uso ha crecido notablemente y se suele usar en mezclas con un alto contenido de hardstock.

5.1.6 ACEITE DE OLIVA

Es un aceite típicamente mediterráneo obtenido a partir de la oliva. Aunque su uso es más común en la cocina, en la industria y particularmente en la producción de margarina también suele utilizarse por las buenas características que aporta. Es un aceite rico en ácido oléico y antioxidantes naturales que proporciona un buen sabor y estabilidad al producto.



FIGURA 15. ACEITE DE OLIVA.

	C14:0	C16:0	C18:0	C16:1	C18:1	C18:2	C18:3
Girasol	0,09	9,53	2,83	0,71	72,59	7,68	0,72
Soja	0,10	6,20	4,30	0,10	20,20	63,20	0,10
Colza	Tr	4,20	1,50	0,20	57,60	19,70	9,60
Cacahuete	Tr	10,90	3,20	Tr	43,30	28,50	0
Maíz	0,09	9,90	1,84	0,16	23,80	57,67	1,03
Algodón	0,80	22,40	2,50	0,78	16,92	50,10	0,10
Palma	1	41,80	4,60	Tr	37	9,03	0,27
Sésamo	Tr	8,60	5,10	0,10	39,38	41,41	0,29
Germen de trigo	Tr	17,20	0,90	0,18	13,92	55,10	5,30
Pepita de uva	0,06	6,85	3,90	0,08	15,52	67,40	0,30
Cártamo	0,10	6,60	2,30	0,10	11,40	73,90	0,10

Tr: trazas.

FIGURA 16. PORCENTAJE DE ÁCIDOS GRASOS ENCONTRADOS EN ACEITES VEGETALES.

5.2 AGUA

Es el componente principal de la fase acuosa la cual supone entre un 15% y un 20% del total de la margarina. Su función principal es ser portadora de los sabores y ser el medio al cual se añadan el resto de componentes de la fase acuosa.

El agua debe ser una calidad apta para su consumo, de no ser así, antes de ser incorporada al proceso debe ser sometida a tratamiento con filtros.

5.3 SAL

La sal cumple dos importantes funciones en la margarina, por un lado, evita el posible crecimiento de bacterias en el producto y por otro lado incrementa el sabor. Se sabe que en cualquier producto la sal hace que se potencie el sabor, de hecho, aunque el resto de saborizantes en la mezcla estén en la adecuada proporción si no se añade sal a la margarina esta puede quedar plana y sin sabor. Los gustos en cuanto al punto de sal varían según la zona, por ejemplo, mientras que en Estados Unidos se consumen margarinas con un alto contenido en Europa se prefieren bajas en sal. Además, en la margarina utilizada para freír la sal ayuda a evitar las salpicaduras.

Para la fabricación de la margarina se busca una sal de gran pureza, con bajo contenido de calcio y magnesio, y el contenido de cobre ha de ser menor de 1 p.p.m. Debe ser capaz de disolverse rápidamente en la fase acuosa. La sal marina tiene buena aceptación por sus características naturales.

5.4 EMULSIONANTES

5.4.1 LECITINA

Es un producto derivado de la extracción del aceite mezcla natural de fosfolípidos, glicolípidos, azúcares, triglicéridos y ácidos grasos. Tiene una importancia función en la elaboración de la margarina ya que actúa como agente tensoactivo disminuyendo la tensión superficial entre el agua y el aceite, de esta manera la mezcla entre ambos se hace posible. También es un aditivo antioxidante que mejora las propiedades de amasado y retrasa el endurecimiento de productos horneados. En la margarina que se utilizan para

cocina, este descenso de la tensión superficial hace que al echar margarina en una sartén la grasa y el agua no se separen pudiendo causar pequeñas explosiones. Gracias a la lecitina, al depositar la margarina en la sartén se forma una mezcla que actúa de manera similar a la mantequilla natural, espuma y suelta la humedad sin salpicaduras.

Probablemente, el primer agente emulgente en la fabricación de la margarina fuera la yema de huevo según una patente alemana del año 1884, su uso se extendió notablemente por Europa y no así por Estados Unidos. Posteriormente gracias a los métodos de extracción de lecitina vegetal desde aceites se comenzó a utilizar lecitina extraída de plantas como la soja, el maíz o el girasol.

Químicamente es una sustancia conocida como anfótera. Lo cual significa que la misma molécula puede unirse a sustancias de naturaleza grasa y a sustancias de naturaleza acuosa. Esta es la propiedad que le permite unir la fase grasa y la fase acuosa en la margarina.

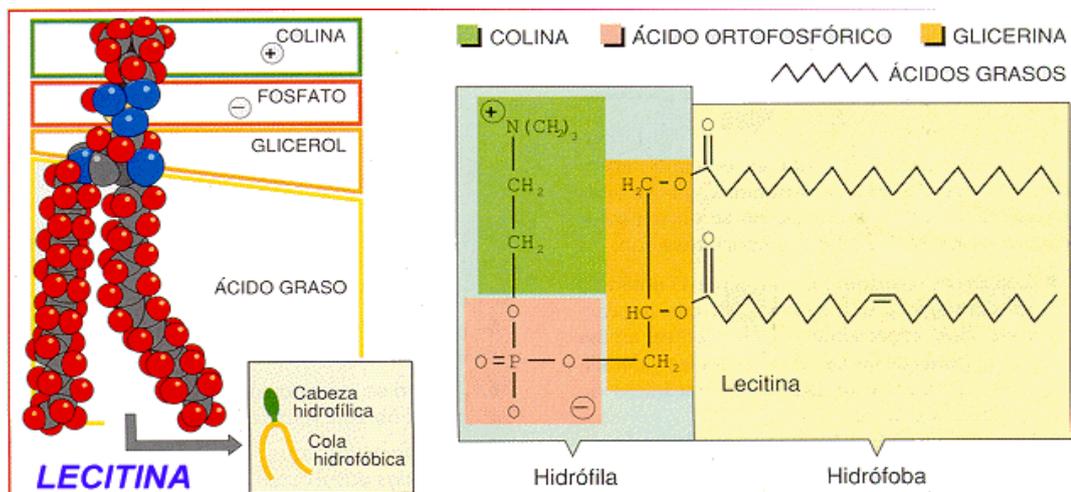


FIGURA 17. ESTRUCTURA DE LA LECITINA.

El carácter no polar de la molécula se lo confieren residuos de ácidos grasos de cadena larga y el carácter polar de la misma proviene de la unión del ácido fosfórico y la colina.

En la industria se desea que la lecitina tenga una viscosidad lo suficientemente baja como para poder mezclarse fácilmente con el aceite. Para añadirla a la fase grasa, previamente se mezcla con una cantidad igual de aceite reduciendo así su viscosidad.

También debe tener estabilidad en cuanto al sabor se refiere, ya que, aunque se utilice en cantidades menores al 0,5 una lecitina de baja calidad puede provocar un sabor a pescado o grasa. A pesar de que el color es de relativa poca importancia, algunos fabricantes piensan que una lecitina blanqueada es

algo más estable en cuanto a sabor y tiene un mejor comportamiento. Dependiendo del fabricante, se suele utilizar en porcentajes que van desde 0,10 % a 0,50%. La norma de alimentación prohíbe su uso por encima de un 0,50%.

5.4.2 MONOGLICÉRIDOS Y DIGLICÉRIDOS

La margarina cuando no tiene un agente emulsionante tiende a exudar la humedad durante el almacenamiento. Con una fina dispersión de la fase acuosa en el aceite hay menos tendencia a este fenómeno y en este caso la lecitina es bastante eficaz.

Sin embargo, la lecitina es mucho menos eficaz que los monoglicéridos y los diglicéridos aunque en las mezclas se utiliza una combinación de todos ellos. Los monoglicéridos y diglicéridos tienen la capacidad de ligar y emulsinar grandes cantidades de agua.

Su extracción se realiza por diversos métodos como por ejemplo destilación desde glicéridos mixtos, en este método se desea destilar la mayor cantidad de monoglicéridos posible por considerarse estos más efectivos. Otra manera de obtenerlos es como derivados del sulfato de sodio, los monoglicéridos y diglicéridos obtenidos de esta manera tienen buenas cualidades para cocina por evitar las explosiones.

5.5 LECHE Y DERIVADOS

Para potenciar el sabor se añaden proteínas lácteas, tales como leche desnatada en polvo, polvo de suero de leche, polvo de crema o polvo de leche de mantequilla dulce, a la fase acuosa tras haber sido pasteurizadas y maduradas con bacterias de ácido láctico. Aunque estas proteínas actúan contra el sistema emulsionante agua-aceite de la margarina, ayudan a la liberación del sabor de manera significativa.

5.6 VITAMINAS

A raíz del descubrimiento de la importancia de las vitaminas en la dieta y viendo que la mayoría de las grasas que componen la mezcla carecen de estas vitaminas, a la margarina se le añaden vitaminas liposolubles (A, D, E) e hidrosolubles (B6 y B12) para reforzar su poder nutricional.

5.6.1 VITAMINA A

Es una vitamina liposoluble que se encuentra en el tejido animal de mamíferos y peces y se presenta en diferentes estructuras. Tiene importantes funciones biológicas en la vista, piel y huesos.

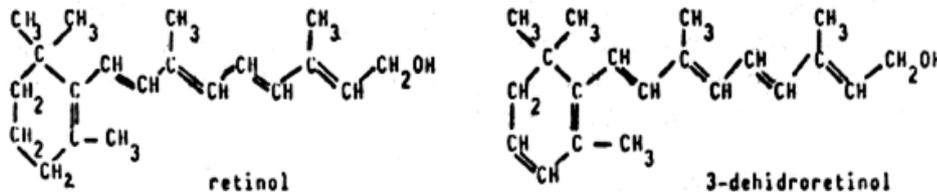


FIGURA 18. VITAMINA A.

Originalmente se proporcionaba la vitamina A a la margarina obtenida a partir de algunos peces con el problema del mal olor y sabor. Posteriormente la industria consiguió sintetizar vitamina A de gran pureza sin olor ni sabor, este hecho junto con el menor precio y mayor disponibilidad hizo que actualmente todas las margarinas del mercado incorporen vitamina A sintetizada.

5.6.2 VITAMINA D

Es otra vitamina liposoluble que únicamente se encuentra en el tejido animal, es producida en la piel gracias a la radiación U.V. Juega un papel esencial en el metabolismo del calcio y del fósforo en los animales.

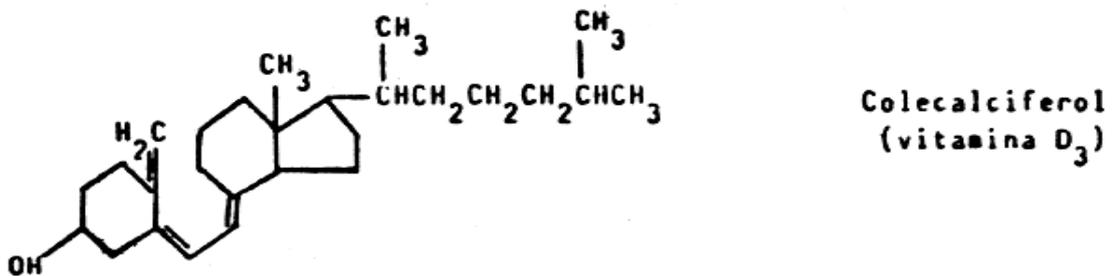


FIGURA 19. VITAMINA D.

Al igual que con la vitamina A muchos países establecen un contenido mínimo de vitamina D en la margarina para asegurar su calidad.

5.6.3 VITAMINA E

También hidrosoluble la vitamina E o tocoferol es una vitamina muy presente en aceites vegetales no así en grasas animales. La margarina hecha a partir de aceites vegetales es una fuente excepcional de esta vitamina. Los niveles de vitamina E en la margarina convencional suelen estar en torno a 20 mg por 100 g de producto.

5.6.3 VITAMINA B6

Es una vitamina hidrosoluble que se encuentra en el tejido animal, se presenta en tres formas posibles: piridoxal, piridoxol y piridoxamina.

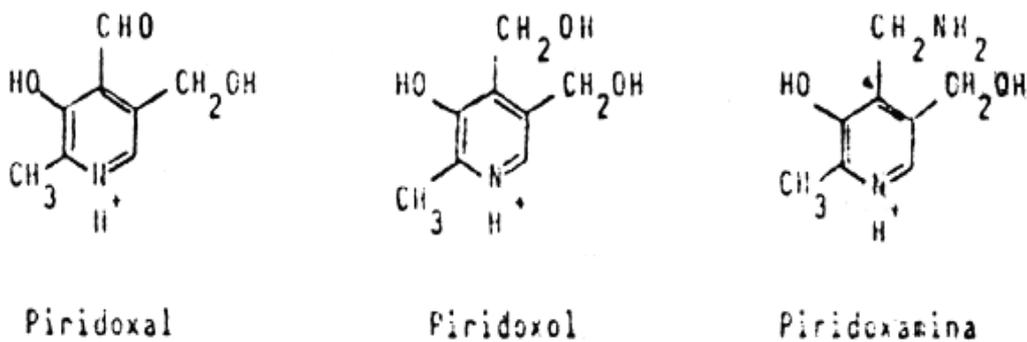


FIGURA 20. VITAMINA B6.

En el organismo juega un papel vital en el metabolismo proteínico y en de los carbohidratos.

5.6.4 VITAMINA B12

Es otra vitamina hidrosoluble que se añade a la margarina pensado en personas que siguen una dieta estricta vegetal ya que esta vitamina se encuentra normalmente en alimentos de origen animal.

Su ausencia en el organismo puede provocar dolores de cabeza y problemas estomacales.

5.7 GELATINAS

En algunas margarinas y con el propósito de evitar una mala sensación en la boca, se añade gelatina para estabilizar la fase acuosa aumentando la viscosidad del agua. En función del tipo de margarina se añade entre un 3 y un 15 %. Se suele utilizar gelatina obtenida del tejido colágeno la cual debe contener al menos un 15% de nitrógeno y menos de 3,5 % de cenizas.

5.8 SABORIZANTES

Son importantes para cualquier tipo de margarina ya que en gran medida son los responsables del sabor que percibe el consumidor. Desde su origen se ha buscado que el sabor de la margarina sea lo más parecido posible al de la mantequilla natural. La industria ha dedicado importantes esfuerzos para descifrar cuales son los componentes naturales que dan el sabor a la mantequilla. Actualmente, cada marca tiene su propia combinación cuidadosamente guardada.

Como ya se ha dicho anteriormente la leche desnatada, tras haber sido madurada con bacterias de ácido láctico, también se utiliza como saborizante al igual que ocurre con la sal.

En función de la región geográfica se pueden añadir otro tipo de saborizantes naturales o artificiales tales como crema, dulce, mantecoso, vainilla o afrutado.

5.9 ANTIOXIDANTES

Se suelen añadir para alargar la vida útil del producto ya que estas sustancias ralentizan la velocidad de oxidación. La función de los antioxidantes es capturar o liberar radicales libres para evitar la cadena de reacciones que da lugar a la oxidación.

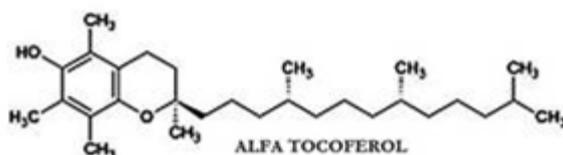


FIGURA 21. ALFA TOCOFEROL.

Los más utilizados con tocoferoles de origen natural o sintético, aunque a veces también se utilizan compuestos sintéticos tales como hidroxitolueno butilado (BHT), hidroxianisol butilado (BHA), hidroxilamina terciaria (TBHQ), ácido ascórbico y palmitato ascórbico.

5.10 COLORANTES

Se utilizan para dar el color deseado a la margarina, este varía según la zona geográfica, en Europa el cliente demanda una margarina de color claro mientras que en los Estados Unidos se desea una margarina con un marcado color amarillo similar al de la mantequilla. Para tal cometido se utilizan colorantes naturales y artificiales.

5.10.1 ANNATO

Es un colorante natural extraído de la semilla de la planta Bixa Orellana que crece en zonas de Sudamérica. De su extracción se obtienen dos compuestos: Bixin (C₁₆ H₂₆ O₂) de color anaranjado y con dificultad para disolverse en aceites vegetales y el otro componente es una mezcla amorfa de carotenoide-xantofila de color amarillo. Ambos se pueden mezclar en las proporciones adecuadas para dar el color deseado a la margarina.

5.10.2 CAROTENO

Es uno de los colorantes naturales preferidos ya que otorga un color amarillo muy parecido al de la mantequilla. Se puede extraer de diferentes plantas entre las que destacan la alfalfa, el aceite de palma y las zanahorias.

El caroteno se puede presentar en tres formas isómeras: α -caroteno, β -caroteno y γ -caroteno. Las formas α y β se suelen encontrar juntas predominando la β y la γ se encuentra en porcentajes menores. Todas ellas favorecen la formación de la vitamina A aunque la β lo hace doblemente. Este rasgo hace que esta forma sea la más utilizada como colorante en las margarinas.

5.11 ACIDULANTES

Tienen como objetivo regular el pH para evitar la posible actividad biológica en la margarina. Este control es aún más necesario en las margarinas con un mayor contenido acuoso pues es en este medio donde se puede dar el crecimiento de hongos y bacterias. El que se utiliza normalmente en la fabricación de la margarina es el ácido cítrico.

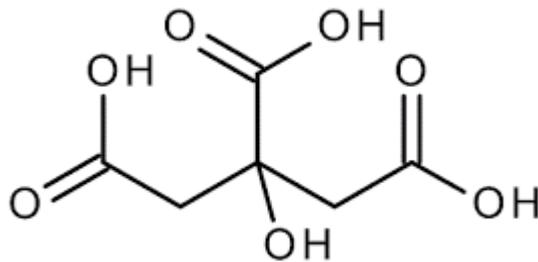


FIGURA 22. ÁCIDO CÍTRICO.

5.12 CONSERVANTES

Evitan el deterioro de la margarina por la acción de microorganismos y alteraciones químicas o bioquímicas. Como ya se dijo antes el conservante más común es la sal, aunque en algunos casos también se añaden benzoatos, sorbatos o tetra-acetato (EDTA).

CAPÍTULO 6:
PROCESO DE
ELABORACIÓN

CAPÍTULO 6: PROCESO DE ELABORACIÓN

6.1 PREPARACIÓN DE SEMILLAS OLEAGINOSAS

Las semillas son sometidas a un proceso previo a la extracción para maximizar la cantidad de aceite obtenido. Tras la cosecha, se eliminan todas las impurezas que puedan venir junto con las semillas tales como palos, hojas, piedras o arena. Para ello se utiliza una sucesión de pantallas o tamices por las que van pasando las semillas hasta que quedan limpias de cualquier resto. Este proceso se puede llevar a cabo con o sin aspiración, si es con aspiración se denomina scalping. Para acabar con posibles trazas de metal se utilizan imanes.

Si las semillas van a ser almacenadas durante un tiempo antes de incorporarse al proceso es necesario disminuir el grado de humedad hasta un 5-10% según la variedad de semilla. Deben conservarse en un ambiente frío y seco ya que de lo contrario la humedad y el calor pueden provocar la degradación del producto.

Muchas de las semillas oleaginosas se someten a un descortezado, se separa la carne de la cáscara para aumentar la eficiencia de las siguientes operaciones. En algunos casos antes de hacer el descortezado las semillas se golpean para facilitar la separación de la cáscara. El descortezado no se lleva a cabo en el caso de pequeñas semillas porque el tamaño hace que el proceso no sea efectivo. A continuación, se trituran las semillas para reducir su tamaño, de esta manera aumenta el área superficial y se facilita la liberación del aceite.

El siguiente paso se conoce como acondicionamiento, tras haber reducido el tamaño de las semillas, estas se calientan a 90-110 °C si van a ser pre-prensadas antes de la extracción con disolvente o a 110-150 °C si van a someterse a un prensado completo. En algunos casos es necesaria la adición de vapor para lograr el nivel de humedad óptimo. Con el acondicionamiento se consigue desnaturalizar las proteínas, desactivar las enzimas, inhibir la actividad microbiana y mejorar la extracción del aceite en etapas posteriores.

Posteriormente las semillas se transforman en copos. Se hacen pasar por rodillos cilíndricos que giran en direcciones opuestas para aplastarlos y formar los copos de 0,3-0,4 mm de espesor. El acondicionamiento anterior hace que durante este proceso de formación las semillas sean más maleables y fácilmente laminables.

Tras la formación de los copos, en algunos casos se lleva a cabo un proceso de extrusión para mejorar el rendimiento en la extracción del aceite. Consiste en hacer pasar los copos a través de un expansor que inyecta vapor a alta presión consiguiendo un producto de granulo poroso que al entrar en contacto con el aire se expande rompiendo las celdas donde está contenido el aceite.

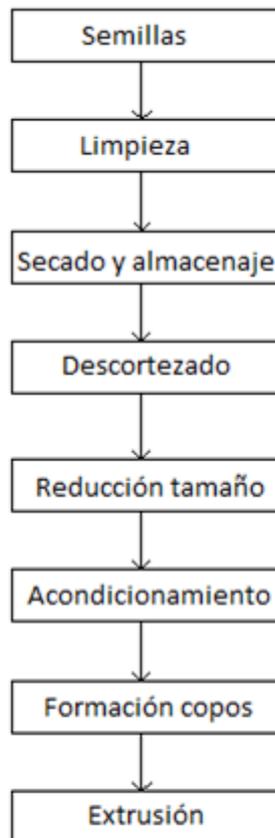


FIGURA 23. DIAGRAMA DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE SEMILLAS OLEAGINOSAS.

6.2 PREPARACIÓN DE FRUTOS DE ÁRBOLES

Por su alto contenido en humedad los frutos de árboles deben ser sometidos a hidrólisis enzimática y su aceite debe ser extraído antes de horas o días.

En el caso de los frutos de la palma, se debe tener especial cuidado en el manejo para no dañar los granos de los que posteriormente se obtendrá el aceite. Inmediatamente después de ser cosechados, los frutos de palma son sometidos a una esterilización con vapor a 120 °C para desactivar las lipasas y detener la actividad bacteriana del fruto. Tras la esterilización, de manera mecánica se separa el fruto del racimo y se calienta mientras se agita para facilitar la separación del grano del fruto.

Para la preparación de las olivas, se realiza un lavado previo y se trituran para formar una pasta que favorezca la coalescencia de las gotas. Los cocos son descortezados, golpeados y secados antes de proceder a la extracción del aceite.

6.3 EXTRACCIÓN

El objetivo principal de la extracción es obtener la máxima cantidad posible de aceite de gran pureza y de la máxima calidad posible. El sobrante del proceso se compone de una parte sólida y de aceite residual, se suele formar una pasta con ambos para darlos un segundo uso como pienso animal o como combustible para la generación de energía.

Hay tres métodos posibles para la extracción de aceites: prensado, pre-prensado más extracción con solvente y extracción directa con solvente. En el caso de frutos se utiliza el prensado para la extracción del aceite. Pero el procedimiento para la extracción del aceite de las semillas oleaginosas depende del contenido de aceite previo, del tamaño de la instalación y de las características finales deseadas. Durante todo el proceso de extracción de los aceites es de vital importancia controlar la humedad y la temperatura del proceso para evitar el deterioro del aceite y optimizar el proceso.

6.3.1 PRENSADO

El proceso de prensado implica la utilización de fuerza mecánica para extraer el aceite. Del proceso se obtiene el aceite crudo y una parte de materia sólida, torta, que contiene entre un 5 y un 10% de aceite. El proceso de extracción se puede llevar a cabo de manera continua o discontinua. Como el prensado mecánico da menos rendimiento que el prensado con solvente la mayoría de semillas oleaginosas no se tratan con este método. Sin embargo, es un método muy utilizado cuando se trata de extraer aceites de calidad de manera natural para su venta en mercados. Tiene la ventaja de ser un método sencillo cuya instalación y maquinaria es menos costosa que en otros casos.

El aceite de oliva es obtenido de esta manera, una vez obtenida la pasta en el proceso de preparación, esta se somete a prensa hidráulica o a una combinación de centrifugado y filtración. Se conoce como aceite de oliva virgen al producto obtenido de manera mecánica sin ningún tratamiento químico lo cual prolonga su vida y lo hace estable durante la fritura.

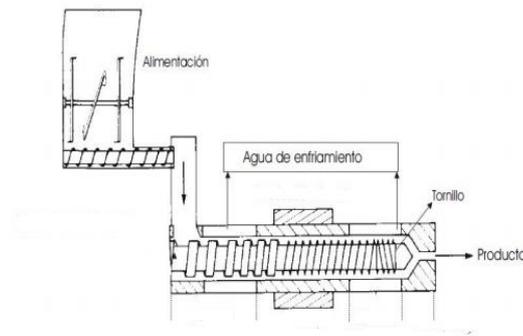


FIGURA 24. ESQUEMA PRENSA MECÁNICA PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE.

El sistema típico de prensado es un sistema motorizado formado por un tornillo que atraviesa un barril el cual es rodeado por una camisa de agua. Es la presión ejercida por el tornillo la que permite extraer el aceite de la semilla. La camisa de agua circundante permite refrigerar el calor generado por el tornillo para mantener una temperatura de extracción adecuada.

La extracción en frío consiste en un prensado mecánico de la semilla o fruto sin aplicación de ningún tipo de calor y durante el proceso la temperatura no puede superar los 27 °C. El producto obtenido de esta manera conserva mayor cantidad de nutrientes y sabor que el obtenido con calor, es un aceite de mayor calidad por lo que suele ser vendido a un precio mayor. Con la extracción en caliente se obtienen mayores rendimientos, aunque el producto será de menor calidad. Además, el aceite que se obtiene con calor luego ha de ser sometido a procesos de refinado para acabar con impurezas.

6.3.2 PRE-PRENSADO Y EXTRACCIÓN CON SOLVENTE

Es un proceso intermedio que combina la prensa y la extracción con solvente que se suele utilizar para obtener aceite en producto con un contenido en aceite superior al 30%. En primer lugar, se somete a las semillas a un prensado a baja presión para que la torta mantenga parte del aceite, 15-18%, y posteriormente se extrae el aceite de la torta con solvente. De esta manera no es necesaria tanta presión en la prensa y tampoco se necesita un extractor de gran tamaño, ello hace que se puedan abaratar los costes de la planta.

6.3.3 EXTRACCIÓN DIRECTA CON SOLVENTE

Es el método de extracción de aceite más utilizado ya que es el que mayor cantidad de aceite consigue obtener de la semilla dejando tan sólo un 1% en el residuo mientras que el prensado deja entre un 6% y un 14%. El proceso se puede llevar a cabo por lotes o de manera continua.

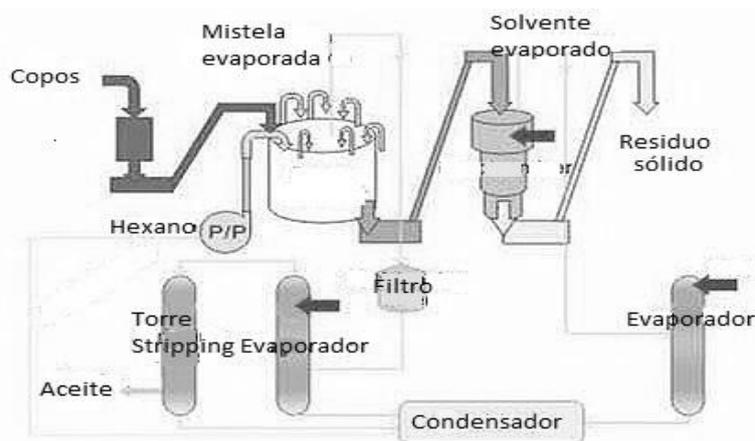


FIGURA 25. ESQUEMA PROCESO EXTRACCIÓN DE ACEITE DIRECTA CON SOLVENTE.

Para llevar a cabo la extracción, se mezclan los copos de la semilla, tras su preparación, junto con el solvente. Cuando el solvente realiza su trabajo, se obtienen dos partes: mistela y residuo. La mistela es una mezcla de aceite crudo y solvente a la cual se le somete a varios pasos de destilación para poder separar ambas partes y así obtener el aceite crudo. El residuo es en su mayoría materia sólida junto con una pequeña parte de aceite y solvente. Este residuo se somete a una evaporación de la cual se obtiene por un lado el solvente y por otro la materia sólida que será secada a gran temperatura para poder darle un segundo uso. El solvente recuperado de la mistela y del residuo se vuelve a incorporar al proceso para posteriores extracciones.

El solvente que se utiliza normalmente es el hexano que consiste en una mezcla de n-hexano y sus isómeros. Es un hidrocarburo alifático alcano con seis átomos de carbono. Su amplio uso es debido a que es un material económico que se comporta de manera adecuada en la extracción del aceite, lo extrae de manera eficaz y luego se separa de manera relativamente sencilla mediante evaporación ya que tiene un punto de fusión bajo (67 °C). Se debe manipular con cuidado ya que es tóxico e inflamable.

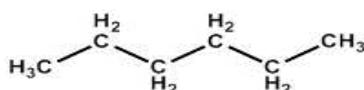


FIGURA 26.N-HEXANO.

6.4 REFINADO

El aceite que se obtiene del proceso de extracción está compuesto por un 95% de triglicéridos acompañados por ácidos grasos libres, mono y diglicéridos, fosfolípidos, esteroides, tocoferoles y otros componentes minoritarios como ceras, trazas de metal y pesticidas. Algunos de estos componentes son impurezas, hacen que el aceite pierda sus propiedades y disminuya su calidad. Por ello este aceite que se obtiene tras la extracción debe someterse a un proceso de refinado que consiste en una serie de etapas para conseguir la máxima cantidad de aceite libre de impurezas y apto para la fabricación de la margarina. Es una parte muy importante de proceso que se debe llevar a cabo de manera adecuada para evitar problemas posteriores durante la fabricación.

Para refinar el aceite tenemos dos opciones cada una con sus ventajas e inconvenientes: refinado físico y refinado químico. El refinado físico utiliza una destilación con vapor para acabar con las impurezas mientras que el refinado químico utiliza una solución caustica.

ETAPA REFINADO	COMPONENTES ELIMINAR	A OTROS COMPONENTES ELIMINADOS
DESGOMADO	Fosfolípidos	Productos filtrables, trazas de metal.
NEUTRALIZACIÓN	Ácidos grasos libres	Fosfolípidos, jabones, trazas de metal, pigmentos.
DECOLORACIÓN	Pigmentos	Fosfolípidos, jabones, trazas de metal, ceras.
DESODORIZACIÓN	Ácidos grasos libres (físico) Productos secundarios de oxidación(químico)	Esteroides, tocoferoles, carotenoides, pigmentos.

FIGURA 27. ETAPAS DEL REFINADO.

El refinado físico consta de desgomado, decoloración y desodorización. Es un proceso menos costoso y conlleva menos etapas que el refinado químico. Se suele utilizar para refinar aceites con bajo contenido en fosfolípidos y alto en ácidos grasos libres. Ejemplo de ello son el aceite de palma, la grasa de palma y el aceite de coco.

El refinado químico se suele utilizar con mayor frecuencia, consta de desgomado opcional, neutralización caustica, decoloración y desodorización. Es un tipo de refinado que se puede aplicar a gran cantidad de tipo de aceites y con el que se obtiene un aceite de gran calidad. Una de las desventajas es el gran gasto de agua que se produce sobre todo durante la neutralización caustica.

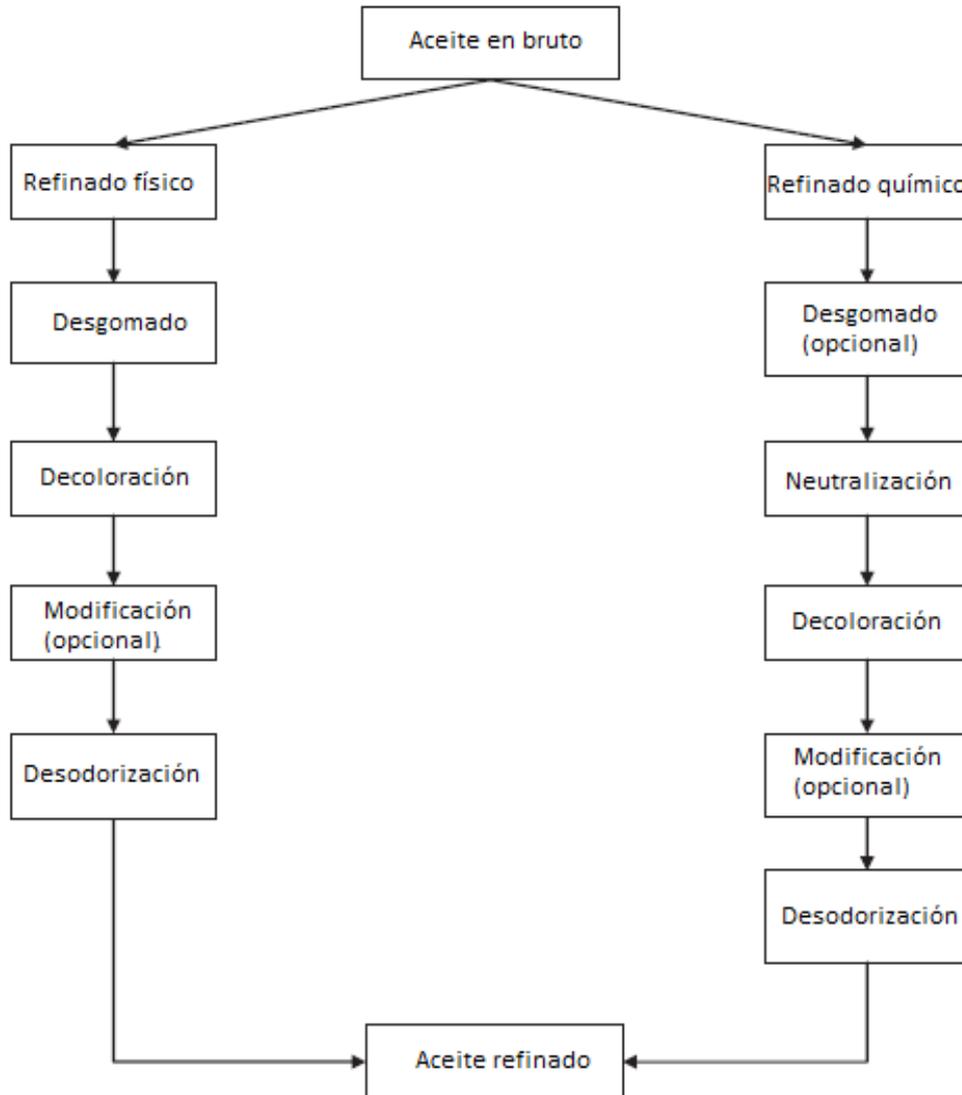


FIGURA 28. DIAGRAMA DEL PROCESO DE REFINADO FÍSICO Y QUÍMICO DEL ACEITE.

6.4.1 DESGOMADO

Es el primer paso para el refinado y con él se consiguen retirar los fosfolípidos presentes en el aceite bruto. Algunos aceites como el de soja, colza o algodón contienen una importante cantidad de este compuesto, en torno a 3-4%. Los fosfolípidos por ser emulsionantes, pueden interferir en los siguientes pasos del refinado provocando problemas, así que por ello es muy recomendable su retirada del aceite crudo antes de llevar a cabo el refinado.

Aunque es un proceso opcional y los fosfolípidos se pueden retirar en operaciones posteriores, realizar el desgomado al principio del proceso hace que el aceite obtenido al final del refinado sea de gran calidad. Además, junto con los fosfolípidos se retiran otros componentes indeseados como ceras o trazas de metal mejorando así la estabilidad del aceite. Hay dos maneras de llevar a cabo el desgomado del aceite: desgomado con agua o desgomado con ácido.

El desgomado con agua consiste en añadir agua al aceite previamente calentado a una temperatura de 75 °C aproximadamente, de esta manera los fosfolípidos hidratables se convierten en gomas insolubles en el aceite que son retiradas posteriormente con un centrifugado y un filtrado. La goma que se retira del proceso se trata para extraer lecitina que puede ser utilizada posteriormente.

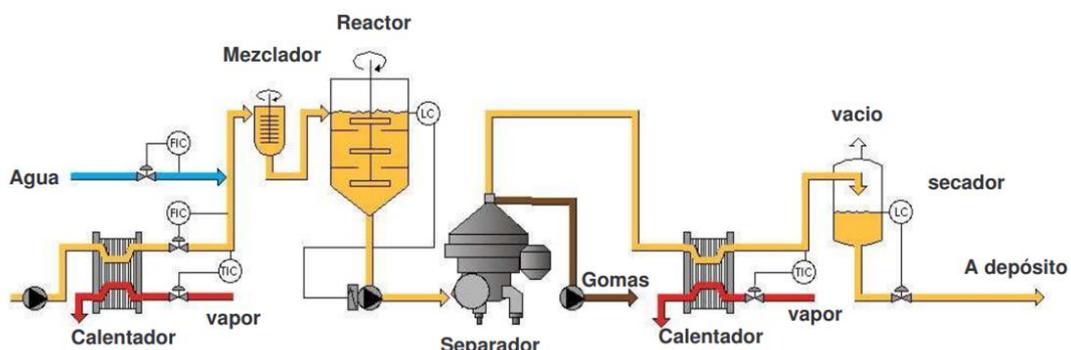


FIGURA 29. ESQUEMA PROCESO DESGOMADO CON AGUA.

Tras el desgomado con agua se esperan ciertas características en el aceite:

- . Fósforo en aceite: 50-200 ppm
- . Insoluble en acetona: 65-70%
- . Humedad en aceite seco: < 0,1%

El desgomado con ácido se hace necesario cuando se desean eliminar los fosfolípidos no hidratables del aceite, algunos de ellos se van junto con los hidratables pero la mayoría permanece. El proceso es similar al realizado con agua, se eleva la temperatura del aceite entre 60-70 °C y se le añade el ácido, este suele ser ácido fosfórico o cítrico. Tras mezclarse y esperar unos 30 minutos se separan las gomas mediante un centrifugado para reprocesarlas y darlas un segundo uso.

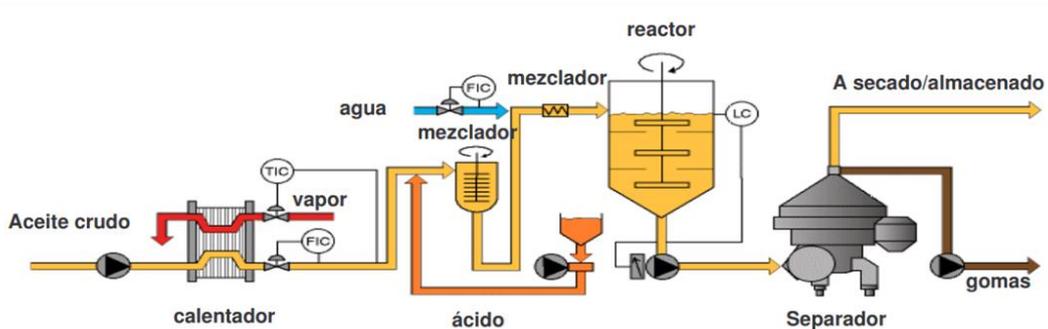


FIGURA 30. ESQUEMA PROCESO DESGOMADO CON ÁCIDO.

Tras el desgomado con ácido se esperan ciertas características en el aceite:

- . Fósforo en aceite: 20-50 ppm
- . Insoluble en acetona: 65-70%
- . Humedad en aceite seco: < 0,1%

Existen otros métodos para el desgomado como puede ser el desgomado seco que combina el desgomado con ácido con el blanqueo en un sólo paso, es efectivo para aceites que tienen bajo contenido en fosfolípidos. El desgomado enzimático emplea una combinación de fosfolipasas y ácido para maximizar el retirado de gomas. Otros métodos alternativos pueden ser la filtración con membrana o el desgomado total. Todos ellos son válidos, aunque los más eficaces y los más utilizados son los dos descritos anteriormente.

6.4.2 NEUTRALIZACIÓN

Este proceso se lleva a cabo para eliminar los ácidos grasos libres del aceite crudo. Consiste en mezclar el aceite con una solución caustica, que suele ser hidróxido de sodio, a una elevada temperatura que suele estar entre 65-85 °C. De esta manera los ácidos grasos libres se combinan con la solución caustica en una reacción de saponificación dando lugar a un jabón soluble en agua.



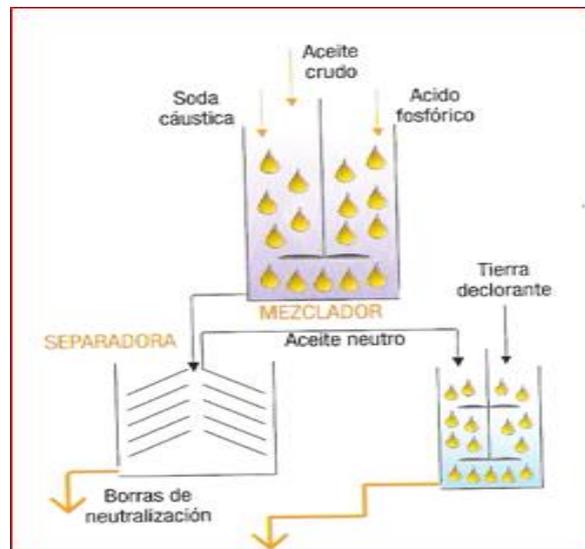
FIGURA 31. REACCIÓN TÍPICA DE SAPONIFICACIÓN.

Mediante un centrifugado se extrae el jabón de la mezcla y el aceite es sometido a un lavado con agua caliente para acabar con los restos de jabón que pueden quedar tras el centrifugado. El aceite es secado a baja presión preparándolo así para la decoloración posterior. Junto con el jabón, en este proceso también se pueden retirar fosfolípidos, trazas de metal o pigmentos. Uno de los aspectos a tener en cuenta durante esta etapa es la presencia de trazas de jabón en el agua del lavado. El tratamiento del agua es costoso, pero aun así interesa llevar a cabo la neutralización previo a la decoloración.

6.4.3 DECOLORACIÓN

FIGURA 32. ESQUEMA PROCESO DECOLORACIÓN.

Sirve para eliminar las sustancias colorantes del aceite y se lleva a cabo calentando el aceite junto a tierras adsorbentes o carbón activo. Aunque los triglicéridos son incoloros los aceites y grasas crudas contienen ciertos pigmentos que dan color. En el caso de los aceites vegetales son los carotenoides los que otorgan un color amarillo/rojo y la clorofila un color verde. El color es un indicador de la calidad de la margarina y el cliente por lo general desea un color suave.



La decoloración permite acabar con los elementos que proporcionan un color indeseado a la margarina, además durante la decoloración también se eliminan jabones residuales, trazas de metal, así como algunas ceras. En el caso de los aceites que no se han sometido a un desgomado previo, durante este proceso también se eliminan algunos fosfolípidos.

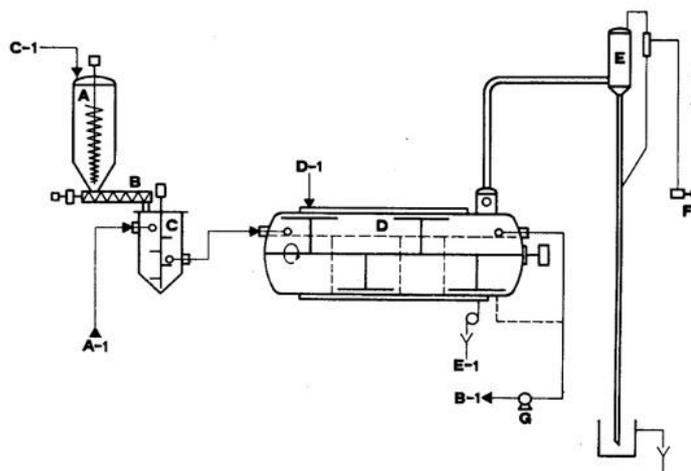
La capacidad de los agentes adsorbentes sobre los distintos pigmentos es distinta, por ejemplo, las tierras son más apropiadas para eliminar la pigmentación verde de las clorofilas y el carbón activo para los pigmentos rojos de los carotenos.

Las tierras decolorantes son arcillas especiales que se utilizan en su forma natural para decolorar aceites con poca cantidad de pigmentos o tratadas y activadas con ácido sulfúrico para aumentar su capacidad de adsorción. Las tierras activadas con ácido son necesarias para eliminar la clorofila y también sirven para romper los peróxidos en productos que se pueden eliminar fácilmente durante la etapa de desodorización. El tratamiento típico de las arcillas consiste en:

- Disgregación en agua
- Lavado con soluciones de ácido sulfúrico
- Filtración
- Secado
- Molienda

Las fábricas de tierras decolorantes ofrecen mezclas de arcillas especiales para ampliar el rango de actuación. Se cree que el poder adsorbente depende en gran medida de la forma microcristalina de las arcillas y del grado de impurezas que contienen. Un factor importante es la gran superficie que estas tierras ofrecen lo que facilita adsorción de los grupos cromóforos. De hecho, el tratamiento con ácido sulfúrico se hace para aumentar la porosidad y de esta manera la superficie.

El carbón activo utilizado en la decoloración suele ser de origen vegetal y se obtiene mediante destilación seca de ciertas ramas de los árboles, posteriormente se muelen y se activan con reactivos químicos. La acción adsorbente la realizan gracias a la gran superficie que originan estos carbones. El carbón activo es muy útil para eliminar el color rojo de aceites y se suele utilizar juntos con tierras decolorantes en una proporción de 5-10% carbón activo y 90-95% tierras. Sin embargo, su uso se limita a casos de difícil decoloración ya que su precio es de siete a ocho veces superior al de las tierras.



A) Homogeneizador. B) Dosificador continuo. C) Mezclador continuo. D) Decoloradora continua.

E) Condensador barométrico. F) Bomba de vacío. G) Bomba de extracción. A-1) Entrada de aceite.

B-1) Salida de aceite. C-1) Entrada sustancia decolorante. D-1) Entrada de vapor. E-1) Salida de condensado.

FIGURA 33. ESQUEMA PROCESO DECOLORACIÓN.

La decoloración se lleva a cabo después del secado del aceite, manteniéndolo en contacto con las sustancias decolorantes (tierras o carbón) durante un tiempo determinado y en unas condiciones de presión y temperaturas determinadas.

El aceite previamente secado y calentado a 60-70°C entra en el mezclador continuo C donde se pone en contacto con la sustancia decolorante que llega desde el dosificador continuo B tras pasar por el homogeneizador A. El dosificador permite que se forme un flujo continuo y controlado.

Tras formarse la mezcla en C, esta pasa al decolorador continuo donde en la primera parte pierde rápidamente su humedad. Continúa su camino a lo largo del eje decolorador hasta que llega al nivel de rebose que está en la parte final. La mezcla permanece en el decolorador en torno a treinta minutos. Después mediante un método de filtración se separa el aceite de la tierra adsorbente.

6.4.4 DESODORIZACIÓN

La desodorización es la última etapa del proceso de refinado y consiste en tratar el aceite a baja presión mediante un proceso de destilación para retirar las impurezas responsables de malos olores y sabores que afectan a las características organolépticas del producto.

Las sustancias presentes en el aceite que proporcionan malos olores y sabores se clasifican en tres grupos:

- . Hidratos de carbono no saturados
- . Ácidos grasos de bajo peso molecular
- . Aldehídos y cetonas

Aunque se encuentran en pequeña proporción en el aceite (0,001-0,01%) bastan pequeñas cantidades para que el producto no sea comestible.

Tipo de aceite	Sistema de desodorización			
	Discontinuo		Continuo	
	Presión, Torr	Temperatura, °C	Presión, Torr	Temperatura, °C
Soja	10-20	200	4-6	230
Colza	10-20	200	4-6	230
Cacahuet	10-20	190	4-6	215
Girasol	10-20	190	4-6	215
Oliva	10-20	180	4-6	210
Coco	10-20	180	4-6	190
Palma	10-20	180	4-6	200
Palmiste	10-20	180	4-6	200

FIGURA 34. FACTORES DE DESODORIZACIÓN EN ACEITES VEGETALES.

La característica que permite separar estas sustancias es la gran diferencia de volatilidad entre ellas y los glicéridos. La separación se produce mediante un proceso de destilación por lo que el proceso está muy influenciado por factores como temperatura, presión y tiempo.

El aumento de la temperatura junto con la disminución de la presión favorece en gran medida el proceso de destilación. La presión puede reducirse al mínimo posible, pero en el caso de la temperatura, el ascenso se encuentra limitado ya que pueden darse fenómenos indeseados tales como: destilación de parte de glicéridos, polimerización e hidrólisis parcial de los glicéridos. Por lo general las condiciones de presión y temperatura en una planta se mantienen dentro de los límites de la tabla.

El tiempo es un factor importante a tener en cuenta durante el proceso de desodorización. Para asegurar una buena calidad del producto final, es necesario que el tiempo que pase el aceite en el desodorizador sea el menor posible. Sin embargo, ha de pasar el tiempo suficiente para que las sustancias indeseadas sean retirada

Un proceso de desodorización prolongado en el tiempo puede provocar:

- . Fenómenos de polimerización
- . Sabor a cocido
- . Pérdida de color

Son preferibles las instalaciones en continuo ya que el aceite pasa menos tiempo en el proceso, de dos a tres horas, mientras que en las instalaciones en discontinuo el aceite pasa entre cinco y doce horas.

Otro de los factores importantes a controlar en el proceso de desodorización es la inyección de vapor. La experiencia ha demostrado que la manera óptima de inyectar el vapor en el aceite es a una profundidad de 200-250 mm y en con un flujo aproximado de 125 kg/hora.

La instalación típica consiste en una columna vertical de desodorización y una serie de equipos que garantizan una presión absoluta constante y un intercambio térmico entre el aceite que entra y el que sale lo más alto posible. La columna está constituida por un cilindro envolvente vertical en cuyo interior están montados una serie de platos en cascada.

El aceite entra por A-1 donde se produce un intercambio de calor entre el aceite entrante y el aceite que ya ha terminado el proceso. Posteriormente se lleva hacia el plato superior de la columna desde donde realiza un largo recorrido descendiendo de plato en plato gracias a los desviadores hasta que llega al último plato. Cuando llega a este plato se produce el intercambio de calor con el aceite entrante y posteriormente se retira. Durante todo el proceso realizado por los platos, al aceite se le inyecta una corriente continua de vapor de agua para asegurar una correcta desodorización.

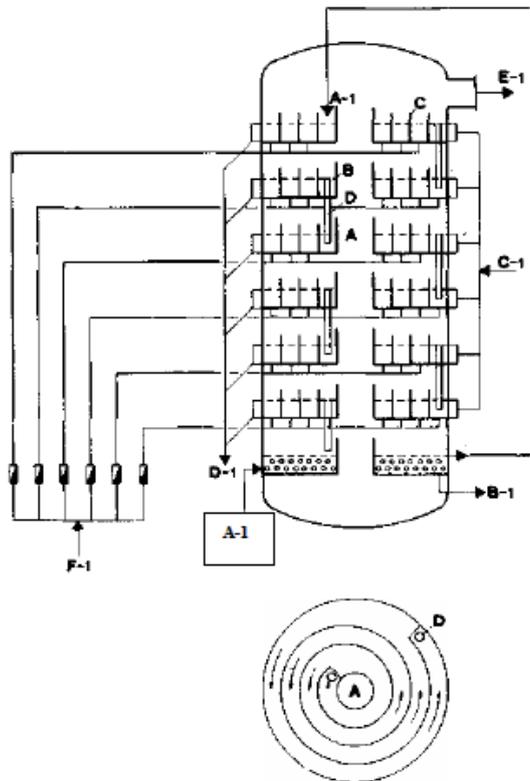


Fig. Sección de una columna de desodorización continua: A) Colector de vapores. B) Platos de desodorización.
C) Desviadores. D) Tubos de rebose. A-1) Entrada de aceite. B-1) Salida de aceite. C-1) Entrada de vapor indirecto.
D-1) Descarga de condensado. E-1) Salida de vapores de destilación. F-1) Entrada de vapor directo.

FIGURA 35. ESQUEMA PROCESO DESODORIZACIÓN.

6.5 MODIFICACIÓN DE GRASAS Y ACEITES

A parte de aceites únicamente refinados, a la margarina se le añaden aceites que son sometidos a diferentes procesos de modificación con el fin de variar sus características físicas y químicas. Así podemos hablar de tres grupos diferentes de ingredientes en la formulación de la margarina.

Aceites líquidos	Grasas semisólidas	Hardstock
Aceites vegetales insaturados	Aceites hidrogenados (PF: 32-34 °C)	Aceites y grasas hidrogenados (PF > 40 °C)
Oleína de palma	Grasa de mantequilla (PF: ~34 °C)	Aceites y grasas interesterific (PF > 40 °C)
Aceite de palmiste	Grasa de palma	Sebo de vaca
Aceite de coco	Manteca de cerdo	Estearina de palma

FIGURA 36. GRUPOS DE INGREDIENTES GRASOS EN LA FORMULACIÓN DE MARGARINA.

Estos procesos de modificación, individualmente o combinados, permiten producir todo tipo de aceites y grasas empleados en la industria para fabricar cualquier tipo de margarina. Para conseguir una mezcla deseada se pueden mezclar ingredientes de cada uno de los tres grupos anteriores y así obtener una margarina con unas características concretas.

A continuación, haremos una descripción de cada proceso con sus posibles alternativas para comprender las transformaciones sufridas por las grasas y aceites que posteriormente emplearemos en la fabricación de margarina de acuerdo al tipo que se desee fabricar.

6.5.1 FRACCIONAMIENTO

El fraccionamiento es el proceso llevado a cabo para separar los aceites o grasas en dos fracciones con diferente composición de triglicéridos. Los productos obtenidos tienen un rango de aplicación más amplio que el producto de origen. Por un lado, se obtiene la oleína que es la fracción con un punto de fusión más bajo y por otro lado se obtiene la estearina con un punto de fusión más elevado. La oleína tiene una gran estabilidad para la oxidación y se utiliza como aceite. La estearina es ampliamente utilizada en la industria alimentaria y más concretamente en la fabricación de margarina como harstock.

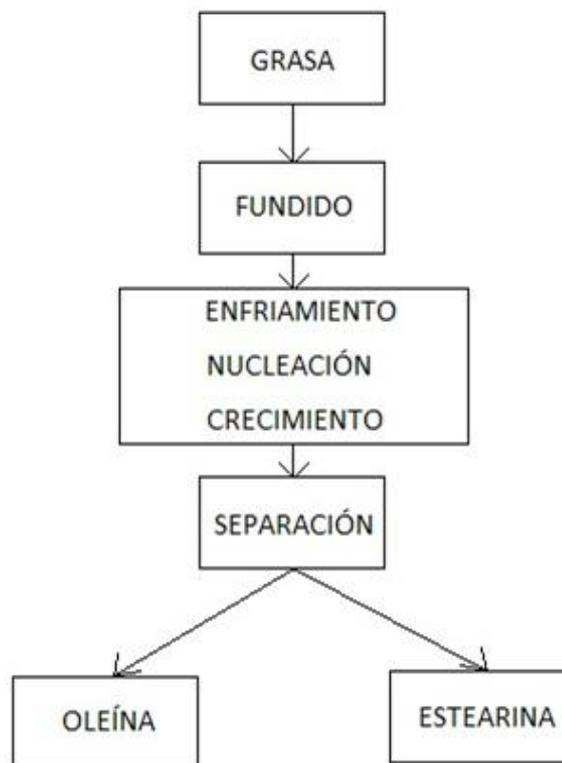


FIGURA 36. DIAGRAMA DEL PROCESO DE FRACCIONAMIENTO.

Posteriormente las fracciones obtenidas pueden ser sometidas a otros procesos de modificación tales como mezcla, interesterificación o incluso un nuevo fraccionamiento. Todo ello para obtener los ingredientes deseados para producir un tipo concreto de margarina. El fraccionamiento se puede llevar a cabo de tres maneras: fraccionamiento en seco, fraccionamiento con solvente y fraccionamiento con detergente acuoso.

6.5.1.1 FRACCIONAMIENTO EN SECO

El fraccionamiento en seco consiste en una cristalización de los componentes sólidos del aceite y una posterior separación de las dos fases vía filtración o centrifugado. La cristalización se lleva a cabo en tres etapas: enfriamiento, nucleación y crecimiento de los cristales.

El fraccionamiento en seco es el método más empleado por considerarse un método natural ya que no emplea agentes químicos, simplemente aprovecha los distintos puntos de fusión de los componentes de la grasa. Además, es el proceso más económico de todos los posibles. Por todo ello es el método preferido por la industria de la margarina, los productos del fraccionamiento se pueden emplear directamente o tras ser sometidos a interesterificación.

El proceso utilizado generalmente para el fraccionamiento en seco es la winterización. Durante este proceso el aceite es enfriado mediante intercambiadores de calor a una temperatura baja de aproximadamente 5 °C, después permanece 2-3 días en un tanque refrigerado y con una agitación lenta para que la formación de cristales sea correcta. Después mediante filtrado se separan estos cristales sólidos de la fracción líquida.

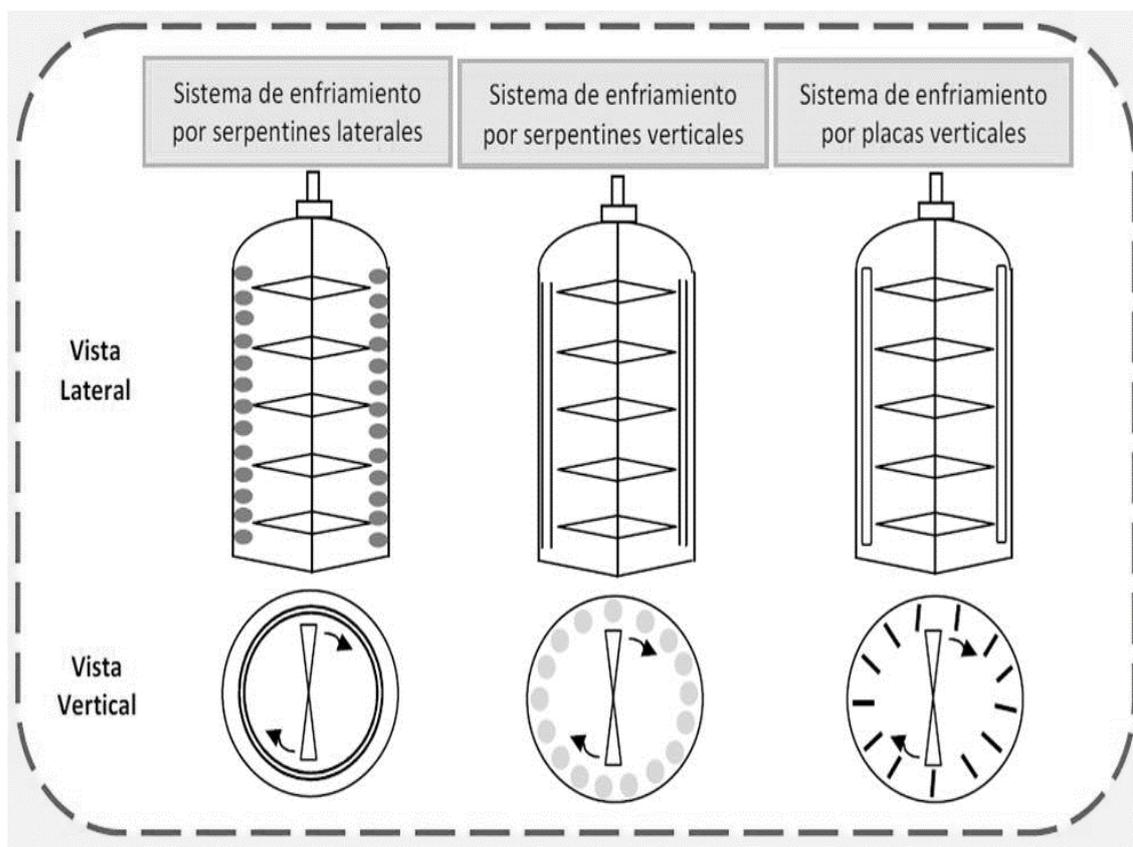


FIGURA 37. EQUIPOS PARA FRACCIONAMIENTO EN SECO.

Como se puede comprobar en la imagen, los tanques disponen tanto de un sistema de agitación basado en palas, así como de un sistema de refrigeración que puede tener diferentes formas según sea la disposición de los serpentines de enfriamiento. El objetivo es que el aceite permanezca el tiempo suficiente y con las condiciones de temperatura y agitación adecuadas para que la formación de los cristales sea óptima.

Una vez se ha llevado a cabo el proceso, por un lado, se tiene una fase líquida y por otro lado se tiene la red de cristales que se ha formado lentamente. Se busca una red de cristales de gran tamaño y con una ampliación distribución sobre la fase líquida.

Para conseguir separar la estearina de la oleína se debe realizar un filtrado de la mezcla. La manera habitual es una filtración al vacío o una filtración con presión, aunque existen otros métodos como pueden ser la separación centrífuga o la decantación centrífuga.

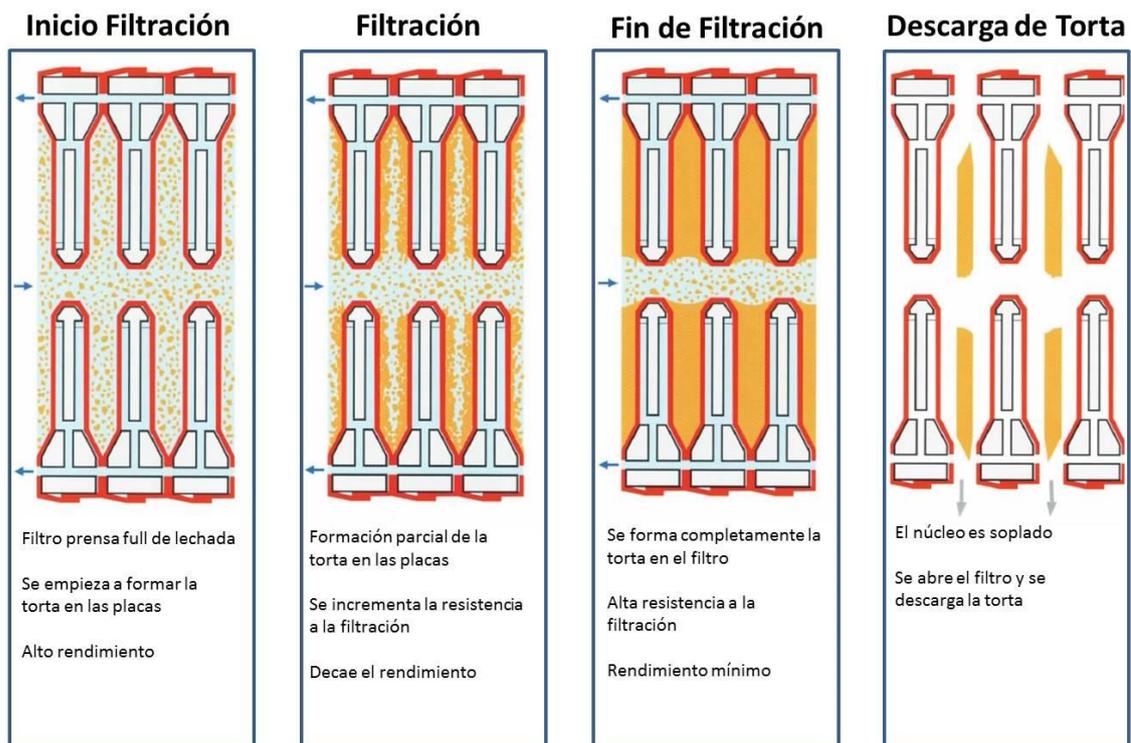


FIGURA 38. SISTEMA DE FILTRACIÓN A PRESIÓN.

Durante la filtración a presión la mezcla es sometida a un aumento de presión de tal manera que la parte líquida fluye a través de los filtros mientras que la parte sólida queda retenida en los mismo para su posterior retirada.

6.5.1.2 FRACCIONAMIENTO CON SOLVENTE

El fraccionamiento con solvente utiliza un solvente orgánico para separar los componentes, el cual suele ser hexano o cetona. El rendimiento de este proceso es bastante bueno ya que en un tiempo menor se consigue un importante porcentaje de separación de los componentes. Es muy utilizado para fraccionar el aceite de palma pudiéndose alcanzar 80% de oleína. También es comúnmente utilizado para fraccionar aceite de coco o incluso aceite de soja hidrogenado.

Para llevar a cabo el proceso, se disuelve la grasa en el solvente y se añade salmuera. Después se enfría la mezcla para que se produzca la cristalización y mediante una filtración al vacío se extrae por un lado la oleína y por otro la estearina. El disolvente es retirado de ambas partes mediante destilación.

El alto costo de los equipos necesarios para la recuperación del solvente y de los equipos para conseguir un enfriamiento mayor junto con el empleo de solventes químicos hacen que este método no sea muy utilizado en la industria.

6.5.1.3 FRACCIONAMIENTO CON DETERGENTE ACUOSO

En este proceso se utilizan un agente acuoso y otro electrolítico para conseguir separar las dos fracciones. En primer lugar, el aceite es enfriado en el cristizador con agua de enfriamiento para llevar a cabo la cristalización de los componentes con mayor punto de fusión. Una vez se alcanza la temperatura deseada, en torno a 20°C, se añade a la mezcla una solución acuosa de 0,5% de sulfato láurico de sodio y sulfato de magnesio como electrolito para poder formar los cristales que posteriormente son separados mediante un proceso de centrifugado.

La fase acuosa es sometida a un proceso de calentamiento a una temperatura de 95-100°C para romper la emulsión y recuperar la estearina. Cada una de las fases, por separado, es lavada con agua caliente para eliminar tanto el detergente como el electrolito y sometida a un proceso de secado al vacío.

Es un proceso con buenos porcentajes de separación de las fases pero que pierde interés por el alto costo y por los problemas de contaminación que puede provocar ya que se emplean productos tóxicos. En el caso de productos de alta calidad sí que es ampliamente utilizado en la industria oleoquímica.

6.5.2 INTERESTERIFICACIÓN

Es uno de los métodos más ampliamente utilizados en la modificación de grasas y aceites por sí sólo o en conjunción con otros. Durante el proceso los ácidos grasos permanecen inalterados, pero son redistribuidos aleatoriamente en las moléculas de triglicéridos creándose de esta manera nuevas estructuras.

El intercambio de ésteres entre grasas para producir un intercambio y redistribución de los radicales ácido graso constituye un poderoso medio de modificación de la composición y propiedades de las grasas. Este intercambio de ésteres puede producirse al azar por lo que el producto dependerá de las leyes de la probabilidad.

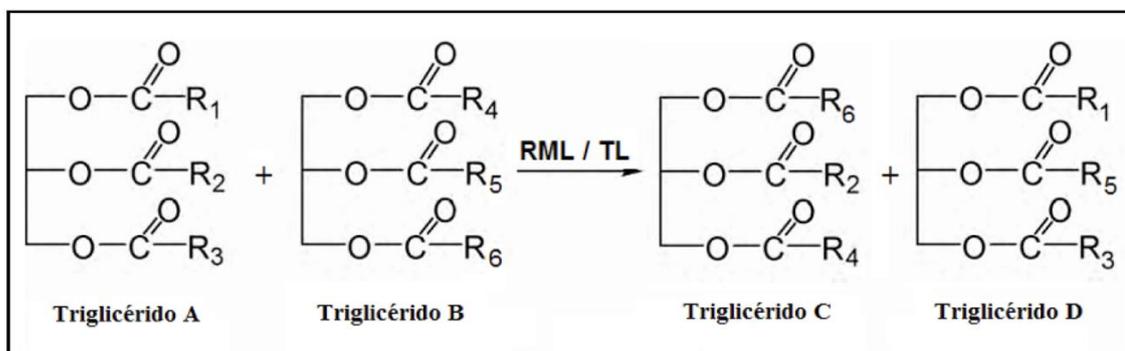


FIGURA 39. ESQUEMA GENERAL DE INTERESTERIFICACIÓN ENTRE TRIGLICÉRIDOS.

En las condiciones apropiadas para que se dé la reacción, una mezcla de una grasa junto con ácidos grasos libres puede intercambiar los radicales ácidos. La reacción común de este tipo surge de la mezcla y posterior interesterificación de ácidos grasos de bajo peso molecular junto con grasas compuestas de ácidos grasos superiores. Los ácidos grasos de peso molecular inferior desplazan a los que tienen un peso más elevado.

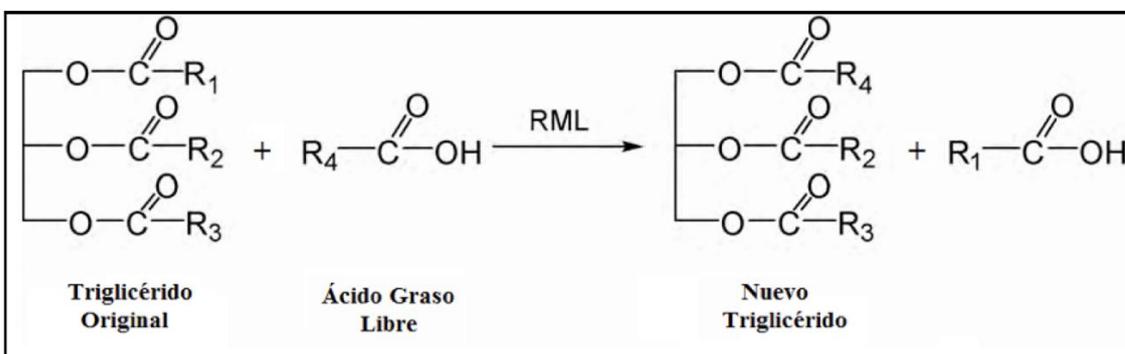


FIGURA 40. ESQUEMA GENERAL DE INTERESTERIFICACIÓN ENTRE TRIGLICÉRIDO Y ÁCIDO GRASO LIBRE.

La interesterificación es un proceso con un coste más elevado que la hidrogenación, pero con el cual se consiguen productos con características más específicas y libres de ácidos trans.

Actualmente se lleva a cabo la interesterificación de mezclas de aceites vegetales totalmente hidrogenados o de fracciones saturadas junto con aceites líquidos para su empleo en la fabricación de la margarina. En el caso de interesterificación de una mezcla de dos o más componentes se obtienen productos de mayor riqueza y complejidad que en el caso de una mezcla simple.

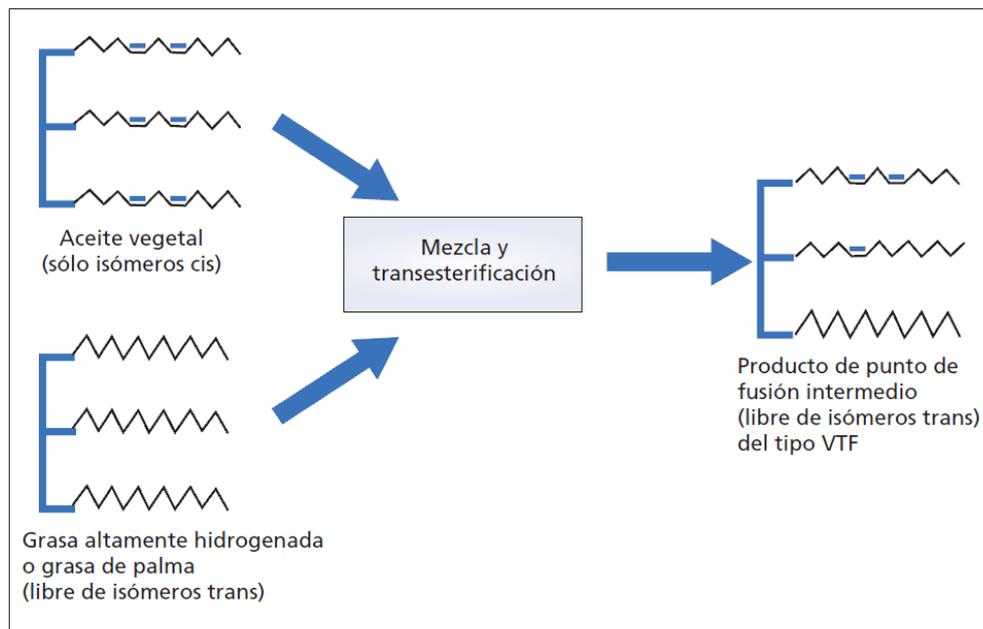


FIGURA 41. INTERESTERIFICACIÓN ENTRE ACEITE VEGETAL Y GRASA COMPLETAMENTE HIDROGENADA.

El producto resultante posee nuevas características físicas más idóneas para su empleo en la producción de la margarina tales como un intervalo de fusión más amplio y mejor comportamiento en la cristalización. También se utiliza la interesterificación para eliminar algunos triglicéridos que posteriormente pueden provocar problemas en la cristalización de la mezcla, tal es el caso de algunos triglicéridos presentes en el aceite o de palma y en el aceite de coco.

La interesterificación se puede llevar a cabo en lotes o de manera continua y hay dos métodos posibles que difieren en el tipo de catalizador utilizado: interesterificación química e interesterificación enzimática.

A continuación, veremos la diferencia entre estos dos modos de llevar a cabo la interesterificación.

6.5.2.1 INTERESTERIFICACIÓN QUÍMICA

La interesterificación química puede ser aleatoria o dirigida y en ambos casos requiere un catalizador químico que sea soluble en el aceite. El catalizador suele ser un alcoholato de metal alcalino, especialmente metóxido de sodio, o una mezcla de hidróxido sódico anhidro con glicerol.

El uso de alcoholato de sodio como catalizador obliga a que el aceite sea introducido en el proceso seco y con un bajo contenido de ácidos grasos libres ya que ambos componentes pueden provocar la desactivación del catalizador.

En el caso de interesterificación aleatoria los pasos en el proceso son: pretratamiento del aceite, reacción con el catalizador y posterior desactivación del catalizador. La reacción con el metóxido de sodio se lleva a cabo a una temperatura aproximada de 100 °C y finaliza en unos pocos minutos. De esta manera se consigue una interesterificación aleatoria completa, es decir, los ácidos grasos se distribuyen aleatoriamente sobre moléculas de glicerol.

INTERESTERIFICACIÓN QUÍMICA

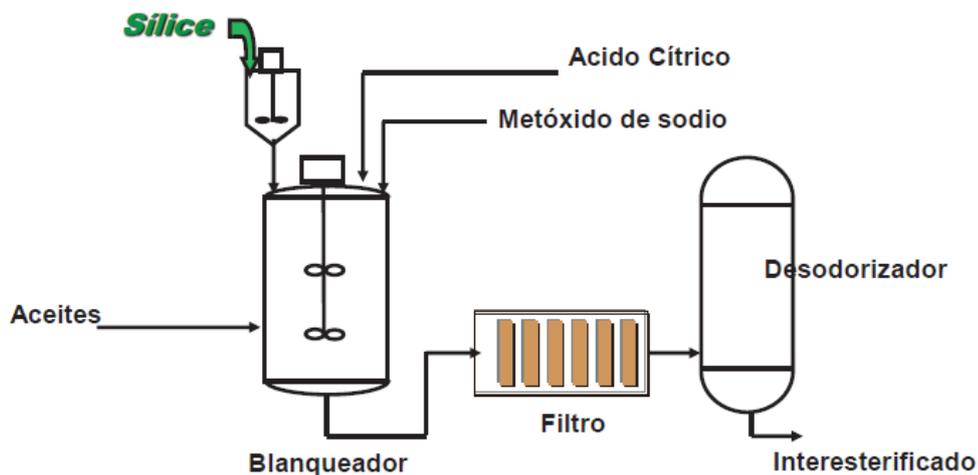


FIGURA 42. ESQUEMA INTERESTERIFICACIÓN QUÍMICA.

La interesterificación dirigida es utilizada para aumentar el nivel de ciertos triglicéridos. Mientras la reacción continúa, la temperatura del proceso disminuye por debajo del punto de fusión de los componentes o componente

deseado, causando de esta manera la cristalización de los triglicéridos con un punto de fusión más alto. El equilibrio cambia, dando lugar a un aumento en la producción de triglicéridos saturados. El producto resultante mantiene la plasticidad y posee un rango mayor de fusión que la materia original.

La interesterificación dirigida se suele llevar a cabo como un proceso continuo y requiere un tiempo de reacción mucho mayor que en el caso de la interesterificación química aleatoria.

6.5.2.2 INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA

La interesterificación enzimática utiliza lipasas, que son catalizadores biológicos obtenidos de bacterias levaduras u hongos. Estos catalizadores son los que permiten la distribución de los ácidos grasos, dando lugar a productos con una estructura más definida.

INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA

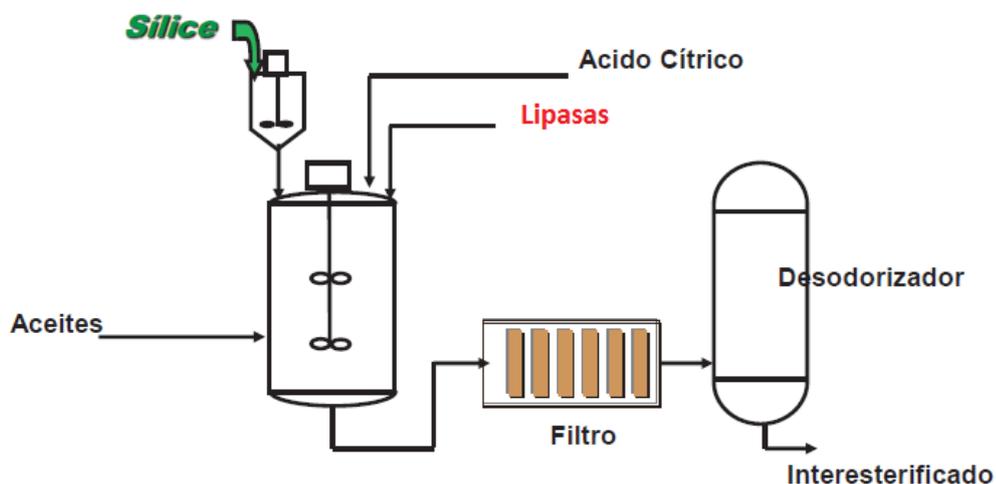


FIGURA 43. ESQUEMA INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA.

El proceso se lleva a cabo previo secado del aceite o de la base, tal y como ocurría en la interesterificación química, la humedad no puede superar el 0,05%. Después se pone en contacto la mezcla con las lipasas y se eleva la temperatura hasta 60 °C. Las pérdidas de aceite son muy pequeñas ya que se opera con un reactor de lecho fijo y no en batch.

A diferencia de la interesterificación química, la enzimática no necesita lavado posterior ya que no hay formación de jabones ni blanqueamiento ya que no hay producción de color durante el proceso. Por ello es un proceso más simple y económico que no requiere de tantas etapas.

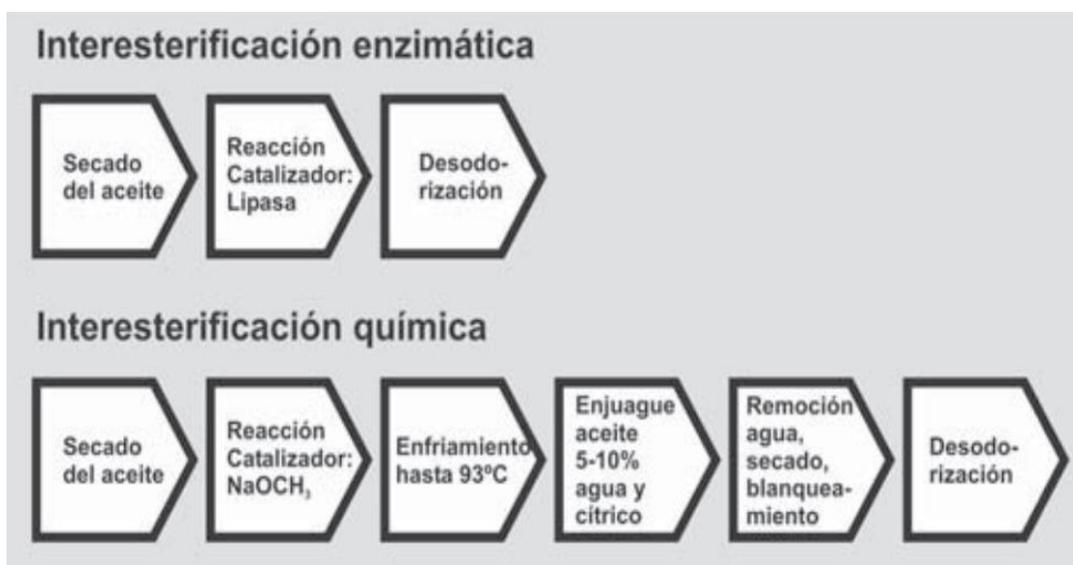


FIGURA 44. COMPARACIÓN ENTRE INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA Y QUÍMICA.

Si bien es cierto que, aunque las características de los hardstock producidos por ambas interesterificaciones pueden llegar a ser similares, durante el proceso enzimático se debe tener especial cuidado con la transformación del éster de la segunda posición y con la formación de glicéridos parciales durante el proceso.

Frente a la interesterificación química, la enzimática posee numerosas ventajas ya que requiere condiciones menos severas de presión y temperatura. Además, se reduce la degradación del producto, el costo operativo y el consumo de energía.

La interesterificación enzimática está cada vez más extendida en la industria de la margarina ya que es un proceso amigable con el medio ambiente, disminuye la utilización de productos químicos. Por otro lado, el uso de lipasas hace no que no aparezcan productos secundarios como ocurre en la interesterificación química los cuales pueden llegar a provocar pérdidas de un 30% de aceite.

6.5.3 HIDROGENACIÓN

La hidrogenación es el proceso por el cual los ácidos grasos insaturados de un aceite o grasa reaccionan con hidrógeno a alta temperatura en presencia de un catalizador de tal manera que se produce una rotura del doble enlace entre carbono-carbono y se suma el hidrógeno a la molécula. La función del catalizador es romper el enlace H-H y posteriormente cada uno de estos hidrógenos se une a un carbono del alqueno primario saturándolo.

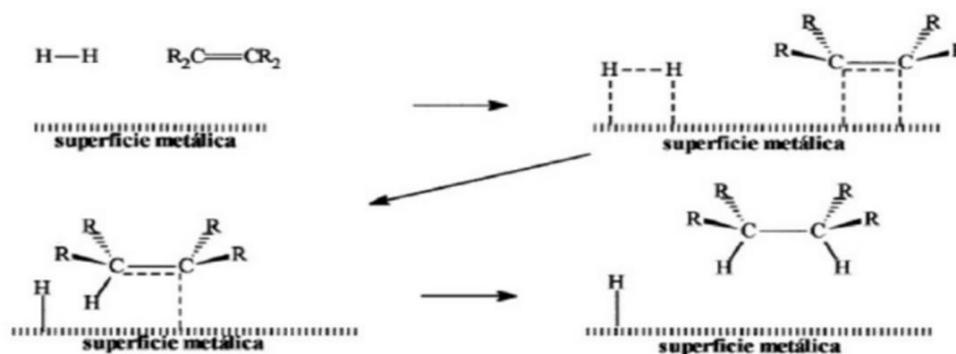


FIGURA 45. PROCESO DE HIDROGENACIÓN.

La hidrogenación se lleva a cabo por dos motivos principales: para mejorar la estabilidad de oxidación y así alargar la vida del producto, todo ello gracias a la reducción del contenido de ácidos grasos poliinsaturados; y para obtener un producto con las características adecuadas para la fabricación de la margarina por la conversión de aceites líquidos a plásticos.

Otra potencial reacción que se puede dar durante la hidrogenación es la isomerización, es decir la posición de los dobles enlaces puede cambiar. La forma que predomina en la naturaleza es la *cis*, sin embargo, puede tornarse en *trans* siendo esta una geometría que rara vez se presenta en las grasas y aceites vegetales. Las reacciones de isomerización están favorecidas por una baja actividad del catalizador y por una falta de hidrógeno durante el proceso.

Como ya se ha comentado anteriormente en este trabajo, los estudios llevados a cabo décadas atrás sobre el efecto perjudicial de las grasas *trans* en la salud, han hecho que para la fabricación de margarinas únicamente se empleen grasas sometidas a un proceso de hidrogenación total por ser este el único que asegura la total ausencia de ácidos *trans* ya que después del proceso no queda ningún doble enlace. Anteriormente se llevaba a cabo una hidrogenación parcial la cual daba lugar a la producción de una gran cantidad de ácidos grasos *trans*.

Es gracias a procesos conjuntos de modificación de grasas consistentes en fraccionamiento, interesterificación e hidrogenación, con lo que se consigue producir margarina con muy bajo contenido en ácidos trans pero sin comprometer la funcionalidad, el coste y la calidad del producto.

Durante la hidrogenación se debe tener especial cuidado de varios factores que influyen directamente en el resultado del proceso: composición inicial de la grasa, cantidad de hidrógeno, temperatura de la reacción, presión, tiempo, agitación y uso del catalizador.

La reacción puede llevarse a cabo a partir de 110 °C, cuanto más alta sea la temperatura más rápido será el proceso, aunque al ser una reacción exotérmica se debe tener especial cuidado para que la temperatura del aceite aumente demasiado ya que a partir de 210 °C pueden formarse compuestos nocivos. Por ello es necesario refrigerar el aceite durante el proceso y no superar esa barrera de temperatura.

		Selectividad	<i>Trans</i>	Vel reacción
Temperatura	↑	↑	↑	↑
Presión	↑	↓	↓	↑
Agitación	↑	↓	↓	↑
Catalizador	↑	↑	↑	↑

FIGURA 46. INFLUENCIA FACTORES EN LA HIDROGENACIÓN.

En cuanto a la presión se refiere, se desea que esta sea la mayor posible mientras sea viable económicamente. Una presión elevada hace que se reduzca el tiempo de reacción haciendo así un proceso más rápido. En la mayoría de los casos se trabaja con una presión en torno a 5 bar.

La inyección del hidrógeno también es un grado determinante y al igual que ocurre con el grado de agitación cuanto mayor sean ambas más rápido será el proceso. La agitación favorece la mezcla de la grasa con el hidrógeno.

Con la concentración ocurre algo parecido, es directamente proporcional a la velocidad, aunque hay que tener cuidado con los residuos que se puedan formar.

El catalizador utilizado comúnmente es níquel metálico activado y soportado en una base de sílice, es un catalizador poroso cuyo contenido en níquel suele

estar en torno a un 20%. Sin embargo, otros catalizadores del tipo metal activado se utilizan en algunos casos. Los catalizadores se encuentran más activos cuando están recién preparados, con el uso y el tiempo pierden actividad, sobre todo cuando se utilizan para hidrogenar aceites con una cantidad considerable de azufre.

Este elemento, el azufre, es un veneno para los catalizadores ya que provoca su desactivación. No obstante, en algunos casos es añadido de manera deliberada para conseguir un grado de hidrogenación específico. Estos catalizadores selectivos favorecen la hidrogenación de ácido poliinsaturados frente a los monoinsaturados. Por ejemplo, la conversión de ácido linoleico, con dos dobles enlaces, a ácido oleico con un sólo enlace, es favorecida frente a la conversión de ácido oleico a ácido esteárico sin doble enlace.

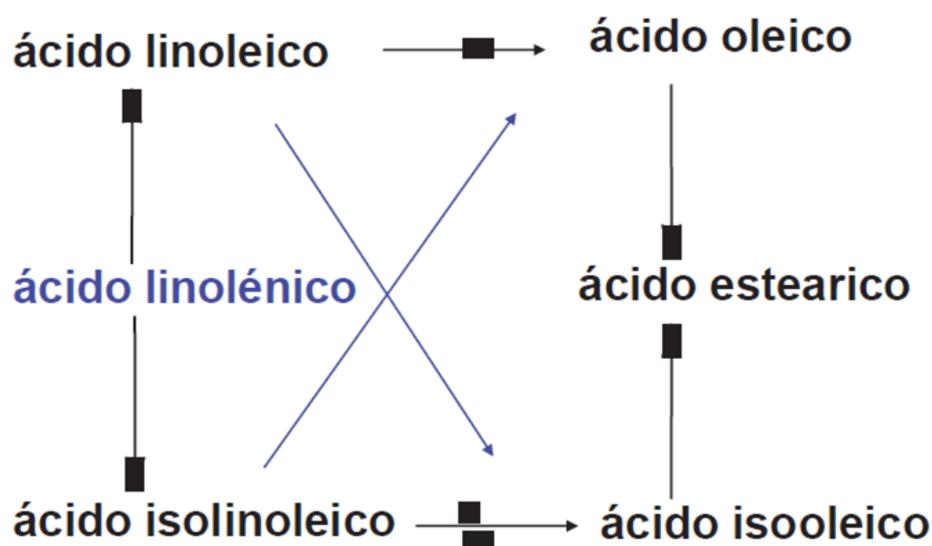


FIGURA 47. CAMBIOS QUÍMICOS EN LA HIDROGENACIÓN.

Como se puede comprobar en la imagen anterior, ácidos grasos esenciales como el linoleico o el linoléico, tienen tendencia a transformarse y por tanto a desaparecer siendo ello un efecto negativo sobre el producto final. Se debe tener especial cuidado con este aspecto al igual que con la posible pérdida de color ligada a la desaparición de carotenoides naturales.

El proceso de hidrogenación se suele llevar a cabo en lotes, aunque puede desarrollarse de manera continua. Es necesario que el aceite o grasa que entra en el proceso se encuentre bien refinado ya que posibles trazas de goma, jabón o metales pueden provocar la desactivación del catalizador como ya hemos visto anteriormente. El proceso consta de una serie de fases desde que se introducen los elementos hasta que queda el producto hidrogenado.

En primer lugar, se lleva a cabo la carga del aceite y del catalizador en el reactor previo paso por un intercambiador de calor para elevar la temperatura de la mezcla. Durante el proceso propio de hidrogenación se inyecta el hidrógeno a la presión adecuada y se controla el calor liberado durante la reacción mediante agua de refrigeración. El hidrógeno inyectado se controla mediante un contador de gas para que en todo momento sea el adecuado. Se deja reaccionar el tiempo suficiente hasta que se produce la hidrogenación completa del aceite.

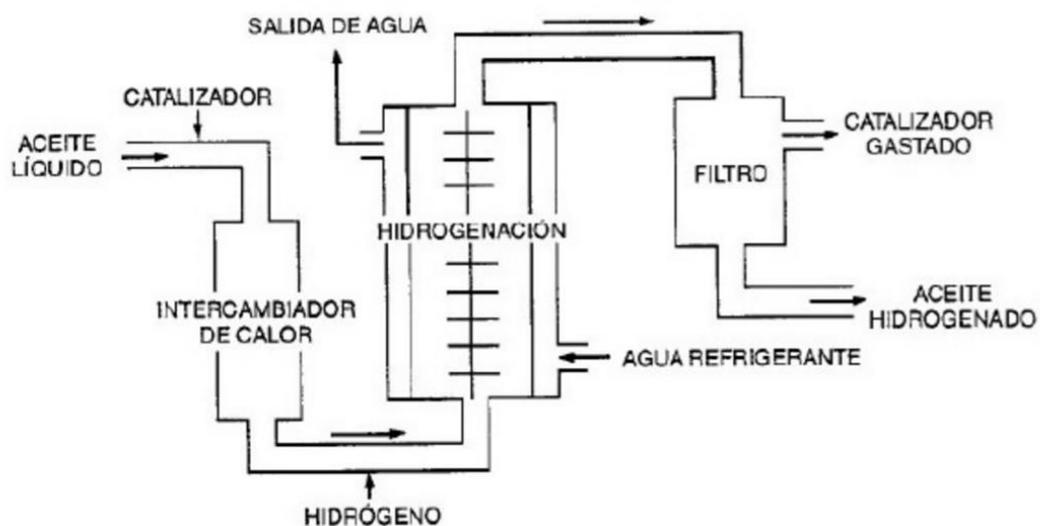


FIGURA 48. ESQUEMA PROCESO HIDROGENACIÓN.

Una vez se ha alcanzado el grado deseado de hidrogenación se procede a la recuperación del hidrógeno excedente para posteriores procesos. El aceite hidrogenado se enfría mediante un intercambiador de calor para proceder a su filtrado.

El aceite es bombeado a presión a través del filtro poroso para separar la mayor parte del catalizador. Para acabar con la parte restante de catalizador se añade ácido cítrico y coadyudante de filtración. El ácido reacciona con los restos de níquel formando un complejo insoluble que se precipita en el coadyudante.

6.6 FORMACIÓN DE LA MARGARINA

Una vez que se ha terminado con la preparación de las sustancias grasas mediante los métodos de modificación necesarios, comienza una nueva parte del proceso en la cual se combinan todos los ingredientes necesarios para la elaboración de la margarina y estos son sometidos a una serie de transformaciones que tienen como final el envasado de la margarina para ser distribuida al consumidor.

En la imagen inferior podemos ver un esquema de esta parte del proceso en la cual se persiguen tres objetivos:

1. La dispersión de la fase acuosa en la fase grasa en forma de emulsión agua en aceite.
2. Formación de cristales grasos que establezcan la emulsión y que formen una red tridimensional que aporte firmeza.
3. Modificación de la red de cristales para producir el grado de firmeza y las propiedades reológicas deseadas.

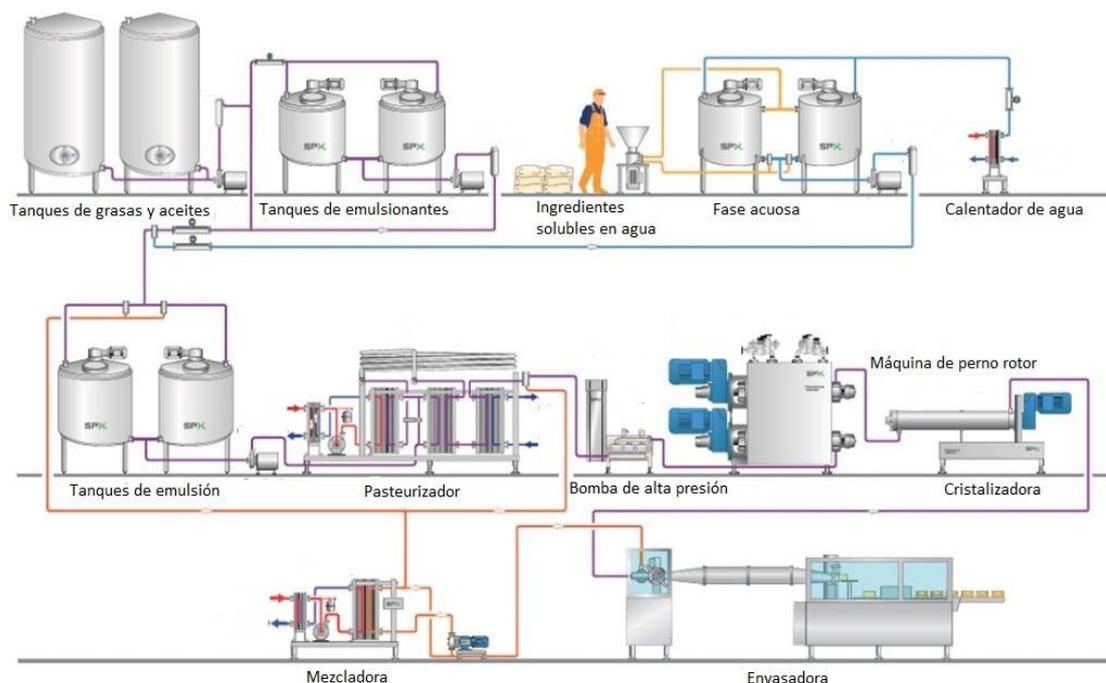


FIGURA 49. ESQUEMA PLANTA DE FABRICACIÓN DE MARGARINA.

A continuación, se llevará a cabo una descripción detallada de cada parte del proceso para conocer el proceso de producción de la margarina en una planta industrial.

6.6.1 PREPARACIÓN FASE GRASA

Grasas y aceites son almacenados en tanques en forma de mezcla o bien individualmente. Estos tanques suelen ser grandes cilindros de acero inoxidable dispuestos en el exterior de la fábrica. Cada uno de ellos cuenta con un sistema automático de control de temperatura y con un agitador para evitar el fraccionamiento de la grasa.



FIGURA 50. TANQUES DE ALMACENAMIENTO GRASAS Y ACEITES.

Los emulsionantes son almacenados en tanques de acero inoxidable conectados con el tanque de premezcla cuando son líquidos y cuando se encuentran en estado sólido, son añadidos de manera manual al tanque. Todos ellos son premezclados con el aceite líquido en una proporción de 1:5 en el tanque de premezcla antes de producirse la emulsión con la fase acuosa para asegurar una correcta homogeneización del producto. El tanque de almacenamiento puede estar equipado con algún sistema de calentamiento por agua caliente o vapor. Cuando la mezcla de emulsionantes ya está preparada es enviada directamente al tanque de premezcla donde le espera la mezcla de grasas y aceites.

Los productos minoritarios, tales como colorantes o saborizantes se almacenan en pequeños tanques. Luego estos productos son enviados al tanque de premezcla en función de su solubilidad.

6.6.2 PREPARACIÓN FASE ACUOSA

El tanque de fase acuosa puede nutrirse de cuatro fuentes posibles: agua, leche, salmuera o ingredientes minoritarios solubles en agua como se ha dicho ya anteriormente. El agua suministrada debe ser adecuada para su consumo, libre de microorganismos y con un bajo nivel de cal. Normalmente este tanque de fase acuosa dispone de algún mecanismo de calentamiento para facilitar la disolución de los componentes minoritarios y también para evitar una precrystalización cuando se produzca la premezcla con la fase grasa.

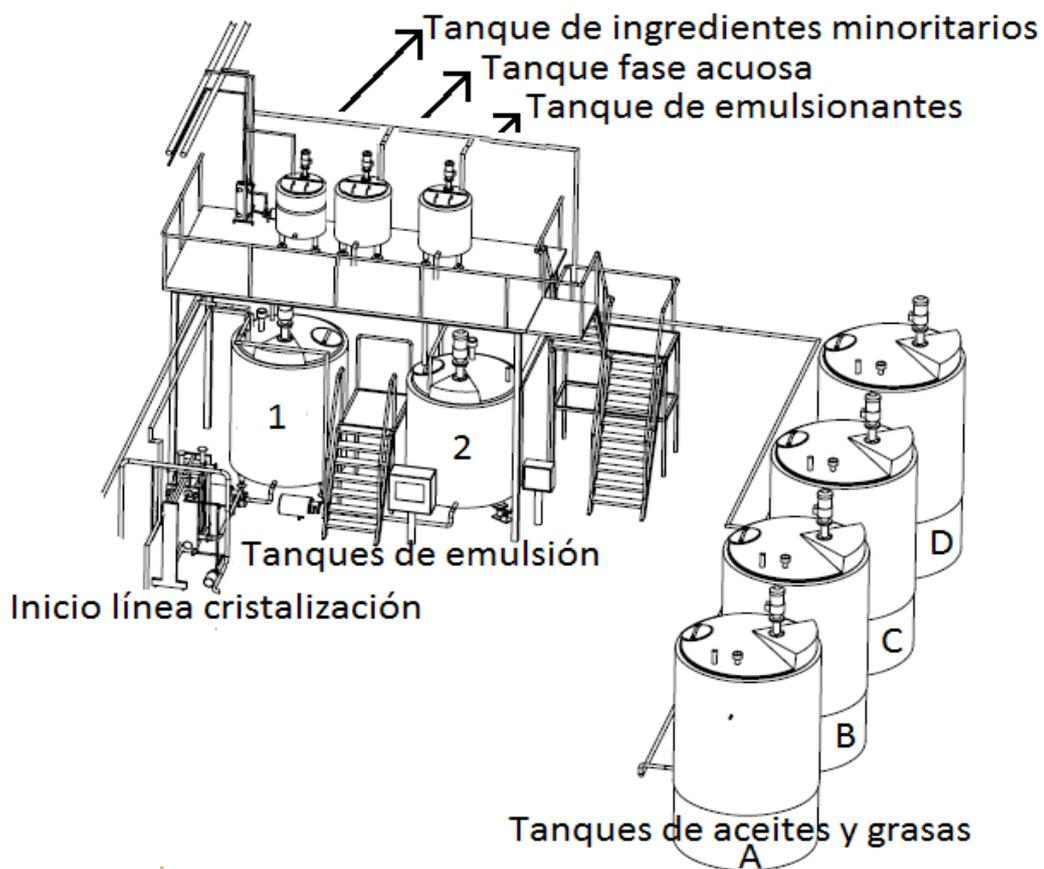


FIGURA 51. PLANTA DE FABRICACIÓN DE MARGARINA.

Normalmente, la leche proviene de una mezcla con agua y leche en polvo desde un tanque destinado al uso. Cuando esta mezcla se ha desarrollado completamente y es un producto homogéneo se une al resto de fase acuosa.

La salmuera se produce en la planta en un saturador con suficiente capacidad. Este saturador debe ser capaz de suministrar la salmuera a la fase acuosa de una manera continua sin oscilaciones en la concentración. Se prefiere una mezcla de salmuera en lugar de sal en grano ya que el grano puede afectar a las características organolépticas del producto final. Además, la sal puede afectar al revestimiento de los tubos de enfriamiento del intercambiador de calor de la zona de cristalización.

Para el resto de ingredientes minoritarios que son solubles en el agua pueden construirse diversas unidades dentro de la planta y que cada una de ellas esté conectada con el tanque principal de la fase acuosa. Se envían por una tubería común que después de cada envío es limpiada con agua y purgada con N_2 .

6.6.3 FORMACIÓN DE LA EMULSIÓN

La emulsión se lleva a cabo en un sistema de tanques para facilitar la continuidad del proceso. En primer lugar, se produce una premezcla de los componentes de la fase grasa. Grasas y aceites son añadidos al tanque en función de su punto de fusión, primero aquellos que tiene un punto de fusión más elevado y por último los de menor punto de fusión. Todos ellos son calentados hasta alcanzar el estado líquido para favorecer la mezcla con los emulsionantes y con los compuestos minoritarios solubles en el aceite.

Cuando esta fase grasa ha sido mezclada completamente, se añade al tanque la fase acuosa con todos los componentes que han sido preparados anteriormente. Finalmente, ambas fases se combinan mediante fuerte agitación y aplicación de calor produciendo una emulsión semisólida.

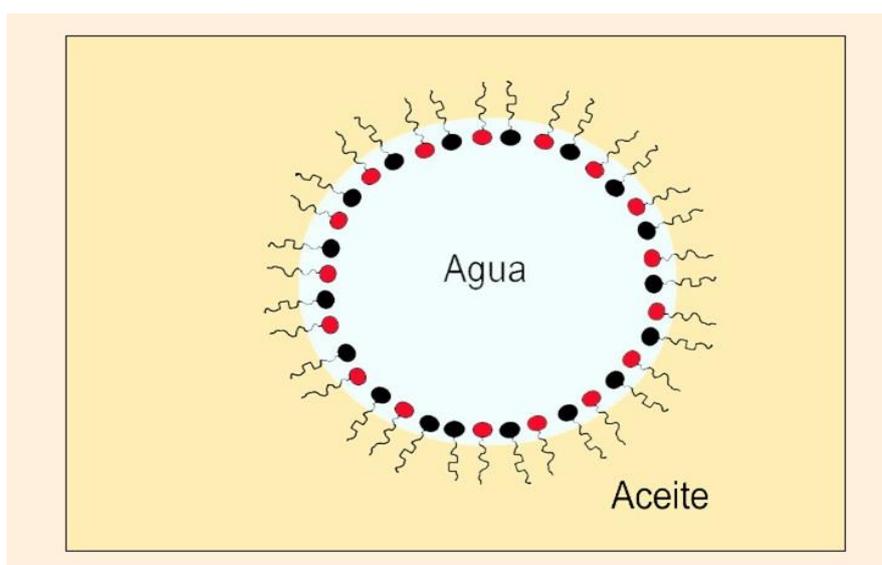


FIGURA 52. EMULSIÓN AGUA EN ACEITE.

Se pueden utilizar diversos métodos para controlar o dosificar los elementos introducidos en el tanque de emulsión. Aunque los más destacados son dos: sistema de medida de flujo y sistema de tanque de pesaje.

El sistema de medida de flujo se basa en la medida del flujo másico que es enviado al tanque de emulsión desde los diferentes tanques de preparación de la planta. Tiene una precisión de $\pm 0,3\%$ por lo que se caracteriza por su falta de sensibilidad frente a posibles interferencias como pueden ser vibraciones o golpes.

El sistema de tanque de pesaje es como el anterior, es decir, prepara la emulsión en lotes. La diferencia es que en este caso los ingredientes y fases se añaden directamente al tanque de emulsión el cual está montado sobre células de carga que controlan las cantidades que se añaden al proceso. Se considera más preciso que el anterior.

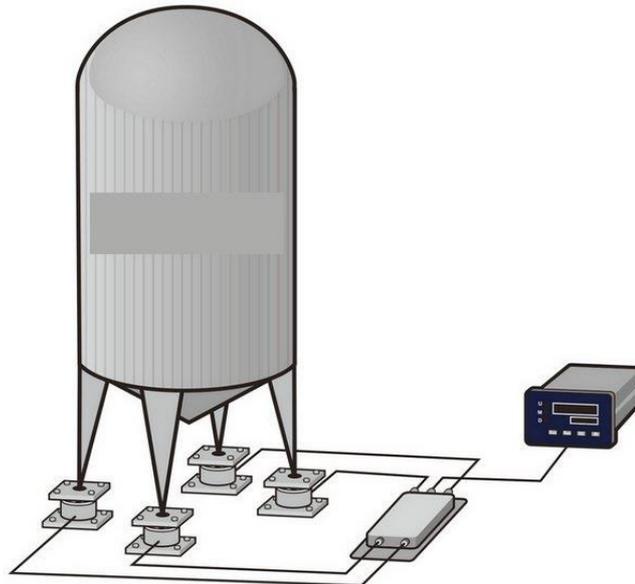


FIGURA 53. TANQUE DE PESAJE.

Normalmente el sistema para llevar a cabo la emulsión está formado por dos tanques. Cada uno de ellos puede actuar como tanque de premezcla o de envío para la posterior cristalización. De esta manera se puede garantizar la continuidad de la línea ya que mientras un tanque envía el producto a la zona de cristalización el otro está preparando la emulsión siguiente. A este sistema se le conoce como flip-flop.

No obstante, estos dos tanques se pueden utilizar de una manera diferente. Uno de ellos prepara la emulsión y la manda a un segundo tanque desde donde se alimenta la línea de cristalización. A este sistema se le conoce como premezcla/envío.

6.6.4 PASTEURIZACIÓN

La pasteurización durante el proceso tiene grandes ventajas, por un lado, inhibe el crecimiento de bacterias, así como de otro tipo de microorganismos mejorando de esta manera la estabilidad microbiológica.

La pasteurización se puede llevar a cabo únicamente a la fase acuosa, pero es preferible la pasteurización de toda la emulsión al completo ya que se minimiza el tiempo que permanece el producto pasteurizado hasta que continúa en el proceso.

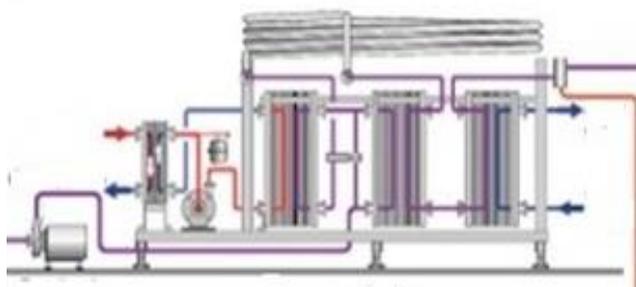


FIGURA 54. PASTEURIZADOR.

Además, al realizar la pasteurización de la emulsión se asegura que el producto enviado hacia la línea de cristalización tendrá una temperatura constante obteniendo parámetros de proceso constantes que facilitan el control de la calidad en el producto final. La pasteurización de la emulsión también evita que se produzca una posible precrystalización indeseada del producto durante la alimentación a la línea de cristalización que se lleva a cabo a una temperatura de entre 5-10 °C por encima del punto de fusión de la fase grasa.

El proceso de pasteurización se lleva a cabo después de la preparación de la emulsión a unos 45-55 °C, se produce un calentamiento de la mezcla hasta 75-85 °C que es mantenido durante 16 segundos. La temperatura final va a depender de la temperatura de fusión, cuanto mayor sea esta mayor será la temperatura a la que se mantiene la mezcla.

6.6.5 CRISTALIZACIÓN

Es una de las partes más importantes dentro del proceso de producción de la margarina. Muchas de las características finales del producto dependen del tratamiento que se lleve a cabo durante la cristalización.

Para diseñar la línea de cristalización se ha de tener en cuenta que la planta tiene que estar preparada para producir diferentes tipos de margarina como puede ser margarina de mesa, margarina para hornear o margarina ligera. Es necesario tener cierta flexibilidad en el proceso ya que las características de cristalización de cada tipo de margarina van a ser distintas.

El método tradicional para llevar a cabo la cristalización de la margarina era un sistema abierto basado en un tambor de enfriamiento. Sin embargo, los métodos modernos están basados en un sistema continuo y cerrado conocido como intercambiador de calor de superficie raspada, por sus siglas en inglés SSHE. El sistema SSHE es el más flexible en cuanto a diversidad de margarinas que se pueden producir en él y por ello será el elegido para la planta de fabricación de este trabajo. Una línea de cristalización típica consiste en:

- . Un intercambiador de calor de superficie raspada (SSHE) de alta presión.
- . Una máquina de perno rotor.
- . Un tubo de reposo.

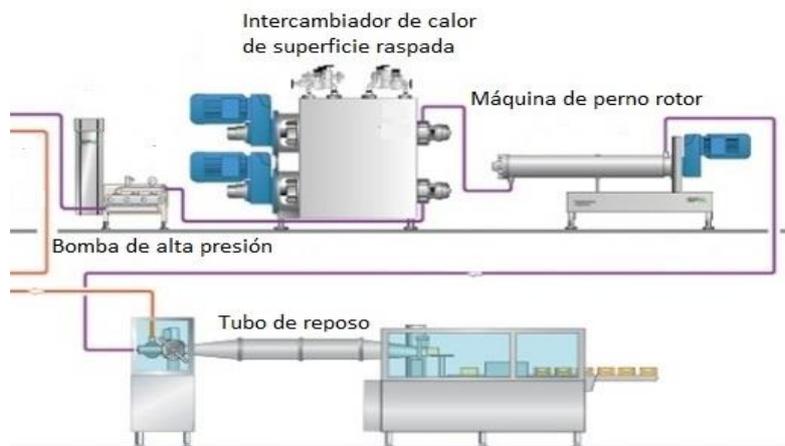


FIGURA 55. ESQUEMA ZONA CRISTALIZACIÓN.

En función del tipo de margarina que se vaya a producir la configuración de esta línea puede variar. La parte más importante de toda la línea es el SSHE ya que es donde se enfría la emulsión y por tanto se cristaliza. El intercambiador SSHE dispone de distintos tubos de enfriamiento que serán utilizados en función de las características que se le quiera dar a la margarina.

El intercambiador de calor de superficie raspada SSHE es un tubo de acero inoxidable en cuyo interior se aloja un eje que ocupa la mayor parte de la sección transversal, dejando un anillo de unos 5-10 mm. El anillo se encuentra ocupado por unas palas que van unidas al eje giratorio las cuales son las encargadas de raspar la superficie interior del tubo. Para enfriar la emulsión, el

cilindro se encuentra recubierto por una camisa de acero por la cual circula un medio refrigerante como puede ser el amoníaco líquido.

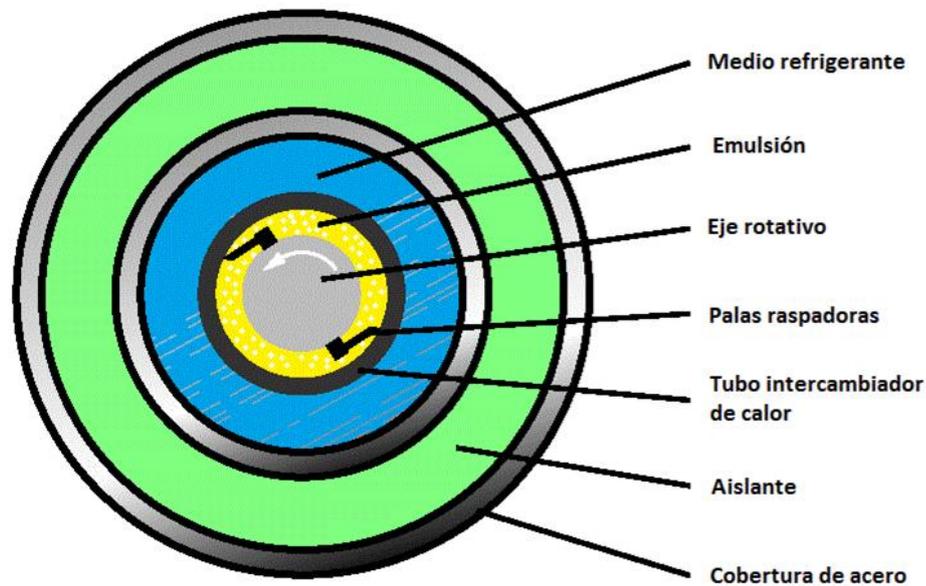


FIGURA 56. ESTRUCTURA INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUPERFICIE RASPADA (SSHE).

La emulsión entra en el intercambiador impulsada por la bomba de alta presión, una vez en el interior del cilindro, es enfriada rápidamente al entrar en contacto con las paredes que se encuentran a una temperatura de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ aproximadamente. Las palas raspadoras movidas por el eje a 500 rpm, retiran de las paredes del intercambiador el producto ya cristalizado para dejar paso a un nuevo enfriamiento, de esta manera la emulsión se enfría y se amasa simultáneamente. La alta presión dentro del cilindro y las fuerzas de cizalla hacen que se produzca una rápida nucleación durante el corto tiempo de residencia que es de entre 5-10 segundos. Por lo general se necesita un tiempo de cristalización de 6 minutos aproximadamente.

Cuando se produce un enfriamiento tan rápido, la emulsión cristaliza en forma α que rápidamente se transforma β' . La forma β' crea una red tridimensional que atrapa las pequeñas gotas de agua y aceite líquido, es así como se forma un producto de naturaleza plástica semisólida.

Después de que la emulsión ha pasado por el intercambiador de calor SSHE y ha sido enfriada formando una red cristalina, esta sigue su curso hacia la máquina de perno rotor donde es amasada durante un cierto periodo de tiempo a una cierta intensidad con la intención de formar un producto de consistencia plástica y suave.

Esta máquina de perno rotor está formada por un cilindro con un eje rotativo en el interior, este eje se encuentra equipado con una serie de palas. A medida que el eje gira, estas palas se mueven entre palas similares adosadas a la pared interior del tubo sometiendo al producto a una mezcla consistente a temperatura controlada.

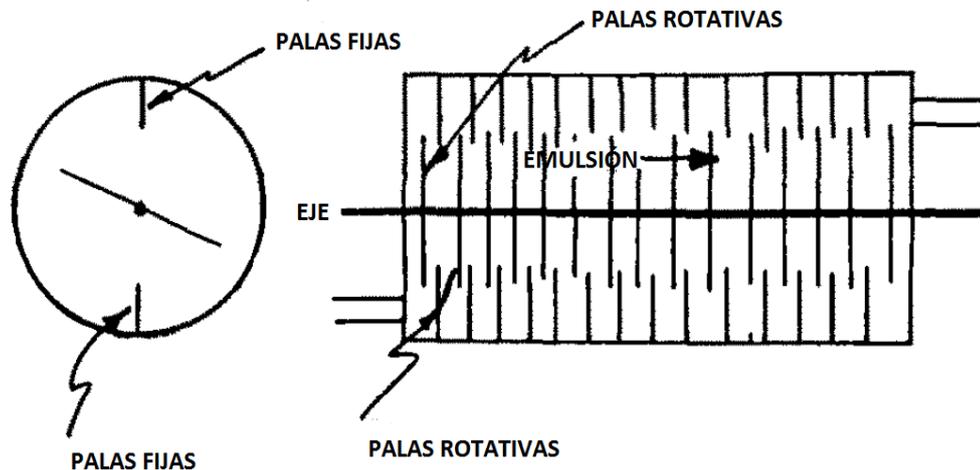


FIGURA 57. MÁQUINA DE PERNO ROTOR.

Durante el proceso de amasado en la máquina de perno rotor se produce un crecimiento de los cristales ya formados en la etapa anterior, pero sin la formación de una red cristalina entre ellos. Sólo se puede favorecer la formación de esta red mediante un reposo posterior.

El amasado es una parte del proceso de gran importancia ya que de él dependen gran parte de las propiedades reológicas del producto final. Por ello, es necesario un buen balance entre el intercambiador SSHE y la máquina de perno rotor. Si se forma una red cristalina prematura durante el proceso, el amasado posterior la destruirá y los cristales que crecen en esta fase lo harán sin una estructura interactiva quedando un producto muy líquido. Por otro lado, si se produce un crecimiento prematuro en el tamaño de los cristales, el producto será duro y quebradizo.

La última parte que compone la línea de cristalización es el tubo de reposo, es necesario para margarinas que requieran cierto grado de rigidez para poder ser envasadas y empaquetadas.

La unidad consta de un tubo abierto provisto de una chaqueta por la que circula un medio refrigerante. No tiene ningún eje rotativo, simplemente el producto es recibido a través de una malla para que tenga una distribución uniforme y una vez dentro se deja unas cuantas horas para que continúe el proceso de

cristalización. De esta manera se consigue un producto consistente que puede ser envasado de manera sencilla.

Ahora bien, en función del tipo de margarina que se desee realizar se utilizará una configuración de línea u otra y con unos parámetros determinados para alcanzar la calidad óptima del producto. Por ejemplo, si desea producir una margarina de mesa con consistencia para ser envasada en papel, la emulsión pasa por el intercambiador SSHE, por la máquina de perno rotor y vuelve al intercambiador antes de dirigirse al tubo de reposo. Sin embargo, si la margarina se va a envasar en tarrinas, la emulsión pasa por el intercambiador SSHE, por la máquina de perno rotor y es directamente envasada sin pasar por el tubo de reposo. En la siguiente tabla se pueden observar los tiempos de residencia en las unidades en función del tipo de margarina que se utilizan para diseñar la línea.

Producto	Máquina de perno rotor (%Volumen/Tiempo)	Tubo de reposo (%Volumen/Tiempo)
Margarina para masa de hojaldre	5-6	10-15
Margarina para hornear	1-4	2
Margarina de mesa	1-2	1-2
Margarina ligera	3-4	-

FIGURA 58. TIEMPOS DE RESIDENCIA PARA CADA TIPO DE MARGARINA.

La capacidad de producción de la planta la marca la superficie de enfriamiento del intercambiador de calor, en función de ella se dimensionan el resto de elementos de la planta.

A pesar de ser un sistema de producción continuo, este puede estar sujeto a paradas ocasionales siendo la avería en la línea de envasado la más común. La parada hace que el producto que en ese momento se encuentra en flujo pueda perderse, con el consiguiente gasto de tiempo, energía y producto. Por ello, la línea debe estar provista de una unidad de reciclado para recuperar el producto sin alterar su naturaleza.

6.6.6 ENVASADO

Para el envasado, se distingue entre margarina sólida o margarina líquida. El tamaño del envase varía en función del destino de la margarina, desde pequeños envases de unos pocos gramos para restaurantes, pasando por tarrinas de entre 250-1000 g hasta grandes paquetes de varios kg para uso comercial en panaderías.

En ambos casos, el material de envoltura debe proporcionar una barrera contra la luz y el aire para evitar el deterioro oxidativo y debe ser impermeable para evitar la fuga del producto.

Para las margarinas sólidas se utiliza papel de pergamino antiadherente o materiales compuestos que contienen aluminio ya que ambos sirven adecuadamente para el propósito. Hay dos maneras de llevar a cabo el proceso de envasado: se da forma a la pieza de margarina y se deposita en el envoltorio. Otra manera es colocar el envoltorio en un molde y mediante inyección se deposita la margarina en un estado semisólido que posteriormente se torna en sólido completo.

En el caso de margarina líquidas o semisólidas se deben utilizar tarrinas de plástico o cartón encerado que sirvan de soporte al producto. El proceso de envasado es sencillo, se coloca la tarrina o el envase y se deposita la margarina.

En cualquier caso, el material utilizado para el envasado de la margarina debe estar libre de todo componente dañino que pueda migrar al producto. Por lo tanto, cualquiera recipiente o envoltura de plástico no deben tener monómeros residuales ni cualquier otro material dañino.

CAPÍTULO 7:

CALIDAD

CAPÍTULO 7: CALIDAD

7.1 INTRODUCCIÓN A LA CALIDAD

El éxito del producto en el mercado se fundamenta, entre otros aspectos, en la calidad. Es una parte esencial en la empresa que no sólo ayuda en la parte comercial sino también en términos de productividad durante el proceso. Está demostrado que la inversión en calidad duplica los beneficios sobre la venta de un 7% a un 14 %.

El término calidad es abstracto, según el diccionario se define como “grado o nivel de excelencia”. Sin embargo, para el tema que nos concierne, está definición no es suficiente. Según ISO, Organización Internacional de Normalización, se define calidad como “La totalidad de los rasgos y características de un producto, proceso o servicio que inciden en su capacidad de satisfacer necesidades reguladas o implícitas”.

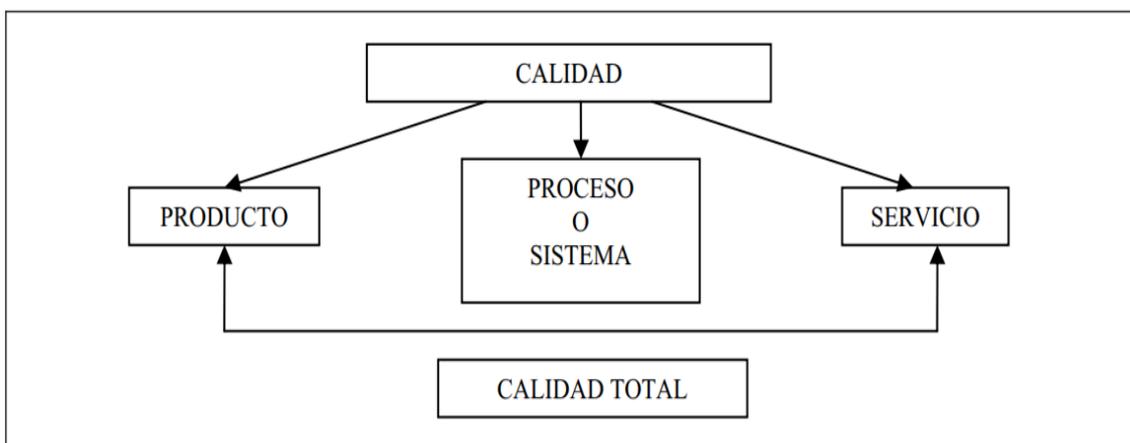


FIGURA 59. RELACIÓN ENTRE LOS TRES ASPECTOS QUE DEFINEN LA CALIDAD.

Según la Norma de Industria Japonesa, una de las más avanzadas, se define calidad como “La totalidad de las características o rendimientos propios que son objeto de evaluación para determinar si un producto satisface o no las finalidades de su uso”.

En cuanto a calidad alimentaria, se habla de un concepto relacionado con la percepción consciente o inconsciente que el cliente tiene sobre el producto y que determina su grado de aceptabilidad.

En definitiva, la calidad es un aspecto de indudable importancia dentro de una empresa agroalimentaria que debe ser tratado al mismo nivel que el resto de conceptos comerciales como pueden ser el precio, el envase o la publicidad. Un adecuado tratamiento de la calidad durante todo el proceso de fabricación favorece el éxito del producto final.

7.2 FACTORES DE CALIDAD

La calidad es la suma de diversos factores que se pueden clasificar en:

7.2.1 FACTORES HIGIÉNICOS Y SANITARIOS

Son aquellos que alteran la pureza o la integridad del alimento. Una buena calidad higiénica implica la no toxicidad del mismo, es decir, el producto debe estar libre de cualquier producto tóxico en concentraciones peligrosas para el consumidor.

El agente tóxico puede llegar al producto de diversas maneras, la más común es como acumulación de elementos tóxicos a lo largo de la cadena alimentaria o durante el proceso de fabricación. También es posible que el agente tóxico proceda del exterior como por ejemplo por una migración desde un embalaje.

En todo el mundo existen normas de calidad higiénica que fijan los niveles máximos de contaminantes que pueden existir en un producto. En el caso de la margarina, el Codex Alimentarius aprobado por la OMS fija estos niveles, así como muchos otros aspectos referentes a la margarina en concreto.

7.2.2 FACTORES SENSORIALES

Son aquellos que percibe el consumidor de una manera subjetiva al ponerse en contacto con el producto. Tienen gran influencia en el éxito del producto ya que de ellos depende en muchos casos la aceptación o el rechazo por parte del cliente. Entre ellos, las características organolépticas juegan un papel clave en la opinión del consumidor.

En este aspecto de la calidad, existen dos niveles: por un lado, una parte puramente sensorial que tiene que ver con las cualidades gustativas, olfativas,

visuales o de textura que el cliente encuentra en el producto. Anteriormente en este trabajo ya vimos las características que se esperan de la margarina durante su consumo. Por otro lado, existe un nivel psicológico que interfiere con el anterior.

Desde el punto de vista industrial, una buena calidad organoléptica implica satisfacer los gustos de un buen número de consumidores. En ciertas ocasiones, como puede ser la comercialización de la margarina en diversos países, no es posible satisfacer los gustos de todos los consumidores al mismo tiempo. Por ello la empresa debe elegir el mercado al que quiere dirigirse y en función de ello fijar unos estándares de calidad sensorial.

7.2.3 FACTORES NUTRITIVOS

Definen la bondad del alimento como nutriente, su contenido en grasa, proteínas, vitaminas...etc. En el caso de la margarina este tipo de factores son de gran importancia ya que como vimos anteriormente en este trabajo, la margarina se ha convertido en un producto muy vinculado a la salud. El cliente puede demandar un alimento muy energético o por el contrario un producto ligero.

7.2.4 FACTORES CUANTITATIVOS

Se refieren al peso y al volumen de producto que adquiere el consumidor a un determinado precio. Las medidas que se llevan a cabo son: peso neto, peso escurrido o volumen.

7.3 MEDIDAS A TOMAR

7.3.1 HIGIENE PERSONAL.

Los manipuladores y personal de la planta tienen un gran impacto en la higiene alimentaria y es necesario que se lleven a cabo una serie de pautas para evitar posibles problemas en este sentido. Algunas de ellas son:

- . Lavado cuidadoso de las manos antes de empezar a trabajar y después de la utilización del servicio.
- . Las uñas de los manipuladores deben estar limpias, sin esmaltes y cortas ya que bajo las mismas pueden albergarse microorganismos.

- . Fumar únicamente en zonas habilitadas para ello en el exterior de la fábrica.
- . Prohibición de comer cualquier tipo de chicle o caramelo en las zonas de fabricación.
- . Uso de ropa protectora y guardapolvos durante la fabricación, así como mallas y redecillas para pelo y barba.
- . Formaciones en materia de higiene y seguridad alimentaria para los empleados de nuevo ingreso.
- . Control de posibles enfermedades de los trabajadores que puedan afectar a la calidad de la fabricación.
- . En caso de heridas o cortes de los trabajadores, estas deben ser protegidas con vendas impermeable preferiblemente de un color vivo.

7.3.2 MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES

Para garantizar la calidad alimentaria en la instalación se necesita que el proceso sea rápido, limpio y a la temperatura adecuada.

Es importante que la margarina se elabore tan rápido como sea posible ya que cualquier tiempo de más empleado puede provocar un deterioro en el producto por su exposición al ambiente. Se debe tener total control sobre el proceso para que el producto se encuentre siempre en alguna operación o en un almacenamiento programado.

La limpieza de la planta, como ya hemos dicho anteriormente, es clave en la calidad. Una instalación sucia o con poca higiene hace que haya una gran cantidad de bacterias pudiendo contaminar los alimentos. Es necesario trazar un plan de limpieza tanto de zonas como de equipos para que la fábrica se encuentre libre de cualquier tipo de suciedad. Preferiblemente los equipos y tanques serán de acero inoxidable ya que es un material de fácil limpieza que ayude a mantener la higiene.

La temperatura en la instalación y durante el proceso de elaboración de la margarina debe mantener lo más baja posible mientras no afecte a la calidad del producto. Muchos de los equipos están dotados con sistemas para controlar la temperatura y dentro de la planta debe existir una instalación que mantenga la temperatura ambiente al nivel deseado.

Las estructuras auxiliares empleadas durante el proceso tales como mesas o carros de utillaje deben mantener en correcto estado de conservación y de limpieza al igual que el resto de la planta de acuerdo al plan de limpieza e higiene.

7.3.3 TRANSPORTE

Tanto la recepción de materias primas como el envío de la margarina ya fabricada y envasada se debe llevar a cabo en transporte con la adecuada higiene y que garanticen el mantenimiento de la temperatura adecuada.

7.4 CONTROL DE CALIDAD

Por control de calidad entendemos “comparar las características que tiene un producto determinado las que ha de tener”. Por tanto, consiste en medir una característica, compararla con un valor de referencia, interpretar los resultados y ver si los valores se encuentran en un rango correcto y si no lo hacen ver las razones.

Este control de calidad no sólo puede consistir en una adecuada toma de muestras y posterior análisis si no que cuando se detecta un defecto las acciones correctivas deben ser implementadas tan rápido como sea posible.

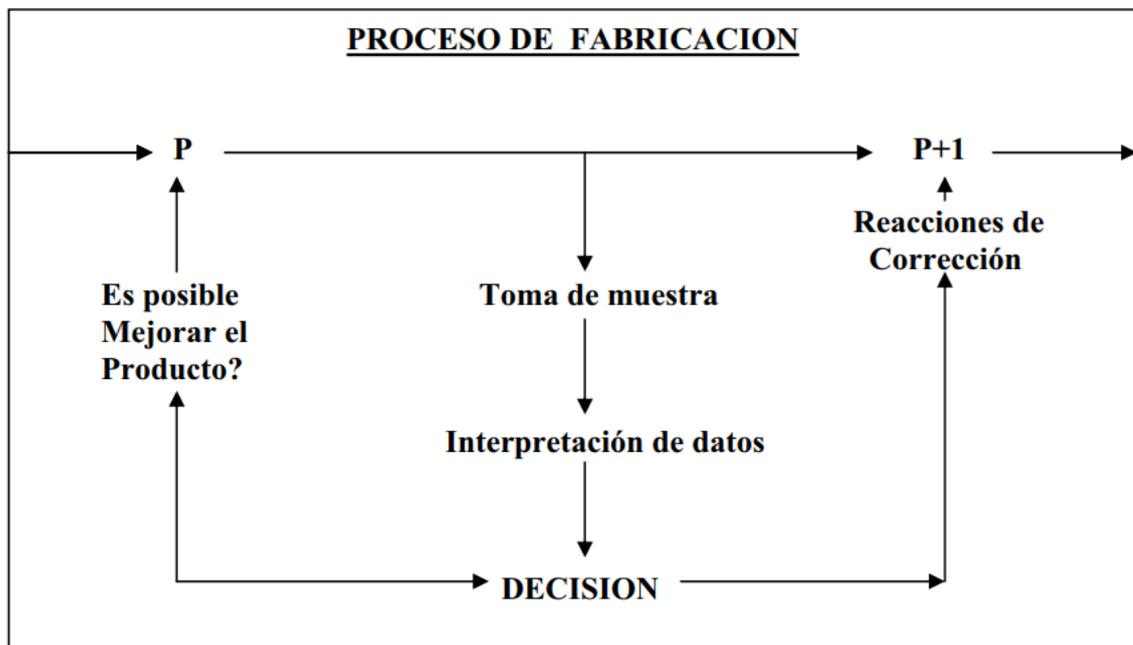


FIGURA 60. PRINCIPIO ACCIÓN EN UN PROCESO DE FABRICACIÓN.

Cuando un control de calidad detecta un defecto, se deben tomar dos medidas inmediatas:

- . En primer lugar, si es que es posible, establecer una acción correctiva del producto que se está fabricando ya que por el contrario en algunos casos tendrá que ser desechado.
- . En segundo lugar, modificar el sistema para que el defecto encontrado no se vuelva a repetir en sucesivas series.

En la actualidad el control de calidad se fundamenta en tres puntos:

- . Control de materias primas
- . Control del proceso
- . Control del producto terminado

7.4.1 CONTROL DE MATERIAS PRIMAS

En control de las materias primas se lleva a cabo para analizar el estado sanitario, las características sensoriales y los factores de calidad industrial. Es una parte importante durante el proceso ya que no se puede elaborar una margarina de calidad si las materias primas desde el principio son defectuosas.

En nuestro caso es importante controlar que las grasas y aceites no contienen tóxicos procedentes de los procesos previos de refinado. En el caso de productos minoritarios como colorantes o saborizantes se debe tener especial cuidado durante su almacenamiento ya que en el tiempo pueden perder sabor, volverse rancios o apelmazarse.

En la fabricación de la margarina las sustancias dominantes son las grasas o aceites, agua y productos emulsionantes, por tanto, se les debe prestar especial atención.

1. Prestar atención a las materias primas dominantes.
2. Someter a ensayos a estas sustancias
3. Estas materias no deben salir del almacén al proceso mientras los resultados de los análisis no sean favorables.

7.4.2 CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Consiste en el control individual de cada operación y coordinación de todas ellas. Muchos de los equipos utilizados en la fabricación de margarina tiene sistemas de control propios. Se necesita un sistema de acción rápido para corregir las desviaciones detectadas.

7.4.3 CONTROL DEL PRODUCTO TERMINADO

Consiste en la toma de una muestra aleatoria de la margarina que ya ha sido envasada o que se va a envasar para comprobar que cumple los patrones establecidos y que se esperan del producto. Si las dos primeras etapas se llevan a cabo de manera adecuada y se tiene confianza sobre ellas el éxito de esta tercera debería estar prácticamente garantizado.

CAPÍTULO 8:

ANTEPROYECTO

CAPÍTULO 8: ANTEPROYECTO

8.1 OBJETO

El objeto de esta sección del trabajo es completar el estudio realizado previamente sobre el proceso de elaboración de margarina.

La instalación se diseña para producir una margarina de mesa convencional a base de aceite de girasol, aceite de oliva y aceite de linaza. Es una mezcla saludable, cuyo modo de elaboración constituye un proceso típico de producción de margarina a nivel industrial. La capacidad de producción es de 300 kg/hora de margarina.

El domicilio de la actividad se encuentra en Arévalo, municipio perteneciente a la provincia de Ávila, en la comunidad autónoma de Castilla y León. Se elige esta ubicación por su situación geográfica, es un municipio situado en el centro de España que cuenta con polígono industrial y rodeado de campos de cultivo de semillas oleaginosas básicas para la producción de margarina.

8.2 BASES

8.2.1 FINALIDAD

La finalidad es definir el diseño básico de una planta de producción de margarina junto con la maquinaria necesaria.

8.2.2 COMUNICACIONES Y SERVICIOS

La parcela donde se sitúa la planta está urbanizada y consta de los siguientes servicios:

- . Red de abastecimiento de agua potable.
- . Red de saneamiento de aguas pluviales.
- . Red de saneamiento de aguas fecales.

- . Alumbrado público.
- . Red de telefonía.
- . Red eléctrica.
- . Accesos pavimentados.

8.2.3 NORMATIVA Y REGLAMENTOS

8.2.3.1 REFERIDA A CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES

Respecto de la construcción e instalaciones de la planta, la normativa es:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico de alta tensión.
- Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Código Técnico de la Edificación (CTE).

8.2.3.1 REFERIDA A LA INDUSTRIA GENERAL

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

8.2.3.1 REFERIDA A LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

- Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español.
- Reglamento (CE) nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios.

- Real Decreto 1011/1981, de 10 de abril, por el que se establece la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de grasas comestibles, margarinas, minarinas y preparados grasos.

8.3 INGENIERÍA DE PROCESO

8.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

A continuación, se hará una breve descripción adaptada al tipo de margarina que se pretende fabricar.

PREPARACIÓN FASE GRASA

Aceites y grasas se envían desde los tanques de almacenamiento al tanque de premezcla el cual se encarga del pesaje. En el tanque de emulsionantes se prepara la mezcla de los que son sólidos juntos con los líquidos y se envía al tanque de premezcla. Los ingredientes minoritarios solubles en el aceite también se envían al tanque de premezcla. Mediante fuerte agitación e incorporación de calor a grasas y aceites se mezclan todos estos ingredientes que quedan a la espera de la llegada de la fase acuosa.

PREPARACIÓN FASE ACUOSA

Dentro del tanque de fase acuosa se introduce el agua de proceso calentada junto con los ingredientes minoritarios solubles en agua. Se lleva a cabo un mezclado mediante fuerte agitación y se envía al tanque de premezcla que se encarga de pesar la cantidad necesaria.

PREPARACIÓN EMULSIÓN

Dentro del tanque de premezcla se reciben ambas fases y mediante agitación y aplicación de calor se forma la emulsión lista para enviarse a la zona de pasteurización.

PASTEURIZACIÓN

Se lleva a cabo dentro del pasteurizador y consiste en un calentamiento a una temperatura de 75-85 °C durante 16 segundos.

CRISTALIZACIÓN

Para el tipo de margarina que hemos definido anteriormente el proceso de cristalización es el siguiente:

La bomba de alta presión introduce la emulsión pasteurizada en el intercambiador de calor de superficie raspada SSHE. Dentro de este, la

emulsión es enfriada rápidamente y amasada simultáneamente en un proceso que dura unos 6 minutos.

Desde el intercambiador de calor SSHE la mezcla pasa a la máquina de perno rotor que mediante un sistema de palas amasa la mezcla durante 1-2 minutos para darle la consistencia deseada antes de llegar al tubo de reposo.

De la máquina de perno de rotor la margarina llega al tubo de reposo situado antes de la envasadora, en él, la margarina alcanza la consistencia necesaria para poder envasada con facilidad.

ENVASADO

El envasado se lleva a cabo en una máquina específica surtida desde el tubo de reposo, se deposita la margarina en tarrinas de 250 g para su posterior empaquetado y distribución.

8.3.2 DIAGRAMA DEL PROCESO

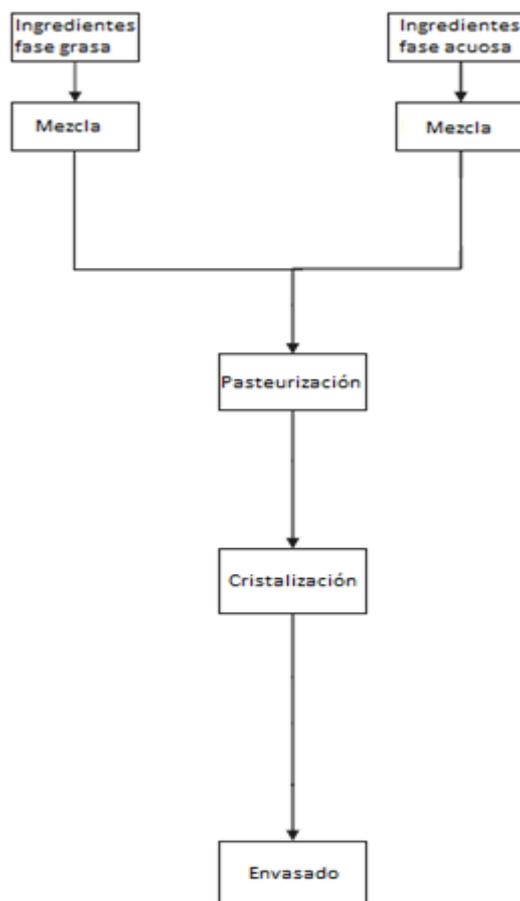


FIGURA 61. DIAGRAMA DE PROCESO.

En el gráfico anterior se detalla de forma esquemática el proceso realizado por la margarina de mesa convencional.

8.4 MAQUINARIA

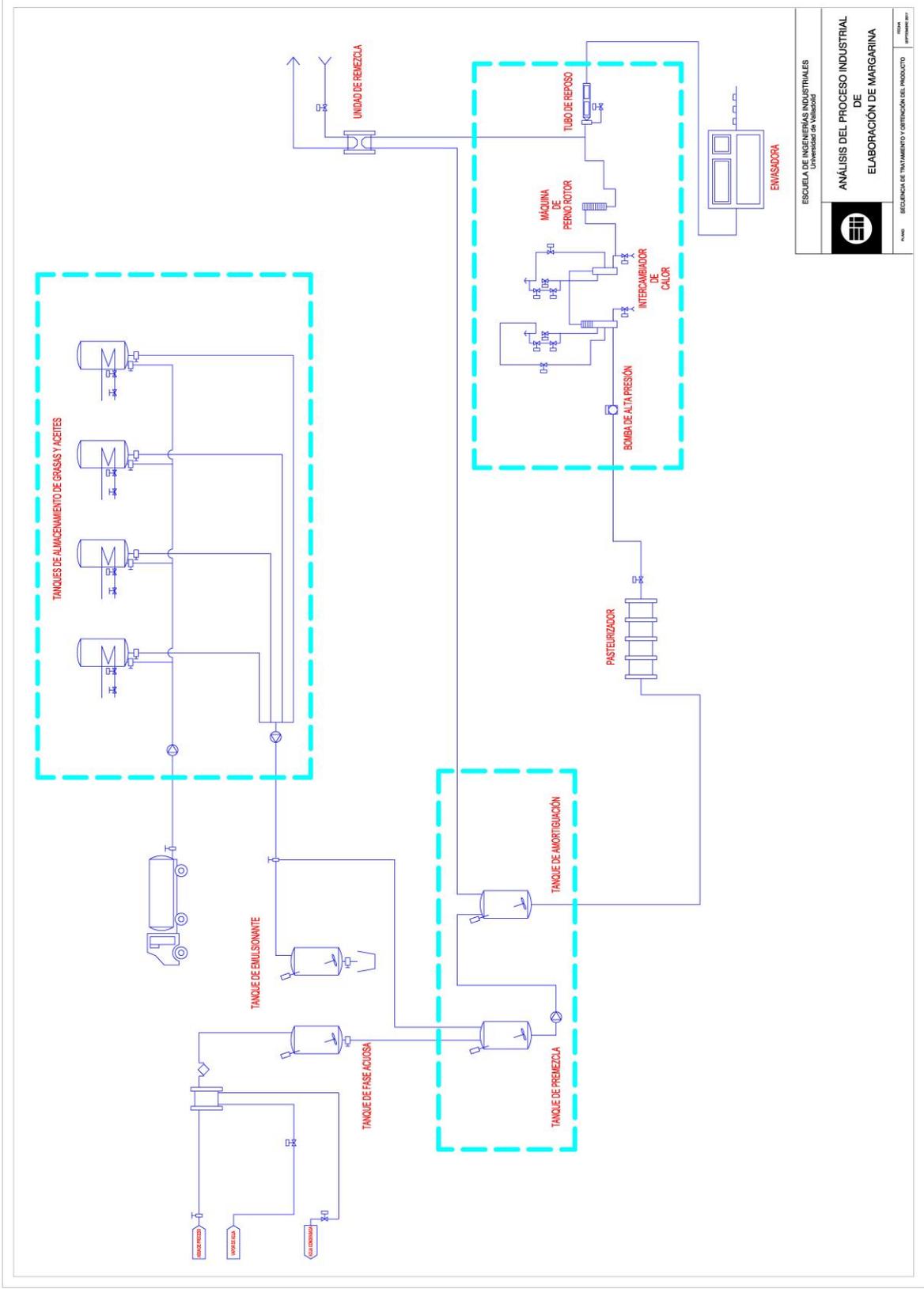
- . Cuatro tanques de 3000 L para almacenamiento de grasas y aceites con sistema de control de temperatura y agitador.
- . Tanque de proceso de 1500 L para almacenar y preparar la mezcla de emulsión.
- . Tanque de proceso de 3000 L para preparar la fase acuosa con sistema de control de temperatura y agitador.
- . Tanque de premezcla de 1000 L para preparar la emulsión con sistema de control de temperatura y agitador.
- . Tanque de amortiguación de 1000 L para preparar la emulsión con sistema de control de temperatura y agitador.
- . Pasteurizador a placas para productos con elevada viscosidad.
- . Una bomba de alta presión de pistones P3 de 120 bar.
- . Un intercambiador de calor de superficie raspada Perfector 125.
- . Una máquina de perno rotor GS para amasar y plastificar.
- . Un tubo de reposo GS previo al envasado.
- . Una envasadora de precisión Rothenburg para tarrinas de plástico.

8.5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Al tratarse de una instalación donde se trabaja con grasas y otras sustancias que pueden llegar a ser inflamables es necesario establecer un sistema de protección contra incendios teniendo en cuenta el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales como dispone el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre.

8.6 PLANO

A continuación, un plano de planta con la secuencia de tratamiento y obtención del producto.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La industria alimentaria constituye uno de los pilares básicos de la sociedad actual y como tal se destinan gran cantidad de esfuerzos para tratar de mejorarla. Gran parte de esta mejora nace del profundo estudio de los procesos vigentes con el objetivo de ofrecer nuevas alternativas. Los departamentos de I+D+I de las industrias en base a estos estudios dedican sus esfuerzos al diseño de procesos más eficientes, más respetuosos con el medio ambiente y que permitan mejorar la calidad del producto final.

La margarina es considerada el origen de la química moderna y uno de los primeros procesos industriales de transformación de alimentos. Es un producto que ha evolucionado rápidamente en el tiempo cambiando notablemente su naturaleza de origen. Este cambio ha sido motivado en primer lugar por el avance de la técnica en el tratamiento de grasas y posteriormente por las exigencias en materia de salud.

Es importante tener amplio conocimiento de la química de los alimentos, así como de la ingeniería de los procesos llevados a cabo para su transformación ya que es la manera de poder innovar y mejorar los alimentos industriales. La margarina es un claro ejemplo de ello, su cambio y mejora ha sido posible por la combinación de ambos aspectos. Ha pasado de ser un producto que simplemente aportaba energía a un alimento completo que cuida la salud y que aporta sustancias esenciales al organismo.

Por todo ello podemos concluir que, como ha ocurrido en el caso de la margarina, la industria alimentaria mundial debe poner todos los medios posibles, entre ellos la ingeniería, para estar al servicio de la población fabricando productos de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

LIBROS DE REFERENCIA

Bernardini, E. (1981) *Tecnología de aceites y grasas*. Alhambra.

Bailey, A.E. (2001) *Aceites y grasas industriales*. Reverte.

Boatella, J. (2004) *Química y bioquímica de los alimentos II*. Universitat de Barcelona.

Graciani, E. (2006) *Los aceites y grasas: composición y propiedades*. A. Madrid.

Andersen, A.J.C. (1965). *Margarine*. Pergamon Press.

Riepma, S.F. (1970). *The Story of Margarine*. Public Affairs Press.

PÁGINAS DE INTERNET

- Páginas activas en fecha: 05/09/2017

<http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/margarina.pdf> 10/06/17

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5031/ANEXOS%20Vol.I%20%28A%20-%20E%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y> 10/06/17

<http://www.institutoflora.com/origen-elaboracion-y-composicion-de-margarinas.php> 10/06/17

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fas163a/doc/fas163a.pdf> 10/06/17

http://sci-hub.cc/http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182002029100002&script=sci_arttext 13/06/17

<https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf> 12/06/17

