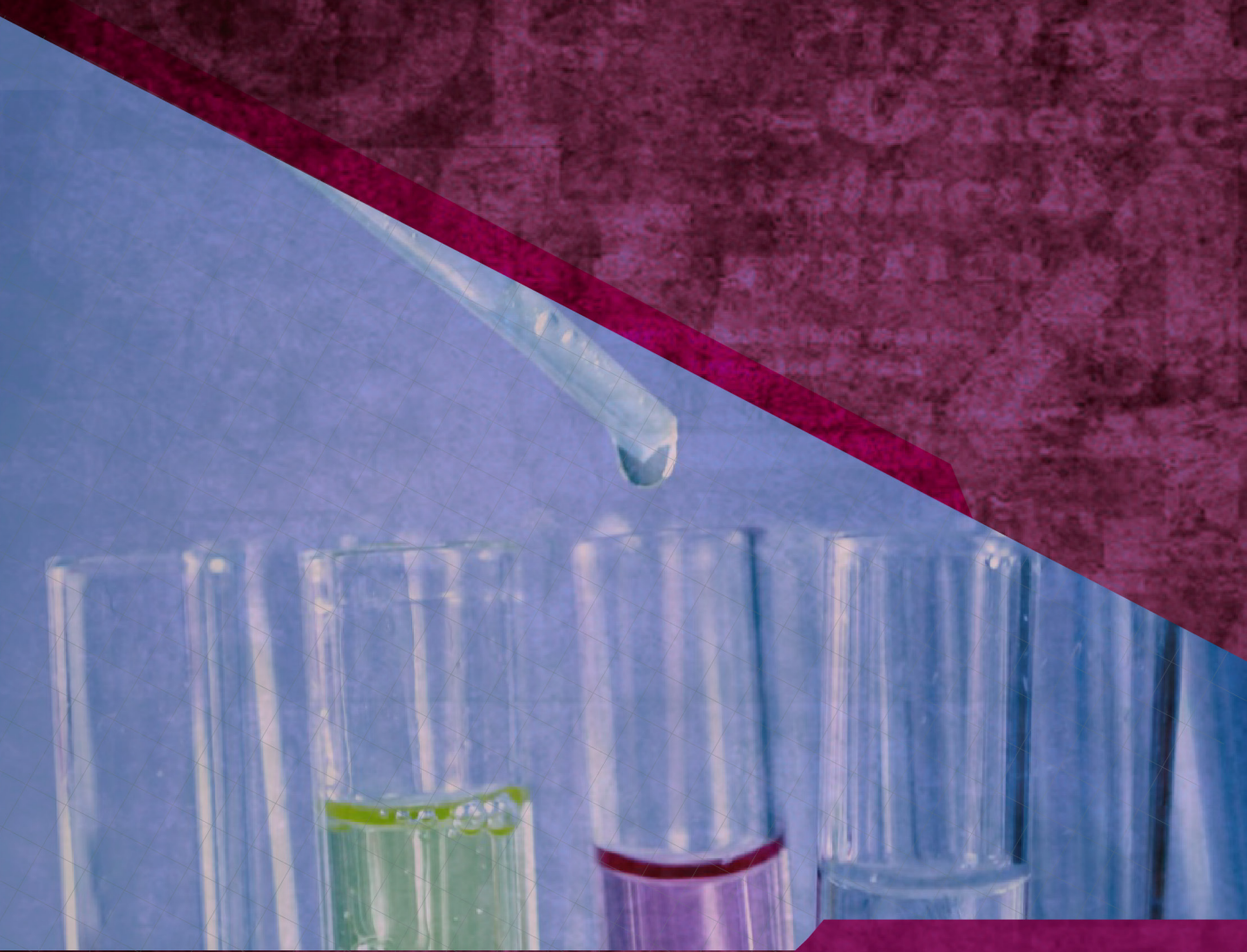


“FUNDAMENTOS BÁSICOS DE CÁLCULOS DE INGENIERÍA QUÍMICA CON ENFOQUE EN ALIMENTOS”

LUIS CEDEÑO SARES



 Editorial
UTMACH

REDES 2017
COLECCIÓN EDITORIAL



Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos

Luis Cedeño Sares

Coordinador



Primera edición en español, 2018

Este texto ha sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa editorial de la UTMACH

Ediciones UTMACH

Gestión de proyectos editoriales universitarios

165 pag; 22X19cm - (Colección REDES 2017)

Título: Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos. / Luis Cedeño Sares (Coordinador)

ISBN: 978-9942-24-118-4

Publicación digital

Título del libro: Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos.

ISBN: 978-9942-24-118-4

Comentarios y sugerencias: editorial@utmachala.edu.ec

Diseño de portada: MZ Diseño Editorial

Diagramación: MZ Diseño Editorial

Diseño y comunicación digital: Jorge Maza Córdova, Ms.

© Editorial UTMACH, 2018

© Luis Cedeño, por la coordinación

D.R. © UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, 2018

Km. 5 1/2 Vía Machala Pasaje

www.utmachala.edu.ec

Machala - Ecuador

Advertencia: “Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, existente o por existir, sin el permiso previo por escrito del titular de los derechos correspondientes”.



César Quezada Abad, Ph.D

Rector

Amarilis Borja Herrera, Ph.D

Vicerrectora Académica

Jhonny Pérez Rodríguez, Ph.D

Vicerrector Administrativo

COORDINACIÓN EDITORIAL

Tomás Fontaines-Ruiz, Ph.D

Director de investigación

Karina Lozano Zambrano, Ing.

Jefe Editor

Elida Rivero Rodríguez, Ph.D

Roberto Aguirre Fernández, Ph.D

Eduardo Tusa Jumbo, Msc.

Irán Rodríguez Delgado, Ms.

Sandy Soto Armijos, M.Sc.

Raquel Tinóco Egas, Msc.

Gissela León García, Mgs.

Sixto Chilinguina Villacis, Mgs.

Consejo Editorial

Jorge Maza Córdova, Ms.

Fernanda Tusa Jumbo, Ph.D

Karla Ibañez Bustos, Ing.

Comisión de apoyo editorial

Índice

Capítulo I

Aspectos básicos del Balance de Materia 16

Raúl Díaz Torres

Capítulo II

El balance de materia 44

Raúl Díaz Torres

Capítulo III

Balance de Materia en proceso de secado, deshidratación y
concentración de jugos 66

Luis Cedeño Sares; Carmen Llerena Ramírez

Capítulo IV

Balance de Materia en procesamiento de jaleas y mermeladas 89

Luis Cedeño Sares

Capítulo V

Balance de Materia en procesamiento de embutidos, recirculación, método del triangulo 114

Raúl Díaz Torres; Carmen Llerena Ramírez

Capítulo VI

Balance de Materia y energía en procesos térmicos 134

Luis Cedeño Sares; Carmen Llerena Ramírez; Sócrates Palacios Ponce

Dedicatoria

A mi esposa, Jackie.

A mis amigos y a todos aquellos que fueron mis estudiantes y me animaron a realizar este trabajo

Raúl Díaz Torres

A Dios, mi esposa, familiares y colaboradores que he tenido la agrado de conocer y que ayudaron a desarrollar esta obra.

Luis Cedeño Sares

A mi madrecita que ahora está en el cielo, pero siempre me acompañó en todas las actividades que he realizado en mi vida personal y profesional.

Carmen Llerena Ramirez.

A Dios, mi madre, mi hermana, a mis maestros nacionales y del extranjero que me han formado y a los amigos de mi país y del extranjero que he tenido la dicha de conocer.

Sócrates Palacios Ponce.

Prologo

Uno de los principales objetivos de la industria alimentaria es transformar, mediante una serie de operaciones, diversas materias primas de origen agrícola, pecuario u otro, en alimentos aptos para el consumo con la menor pérdida posible de cantidad y calidad. Para esto, se emplean muchos tipos diferentes de equipos, organizados en varias etapas, para alcanzar las transformaciones deseadas. El cálculo y diseño eficiente de cada una de estas etapas, es uno de los propósitos principales de la industria de alimentos.

Independientemente de la tecnología en específico que sea utilizada en estos procesos de transformación, esta tecnología estará constituida por una serie de operaciones unitarias como el mezclado, la transferencia de calor, el flujo de materiales, etc. Sin embargo, un elemento común en todo el proceso, es la conservación de la materia a lo largo de todas las transformaciones que ocurran. La comprensión y aplicación correcta de este principio, es una premisa para el buen funcionamiento de la industria y también para lograr la eficiencia económica que tanto se persigue.

El presente texto ha sido elaborado con la intención de ayudar a aquellos estudiantes que se enfrentan con estos procesos tanto para la carrera de ingeniería química como inge-

nería en alimentos, cuya intención es detallar de la mejor manera la comprensión de algunos de los aspectos básicos que rigen el procesamiento de los alimentos. Para ello, en cada capítulo se presentan no solo los principios básicos y las ecuaciones que los rigen, sino también ejemplos resueltos relacionados con los principios explicados.

Los dos primeros capítulos están dirigidos a exponer y ejemplificar los fundamentos del empleo correcto de los sistemas de unidades y del balance de masa como expresión de la ley de conservación de la materia, mientras que los restantes capítulos exponen casos particulares de este uso.

Los autores esperamos que este libro sea útil como referencia para los estudiantes de tecnología de alimentos y como un texto para estudiantes que quieran profundizar en este campo.

Introducción

Importancia de la industria alimentaria.

La industria de los alimentos se mueve a gran velocidad para hacer frente al aumento de la población mundial, paralelamente los avances en la agricultura están proporcionando tecnologías agrícolas que dan lugar al rendimiento de la producción de alimentos. La necesidad de alimentos para satisfacer a una población en constante crecimiento no solo está determinada por obtener alimentos seguros, sino también de alta calidad, con el fin de proporcionar salud. Los aspectos más relevantes en la industria de alimentos son: producción y disponibilidad de alimentos, inocuidad de los alimentos, calidad e innovación; esto se origina que en el procesado de alimentos en donde las materias primas son tratadas mediante muchas operaciones de procesos conformados en etapas, que llegan a cambiar la composición química y/o su nivel energético, requieran esfuerzos de ingeniería importante para adecuarse a las demandas de calidad, seguridad, funcionabilidad y durabilidad del producto alimentario obtenido (Singh, 2009), permitiendo una variedad de productos convencionales y funcionales.

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés marcado de los consumidores en seleccionar ciertos alimentos, que aporten valor nutritivo y beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano. Estas variaciones en los patrones de alimentación generaron unas nuevas áreas de desarrollo en las ciencias de los alimentos, permitiendo el adelanto de la industria de esta área. En la actualidad, se observa una clara preocupación en nuestra sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe; incluso se acepta sin protesta que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación, por lo que se detecta en el mercado alimentario una evidente preferencia por aquellos alimentos que se anuncian como benéficos para la salud (Aiello, 2011). Entre estos productos tenemos a los mínimamente procesados, que es una tecnología en la industria alimentaria con la finalidad de obtener productos seguros y frescos, que conserven sus cualidades nutricionales y organolépticas permitiendo alargar la vida útil de los mismos; lo que permite satisfacer los gustos del consumidor, ello está asociada a cambios en los hábitos de consumo. (Herrero, & de Avila, 2006). Otro ejemplo definido de la importancia de la industria alimentaria, es la industria láctea; siendo uno de las secciones más importantes de la economía de países industrializados y en desarrollo. Alrededor del 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es descartada como lactosuero, en cuya composición se encuentra el 55% del total de ingredientes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales. Debido a la gran cantidad de lactosuero que se produce a nivel mundial, se han propuesto numerosas alternativas para la utilización de este residuo ya que alrededor del 30 % del lactosuero producido permanece subutilizado (Alonso, Rendueles & Díaz, 2011) y otra gran cantidad es empleada en la alimentación animal (Ling Jiang, 2015). Estos valores representan anualmente 110-115 millones de toneladas métricas de lactosuero que son producidas a nivel mundial a través de la elaboración de queso (Parra Huertas, 2009).

Debe considerarse que actualmente las industrias alimentarias no solo son valoradas por su desempeño productivo y económico, sino también por su relación con el ambiente, de manera que la protección de este ha pasado de ser una exigencia sujeta a multas o sanciones a una situación donde representa amenazas y oportunidades y hasta condiciona su permanencia o salida del mercado, de manera que la utilización eficaz, de bajo costo y ecológicamente racional de estos subproductos materiales es cada vez más importante, no solo por las restricciones legales que ya empiezan a surtir efecto en muchos países, sino también por un problema de defensa de nuestro amenazado planeta (Cury et al, 2017).

Procesos.

La industria alimentaria requiere hombres y maquinarias para procesar los productos de origen agrícolas, o naturales en general; en un sentido en un sentido amplio, esta industria pertenece a los llamados procesos de manufactura que se define como el proceso de convertir materias primas en productos terminados; también comprende los procesos de obtención de otros productos mediante la transformación de un primer producto terminado; para transformar la materia prima de origen alimentario se ejecutan pasos relacionados entre sí. A esta secuencia se llama proceso; los procesos a los que continuamente ingresa y de los que se obtienen materiales y/o productos elaborados, reciben el nombre de procesos continuos; existe otro tipo de proceso en el cual se adiciona el material alimentario a procesar en un equipo, se desarrolla un tiempo de transformación físico, químico o biológico y luego se evacúa del equipo como producto terminado, el cual es trasladado al almacén de despacho; o es utilizado en otra etapa de procesamiento en caso de ser semielaborado. Estos procesos son intermitentes. En los procesos continuos siempre se fabrica el mismo tipo de productos en las mismas condiciones de temperatura, presión y composición, así como a la misma velocidad o gasto. Los procesos en la industria alimentaria moderna son, por lo general, continuos, pues de esta manera se automatizan garantizándose así una producción con calidad continua y uniforme. (Groover, 1997)

En este libro se presentan las herramientas básicas necesarias para la comprensión de las Operaciones de procesamiento de alimentos, que fundamenta a la Ingeniería de alimentos; ya que esta integra a las disciplinas clásicas de la ingeniería, como es la termodinámica, flujos de fluidos, química física, operaciones industriales, biológicos, etc.; que se integran para el estudio de las tecnologías de transformación de materias primas alimentarias, entender la ingeniería que subyace tras los procesos alimentarios tiene una importancia fundamental en el crecimiento de la industria y paralelamente en la educación en la ciencia de los alimentos.

El libro está dirigido a estudiantes, investigadores, ingenieros en alimentos, ingenieros químicos con especialización en el área del procesamiento de alimentos; y aquellas personas interesadas en el área de procesamiento agroindustrial y alimentario en general. En él se presenta información relevante en aspectos de cálculos aplicados a la ingeniería de alimentos e ingeniería química con énfasis en el procesado de alimentos, esta obra es la base para el fundamento de los balances de materias y energía a desarrollarse en las tecnologías del procesado de alimentos.

Referencia bibliográfica

- Aiello, M. (2011). Functional Foods: Between New Consumption Trends and Renewed Perceptions of Health. *Italian Sociological Review*, 5.
- Alonso, S., Rendueles, M., & Díaz, M. (2011). Efficient lactobionic acid production from whey by *Pseudomonas taetrolens* under pH-shift conditions. *Bioresource technology*, 102(20), 9730-9736.
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R., & Ch, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 9(S), 122-132.
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. Naulcapan de Juárez, Estado de Mexico: PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A.
- Herrero, A. M., & de Avila, M. H. (2016). Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas. *Revista de Medicina de la Universidad de Navarra*, 50(4), 71.
- Ling Jiang, H. C. (2015). Enhanced propionic acid production from whey lactose with immobilized *Propionibacterium acidipropionici* and the role of trehalose synthesis in acid tolerance. *Green Chemistry*, 250-259.
- Parra Huertas, R. A. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 62(1).

05 Capítulo Balance de Materia en procesamiento de embutidos, recirculación y método del triángulo.

Raúl Díaz Torres; Carmen Llerena Ramírez

Embutidos

La carne y sus derivados han jugado siempre un papel importante en los hábitos alimentarios del hombre. Este papel no se limita exclusivamente al ámbito nutricional sino también al social y cultural. Aunque en algunos grupos sociales su consumo está limitado por creencias religiosas o cuestiones éticas, en general la carne es un alimento de prestigio, apreciado y asociado a una buena salud y prosperidad. (Celada & Sánchez-Muniz, 2016).

Los productos cárnicos procesados constituyen una fuente importante de proteínas con alto valor biológico, aporte de energía, algunas vitaminas (B6 y B12), y minerales (Fe y Zn). Sin embargo existen preocupaciones relacionadas con su impacto en la salud humana debido a su alto contenido de

Raúl Díaz Torres: Ingeniero Químico (1970) y Ph.D. en Ciencias de los Alimentos (1997). Profesor jubilado de la Universidad de la Habana, Cuba, actualmente es consultor independiente en Ecuador, participando como profesor en diversos programas de maestría. Cuenta con varios libros de texto y numerosos artículos de investigación

Carmen Llerena Ramírez: Ingeniera en Alimentos, Master en Ciencias Alimentarias, Master Procesamiento de Alimentos, Master en Docencia Superior, Especialista en Auditoría de Sistemas de Calidad. Experiencia de 18 años en la Industria Pesquera, Investigadora de la Universidad de Guayaquil, proyecto: Desarrollo de Valores Agregados a partir de leche de Cabra

sodio, bajo contenido de fibra, y alto nivel de grasa característicos en muchas formulaciones (Schmiele et al, 2015). Por estas razones, en los últimos años, debido a que los consumidores cada vez están más preocupados por su salud, la industria de alimentos en general y la industria cárnica en particular se ha preocupado por obtener productos cada vez más saludables (Ueland et al, 2012).

Para lograr estos objetivos no solo se necesitan amplios conocimientos desde el punto de vista de las propiedades funcionales de los ingredientes empleados, sino también conocer los principios tecnológicos que permitan obtener formulaciones de alto rendimiento, elevado valor nutricional y bajo costo.

Proceso de producción de embutidos crudo/curados

La transformación de la carne, principalmente aquella obtenida de los animales de abasto, se viene realizando desde tiempos muy remotos con el fin primordial de conservarla, ya que debido a su alta actividad de agua, la carne como tal es altamente perecible y no puede ser conservada por periodos prolongados de tiempo. Al convertir la carne en cualquier tipo de producto cárnico, es mejorar su conservación, pero fundamentalmente se obtienen en el nuevo producto elaborado, aromas, colores y sabores que son del agrado de los consumidores. Este procesamiento y la elaboración de productos cárnicos se basan en un conjunto de complejas transformaciones físicas, químicas y bioquímicas, que tienen que ver que tienen que ver con el picado y la trituración de la carne, aspectos químico-físico, como la elaboración de emulsiones cárnicas, y los procesos de curado y el tratamiento térmico, incluido en este último un importante subproceso, el ahumado. (Andújar, Pérez, & Venegas, 2003)

Desde tiempos ancestrales se ha utilizado la técnica del secado y salado de las carnes como una manera de preservarlas para las épocas de escasez, pero los cambios en los patrones de gusto de la población han conducido a una evolución tecnológica que permita obtener una amplia gama de derivados, con mejores tiempos de conservación. Dentro de estos derivados se encuentran los embutidos que consti-

tuyen una gran familia de productos con características muy variables, pero aspectos comunes.

En la legislación ecuatoriana se define (NTE INEN 1217:2012):

- Embutido: Operación de introducción de un producto cárnico en una tripa o envoltura natural o artificial.
- Productos Cárnicos Embutidos. Son los productos elaborados con carne, grasa y despojos comestibles de animales de abasto condimentados, curados o no, cocidos o no, ahumado o no y desecados o no, a los que puede adicionarse vegetales; y que se someten a la acción de embutido.

En inglés, se emplea la palabra sausage la cual se deriva de saussiche (antiguo francés de Normandía), salsicia (Latín tardío) o salsus (Latín) que significa salado (Hugo & Hugo, 2015) lo cual indica la importancia de la sal en la elaboración de este tipo de productos.

Los embutidos pueden ser clasificados de diferentes maneras, atendiendo a criterios tales como los tipos de materias primas que los componen, la estructura de su masa, si se someten o no a la acción del calor o algún otro proceso característico en su tecnología de elaboración, la forma del producto terminado, su durabilidad o cualquier otro criterio o nombres derivados de usos y costumbres tradicionales. Este tipo de clasificación varía de un país a otro, aunque existen ciertos criterios que generalmente se toman en consideración.

Una clasificación de uso común se muestra en la tabla 1

Tabla 1 Clasificación de los embutidos (adaptado de Hugo & Hugo, 2015)

Tipo	Sub tipo	Ejemplo
Crudo	Fresco	Butifarra alemana (bratwurst)
	Fermentado •Semiseco (fermentación rápida) •Seco (fermentación lenta)	Cervelat Ciertos tipos de salami
Procesados térmicamente	Pre cocido y ahumado	Embutido chino de cerdo
	Emulsionado	Frankfurters, salchichas vienasas, mortadella bologna
	Cocido	Embutidos de hígado

En Ecuador, se establecen además los requisitos bromatológicos mostrados en las tablas 2 y 3 (RTE INEN 056:2013), los que deben ser incluidos en la clasificación de los embutidos.

Tabla 2 Requisitos bromatológicos para los productos cárnicos crudos

Requisito	Tipo I		Tipo II		Tipo III	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Proteína total, % (% N x 6,25)	14	-	12	-	10	-
Proteína no cárnica, %	Ausencia		-	2	-	4

Tabla 3 Requisitos bromatológicos para los productos cárnicos cocidos

Requisito	Tipo I		Tipo II		Tipo III	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Proteína total, % (% N x 6,25)	12	-	10	-	8	-
Proteína no cárnica, %	-	2	--	4	-	6

Ingredientes y aditivos.

Aunque el flujo tecnológico para el proceso de elaboración de embutidos es dependiente del tipo de producto a elaborar, existen ciertos aspectos que son comunes a todos los procesos, el primero de los cuales es la selección de los materiales a emplear, los que pueden ser englobados en dos grupos: ingredientes y aditivos.

Se denomina ingredientes por un lado a las materias primas y, por otro lado a los condimentos y especias.

Dentro de las materias primas son de especial importancia las de origen cárnico. La carne a emplear en la fabricación de estos alimentos depende del tipo de embutidos, pudiendo proceder de una o varias especies según los hábitos y disponibilidad de cada país (fundamentalmente ganado vacuno, porcino y aves de corral). La carne debe provenir de animales adultos, sanos y bien nutridos, a los que se ha debido dejar

reposar tras las condiciones adversas que suponen necesariamente la selección, agrupamiento o transporte, que provocan estados de estrés en los animales.

Igualmente importante resultan los materiales grasos, que en el caso de los productos crudos se recomienda que sean de elevado punto de fusión. En algunos embutidos se utilizan también sangre y vísceras, las cuales deben haber pasado la inspección veterinaria.

Por último, a menudo se incorporan diversos componentes de procedencia no cárnica, como concentrados proteicos y asilados proteicos de origen vegetal, harinas de diferentes granos o cereales, hidratos de carbono, etc.

En relación a los condimentos y especias, estos se utilizan para proporcionar a los embutidos ciertas características sensoriales específicas al producto y en algunos casos como el de la sal, con propósitos adicionales.

La sal común es el ingrediente no cárnico más empleado en embutidos. Cumple una triple función al contribuir al sabor, actuar como conservador retardando el desarrollo microbiano, pues reduce la actividad de agua en el medio para con esto disminuir la velocidad del desarrollo de reacciones químicas y enzimáticas indeseables, y, finalmente, ayudar a la solubilización de las proteínas, lo que favorece la ligazón entre las distintas materias primas, y mejora la consistencia de la masa embutida, y sus propiedades emulsionantes, etc. Para sazonar los embutidos se emplean, además, mezclas de una amplia variedad de componentes tales como pimentón, canela, pimienta, ajo, orégano, azúcar, etc., según de cual sea el producto.

Por su parte, se denomina aditivo a aquellas sustancias que se añaden a los productos alimenticios con el objetivo de modificar sus características técnicas de elaboración, conservación y/o adaptación al uso al cual se destinan, y que no se consumen normalmente como alimentos ni son usados como ingredientes característicos de los mismos.

En la elaboración de embutidos se considerarían dentro de este grupo los colorantes como la curcumina, los reguladores del pH como el ácido cítrico, los antioxidantes como el ácido ascórbico y sus sales, y agentes conservantes como las sales de nitrógeno, entre otros.

Una vez formada la masa cárnica, esta debe ser embutida, para lo cual se emplean tripas, que, además de determinar el tamaño y la forma del producto, condicionan aspectos tecnológicos y el desarrollo de determinados procesos fisicoquímicos que tienen lugar en ellos, por lo que son muy importantes propiedades como uniformidad de llenado, resistencia a la contracción o expansión, permeabilidad, etc. Estas tripas pueden ser naturales o artificiales. Las naturales provienen del tracto intestinal de animales ungulados domésticos o caza de cría para fines alimentarios, mientras que las artificiales pueden ser de colágeno, de celulosa o de plástico (NTE INEN 1217:2012).

Proceso tecnológico de elaboración.

La elaboración de los embutidos parte de una materia prima cárnica la cual se muele, mezcla y embute en tripas naturales o artificiales de colágeno. El tamaño al cual se muele las materias primas, es dependiente del tipo de producto que se desee elaborar y es muy importante para lograr las características sensoriales y tecnológicas deseadas. Durante el mezclado, se definen finalmente las propiedades del embutido de acuerdo a su tecnología y formulación y es el punto del proceso donde mayor importancia revisten los balances de masa, para asegurar las características del producto.

Una vez preparada la mezcla, la masa obtenida es sometida al proceso de embutido dentro de las tripas previamente preparadas. Para ello se emplean embutidoras que cuentan con boquillas lisas y no muy largas, para que impedir el calentamiento de la masa por la fricción producida. Se debe evitar la presencia de aire en el producto embutido, para asegurar el buen tratamiento térmico, para lo cual se pueden emplear embutidoras al vacío.

Una vez embutida la masa, esta será sometida a un proceso de fermentación (embutidos crudos) o a un proceso térmico (embutidos cocidos), que pueden o no ser combinados con el ahumado.

Dependiendo del tipo de embutido cocido, la cocción se realiza, a temperaturas comprendidas entre 75-80° C, durante períodos de tiempo variables que van desde 10 hasta 120 minutos y con humedades relativas altas entre 98 y 100 por ciento.

Por su parte el ahumado, que se puede realizar en frío o caliente, confiere al producto un aspecto y aroma característicos, además de que los compuestos del humo tienen un efecto bacteriostático y también producen una desecación que contribuye a inhibir el crecimiento bacteriano. Los compuestos fenólicos del humo protegen en cierto grado los productos frente a la oxidación de la grasa.

Ejemplos del proceso de elaboración de embutidos

Ejemplo 1

Determinar las cantidades de carne de res (CR), grasa de cerdo (GC) y agua (AG), que se deben mezclar para producir 1,000 Kg. de masa para la elaboración de salchichas. Composición de la carne de res: 14% de grasa, 67% de agua, 19% de proteína. Composición de la grasa de cerdo: 89% de grasa, 8% de agua y 3% de proteína. Composición de la salchicha (S): 20% de grasa, 65% de agua, 15% de proteína.

Base de cálculo: $S = 1000 \text{ kg}$

Balance total: $CR + GC + AG = S$

Balance de proteína: $CR (0,19) + GC (0,03) = S (0,15)$

Balance de grasa: $CR (0,14) + GC (0,89) = S (0,2)$

Despejando GC: $GC = \{S (0,2) - CR (0,14)\} / 0,89$

Sustituyendo con la base de cálculo y combinando las ecuaciones, se obtiene que:

$$CR = 764.53 \text{ kg}; GC = 103.8 \text{ kg y } AG = 131.67 \text{ kg.}$$

Ejemplo 2

Se elabora masa madre para embutidos a partir de carne roja (CR) cuya composición es 14% de grasa, 67% de agua, y 19% de proteínas. La grasa de cerdo (GC) tiene 89% de grasa, 8% de agua, 3% de proteínas. El concentrado proteico (CP) tiene 92% de proteína y 8% de humedad. El agua (AG) se debe poner en forma de hielo para alcanzar el contenido necesario de humedad. El concentrado proteico debe representar el 3% del peso total del producto.

Calcular Kg de carne, grasa, hielo, proteína que deben ser usados para obtener 100 Kg de masa madre (MM), con la siguiente composición: 15% proteína, 65% humedad y 20% grasa.

Si el precio del Kg de la carne de res, grasa de cerdo, concentrado proteico y hielo es de \$3.2, \$3.8, \$5.1 y \$0.5, respectivamente, calcular el precio de venta al público (PVP), para 1Kg de producto, si se quiere una utilidad de 25%, calculada sobre el costo de las materias primas.

$$\text{Base de cálculo: } MM = 100 \text{ kg}$$

$$CP = MM (0,03) = 3 \text{ kg}$$

$$\text{Balance total: } CR + GC + CP + AG = MM$$

$$\text{Balance de proteína: } CR (0,19) + GC (0,03) + CP (0,92) = MM (0,15)$$

$$\text{Balance de grasa: } CR (0,14) + GC (0,89) + CP (0,00) = MM (0,20)$$

$$\text{Despejando GC: } GC = \{MM (0,2) - CR (0,14)\} / 0,89$$

Sustituyendo con la base de cálculo y el valor de CP y combinando las ecuaciones, se obtiene que:

$$CR = 61.32 \text{ kg}; GC = 12.73 \text{ kg}; CP = 3 \text{ kg y } AG = 23.55 \text{ kg}$$

Para el costo de materiales se multiplican los kg de ingredientes requeridos por el costo de cada uno de ellos por kg, y posteriormente se suma cada uno de ellos.

$$\text{CR: } 61.32 \text{ kg } (\$3.20/\text{kg}) = \$ 196.22$$

$$\text{GC: } 12.53 \text{ kg } (\$3.80/\text{kg}) = \$ 47.61$$

$$\text{AG: } 23.55 \text{ kg } (\$0.50/\text{kg}) = \$ 11.78$$

$$\text{CP: } 3 \text{ kg } (\$5.10/\text{kg}) = \$ 15.30$$

$$\text{Costo total para producir 100 kg} = \$ 270.91$$

Para hallar el PVP/Kg, se procede igual que se indicó en capítulos anteriores, mediante una regla de tres, y también se efectúa una suma pero de la utilidad esperada con el costo de materiales. En este caso no se suma el costo total de producción porque no se mencionó para este tipo de problema pero normalmente también lo hay, y por último se divide ese costo para cada Kg de embutido producido.

Como se espera una utilidad de 25%, el costo de los materiales se multiplica por 1,25 y se obtiene:

$$\text{PVP (para 100 kg)} = \$ 270.91 (1,25) = \$ 338,64$$

Por tanto, el PVP será de \$ 3,39 / kg

Ejemplo 3

Con los materiales indicados en la tabla queremos producir 1,000 Kg de embutidos (PF) utilizando 3% de concentrado proteico. Suponiendo que los costos de elaboración, venta y distribución representan el 40% de los costos de materiales. Calcular el PVP de 1 Kg de embutidos, si la utilidad esperada es del 25%.

	Precio (Kg)	% H2O	% Grasa	% Proteína	Mínimo	Máximo
Carne de res (CR)	3.2	67	17	16	8	-
Grasa de cerdo (GC)	3.8	8	89	3	-	6
Concentrado pro- teico (CP)	5.1	8	2	90		
Hielo (AG)	0.5	100	-	-		
P. Final (1,000 Kg)	PVP	65	20	15		

Base de cálculo: PF = 100 kg

CP = PF (0,03) = 30 kg

Balance total: CR + GC + CP + AG = PF

Balance de proteína: CR (0,16) + GC (0,03) + CP (0,90) = PF (0,15)

Balance de grasa: CR (0,17) + GC (0,89) + CP (0,02) = PF (0,20)

Despejando GC: GC = {PF (0,2) - CR (0,14) - CP (0,02)} / 0,89

Sustituyendo con la base de cálculo y el valor de CP y combinando las ecuaciones, se obtiene que:

CR = 752.6 kg; GC = 80,80 kg; CP = 30 kg y AG = 136,60 kg

Para calcular el costo de los materiales procedemos de la manera antes señalada (Ejemplo 2)

CR: 752.6 Kg (\$3.20/Kg) = \$ 2,408.32

P: 80.8 Kg (\$3.80/Kg) = \$ 307.04

H: 136,6 Kg (\$0.50/Kg) = \$ 68.3

S: 30 Kg (\$5.10/Kg) = \$ 153

Al sumar obtenemos un costo total de materiales de \$ 2936,66

Para calcular los costos de producción, distribución y venta con los costos de materiales, multiplicamos por 1,4 (ya que representan el 40%) y obtenemos un valor de \$ 4 111, 324

De acuerdo a la utilidad esperada (25%), se multiplica este valor por 1,25 y obtenemos \$ 5 139, 155 que sería el PVP de 1000 kg de producto. Por tanto el precio de venta de un kilogramo se obtiene dividiendo para 1000

$$\text{PVP} = \$ 5,14 / \text{kg}$$

Recirculación, derivación y purga.

Cuando ocurren reacciones químicas en un proceso, o cuando se desea purificar o concentrar una corriente de flujo, una práctica común puede ser el uso de la recirculación, derivación y/o purga

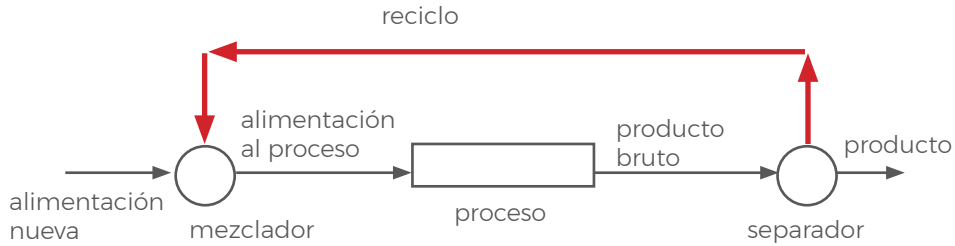
Se denomina recirculación al proceso que ocurre cuando uno de los productos de una unidad se devuelve a otra unidad anterior, con la finalidad de recuperar y utilizar los reactivos que no han sido consumidos, recuperar catalizadores, diluir el flujo de un proceso, o simplemente hacer circular un fluido de trabajo como el fluido refrigerante en los sistemas de refrigeración.

Una corriente de reciclaje es una corriente que devuelve parte del material de una corriente de salida de una unidad a una corriente de entrada de esta misma unidad o de otra unidad anterior en la secuencia del proceso. El objetivo del reciclaje es ajustar las condiciones de la corriente de salida, reutilizar material o aumentar la conversión en un proceso con reacción química, recirculando reactante valioso no reaccionado; este se emplea en los casos en que hay retorno de material desde un punto posterior del proceso y se incorpora nuevamente para un procesamiento ulterior

Ejemplos de este tipo de proceder pueden ser los procesos de secado donde se recircula el aire húmedo de salida para ajustar la humedad de salida y aquellos procesos que emplean catalizadores sólidos, en los que éstos se recirculan para volverlos a emplear.

En la figura 1 se muestra un esquema clásico de este tipo de proceso, donde la alimentación ingresa a un mezclador antes de ingresar al proceso

Figura 1. Sistema con recirculación



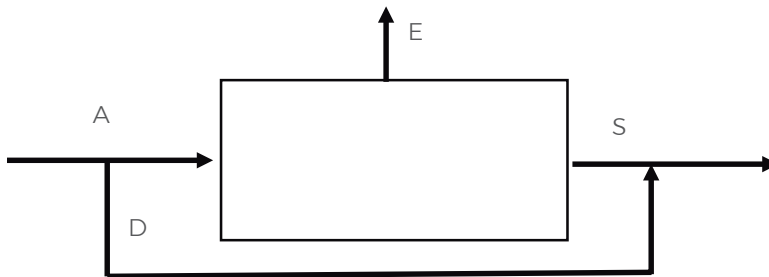
Fuente: Deiana, Granados, & Sardella, 2017.

En un sistema de este tipo, la corriente de salida del sistema seguirá siendo igual en cuanto a flujo másico a AF, pero la concentración de entrada al primer reactor, es diferente a la que existiría si no hubiera recirculación.

Se denomina desviación (o bypass) al desvío de una fracción de la alimentación a una unidad del proceso para ser combinada con el flujo de salida de la misma o de otra unidad posterior, lo que generalmente se realiza para influir en la composición y las propiedades del producto. Por ejemplo en los evaporadores de jugos de frutas, suele emplearse esta técnica para preservar el contenido de sustancias volátiles.

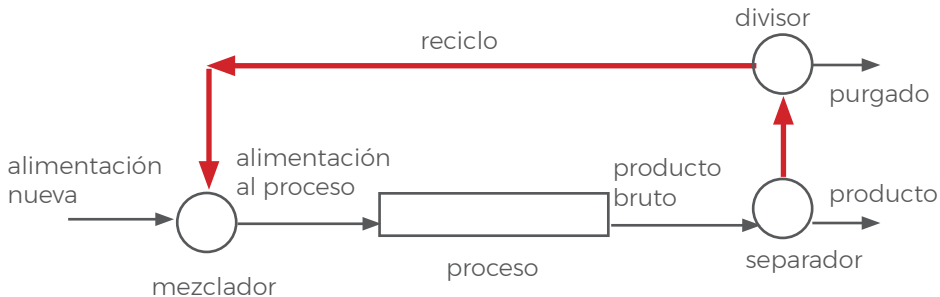
En la figura 2 se muestra un esquema clásico de este tipo de proceso, donde el flujo másico de alimentación (A) es igual a la sumatoria de los flujos másicos de las corrientes E y S.

Figura 2. Sistema de un evaporador con desvío



Se utiliza el término purga cuando una fracción de la recirculación se extrae del proceso para eliminar una acumulación de materiales inertes o indeseados, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Esquema de un sistema con purga.



Fuente: Deiana, Granados, & Sardella, 2017

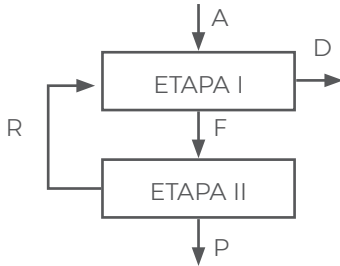
En un sistema de este tipo, el balance de masa nos indica que el flujo másico de alimentación es igual a la suma de los flujos másicos de la purga y del producto.

Ejemplo de un proceso con recirculación de una corriente.

Ejemplo 1

En un proceso de separación de membranas en dos etapas se concentran los sólidos totales de un jugo desde 10% hasta 30%, para obtener 1000 kg/h de producto. En la primera etapa se deshecha una corriente de 0.5% ST y otra corriente pasa a la segunda etapa conteniendo 25% ST. En esta segunda etapa se separa una corriente de 2% ST que es recirculada a la primera etapa.

Realice el diagrama de flujo del proceso señalando masa y concentración de todos y cada una de las corrientes.



Como se aprecia, $A = D + P$

La base de cálculo será $P = 1000$ kg, por tanto, $A = D + 1000$

Realizando el balance total de sólidos, tenemos que

$A (0,1) = D (0,005) + 1000 (0,3) = D (0,005) + 300$, de donde sustituyendo el valor de A se obtiene

$$0,1 D + 100 = D (0,005) + 300 \text{ y despejando } D$$

$$D (0,1 - 0,0005) = 200, \text{ de donde}$$

$$D = 2,105,26 \text{ kg/h y por tanto } A = 3,105,26 \text{ kg/h}$$

Para hallar el valor de R, debemos hacer el balance de masa alrededor de la primera etapa

$$A + R = D + F \text{ Sustituyendo los valores obtenemos}$$

$$3,105,26 + R = 2,105,26 + F \text{ y por tanto } 1000 + R = F$$

Mediante el balance de sólidos en la primera etapa se obtiene que

$$A (0,1) + R (0,02) = D (0,005) + F (0,25)$$

Sustituyendo los valores se obtiene que

$$3,105,26 (0,1) + R (0,02) = 2,105,26 (0,005) + F (0,25)$$

$310,526 + (F-1000) (0,02) = 2,105,26 (0,005) + F (0,25)$ y despejando

$$F = 217,39 \text{ kg/h y } R = 782,61 \text{ kg/h}$$

Método del triángulo

En casi todos los procesos de la industria alimentaria se requiere de la operación de mezclado, para obtener productos que pueden ser los finales o los de punto de partida en la elaboración de alimentos. En otros procesos se concentran una o varias de las sustancias, evaporando parte del agua que contienen. La operación que se usa para este fin es la evaporación.

Es muy usado en los balances de mezcla y evaporación, en este método se necesita de un triángulo equilátero dividido en 10 partes cada lado, y los componentes que intervienen en el proceso debe tener tres componentes, donde cada componente se ubica en un lado del triángulo, como se verá a continuación:

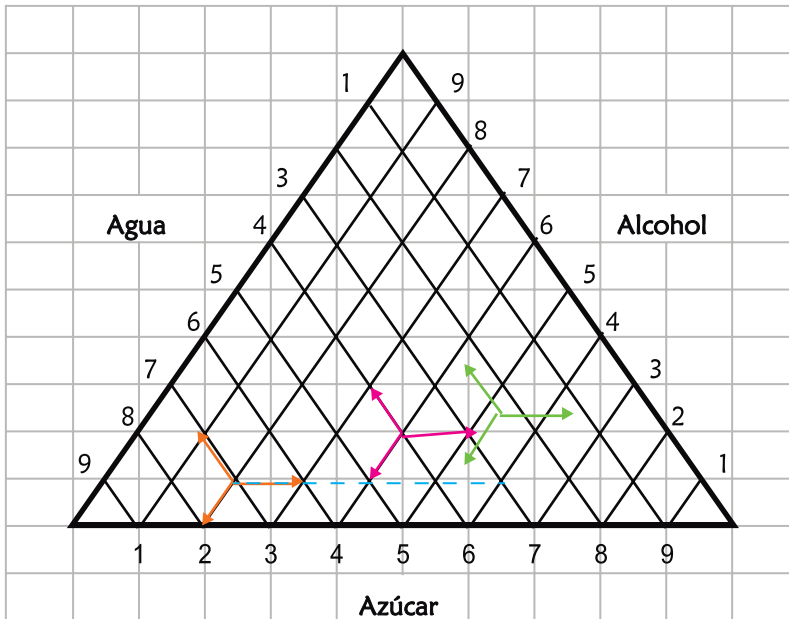
Ejercicios:

Una corriente de 150 Kg que contiene 20% de alcohol, 60% de agua y 20% de azúcar se mezcla con otra corriente de 450 Kg con concentraciones de 30% de alcohol, 20% de agua y 50% de azúcar. Utilizando el método gráfico del triángulo determinar masas y concentraciones del compuesto resultante:

Corriente 1

Corriente 2

Corriente 3 (Resultante)



Datos:

Corriente 1 = 150 Kg

20% Alcohol
60% Agua
20% Azúcar

Corriente 2 = 300 Kg

30% Alcohol
20% Agua
50% Azúcar

Para hallar la masa de la corriente resultante, se realiza una suma de las masas de las corrientes que la forman:

$mr = 150 \text{ Kg} + 450 \text{ Kg} =$

600Kg de la corriente resultante

Posteriormente, determinamos a qué lado tiene mayor afinidad la corriente resultante, de la siguiente manera:

$$150 + 450 = 600$$

$$1 + 3 = 4$$

Donde, se concluye que la corriente resultante tiene mayor afinidad hacia la corriente 2, también se determina que la recta que une la corriente 1 a la corriente 2, se divide en 4 partes iguales, y que la tercera parte es el lugar de ubicación de la corriente resultante, lo cual se lo puede apreciar en el triángulo en la parte superior.

Mediante la cual se concluyó que la corriente 3(resultante) tiene la siguiente composición:

Corriente 3

28% Alcohol
30% Agua
42% Azúcar

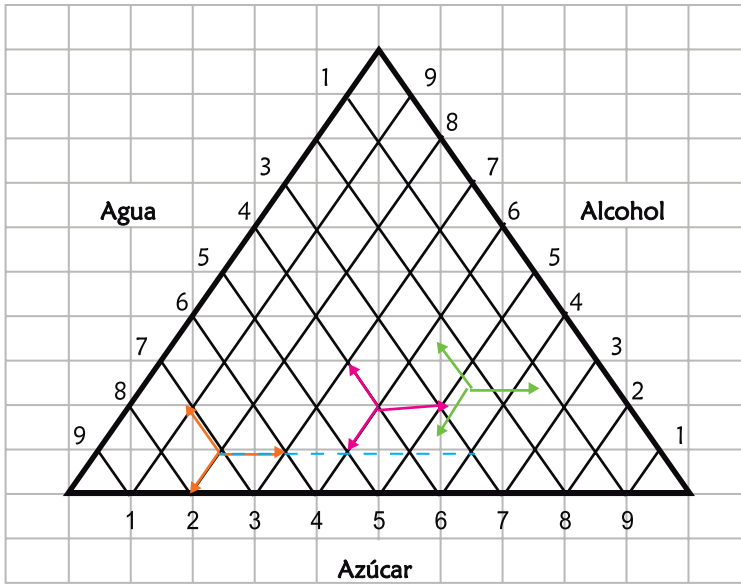
R// Mezcle 150 Kg. de una corriente con 20% Alcohol, 60% agua y 20% de azúcar con 450 Kg de una corriente con 30% Alcohol, 20% agua y 50% de azúcar, para obtener 600 Kg de una corriente con 28% alcohol, 31% agua y 42% azúcar.

Cuando se mezclan dos corrientes de 1 ton/h que contiene 10% de alcohol, 20% de azúcar y 70% de agua, con otra, obtenemos una corriente resultante de 3 ton/h que contiene partes iguales de agua, azúcar y 20% de alcohol. Calcular utilizando el método del triángulo la masa y composición de la segunda corriente.

Corriente 1

Corriente 2

Corriente 3(Resultante)



Datos:

Corriente 1 = 1 Ton/h

10% Alcohol
70% Agua
20% Azúcar

Corriente 3 = 3Ton/h

20% Alcohol
40% Agua
40% Azúcar

Para hallar la masa de la corriente 2, se realiza una diferencia entre las masas de la Corriente 3(resultante) con la Corriente 1:

$$m_2 = 3 \text{ Ton/h} + 1 \text{ Ton/h} = \boxed{2 \text{ Ton/h de la corriente 2}}$$

Posteriormente, determinamos a qué lado tiene mayor afinidad la corriente resultante, para ver si esta corriente está más cerca de la corriente 2 o a la corriente 1, de la siguiente manera:

1
+
2
=
3

Donde, se concluye que la corriente resultante tiene mayor afinidad hacia la corriente 2, también se determina que la recta que une la corriente 1 a la corriente 2, se divide en 3 partes iguales, y que la segunda parte es el lugar de ubicación de la corriente resultante, lo cual se lo puede apreciar en el triángulo en la parte superior.

Mediante la cual se concluyó que la corriente 2 tiene la siguiente composición:

Corriente 2

25% Alcohol
23% Agua
52% Azúcar

R// Mezcle 1 Ton de una corriente con 10% Alcohol, 70% agua y 20% de azúcar con 2 Ton de una corriente con 25% Alcohol, 23% agua y 52% de azúcar, para obtener 3 Ton de una corriente con 20% Alcohol, 40% agua y 40% azúcar.

Referencia bibliográfica

- Andújar, G., Pérez, D., & Venegas, O. (2003). Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, La Habana, 81-97.
- Ávila-de Hernández, R., & Bullón-Torrealba, J. (2013). La concentración de jugos de fruta: Aspectos básicos de los procesos sin y con membrana. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(3), 65-75.
- Celada, P., & Sánchez-Muniz, F. J. (2016, June). ¿Es el consumo de carne y derivados peligroso para la salud? Relación con el riesgo de cáncer colorrectal y otras enfermedades degenerativas. In *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia* (Vol. 82, No. 1).
- Hugo, C. J., & Hugo, A. (2015). Current trends in natural preservatives for fresh sausage products. *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), 12-23.
- NTE INEN 1217:2012 CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS. DEFINICIONES.
- Ueland, Ø., Gunnlaugsdottir, H., Holm, F., Kalogeras, N., Leino, O., Luteijn, J. M., ... & Tuomisto, J. T. (2012). State of the art in benefit-risk analysis: Consumer perception. *Food and Chemical Toxicology*, 50(1), 67-76.

*Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería
química con enfoque en alimentos.*
Edición digital 2017 - 2018.
www.utmachala.edu.ec

Redes

Redes es la materialización del diálogo académico y propositivo entre investigadores de la UTMACH y de otras universidades iberoamericanas, que busca ofrecer respuestas glocalizadas a los requerimientos sociales y científicos. Los diversos textos de esta colección, tienen un espíritu crítico, constructivo y colaborativo. Ellos plasman alternativas novedosas para resignificar la pertinencia de nuestra investigación. Desde las ciencias experimentales hasta las artes y humanidades, Redes sintetiza policromías conceptuales que nos recuerdan, de forma empeñosa, la complejidad de los objetos construidos y la creatividad de sus autores para tratar temas de acalorada actualidad y de demanda creciente; por ello, cada interrogante y respuesta que se encierra en estas líneas, forman una trama que, sin lugar a dudas, inervará su sistema cognitivo, convirtiéndolo en un nodo de esta urdimbre de saberes.



Universidad de Guayaquil

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
Editorial UTMACH
Km. 5 1/2 Vía Machala Pasaje
www.investigacion.utmachala.edu.ec / www.utmachala.edu.ec

ISBN: 978-9942-24-118-4

