



Yura: Relaciones internacionales

Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio

Revista electrónica ISSN 1390-938x

Nº 9: Enero - marzo 2017

Máquina dosificadora de cuajada para el moldeado de quesos frescos. pp. 41 - 51

Erazo, Víctor; Chico, Cristian; Ortiz, Diego

Universidad Técnica del Norte

Ibarra - Ecuador

vaerazo@utn.edu.ec

Máquina dosificadora de cuajada para el moldeado de quesos frescos.

*Máquina dosificadora de cuajada para el moldeado de quesos frescos.
Erazo, Víctor; Chico, Cristian; Ortiz, Diego
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas: Universidad Técnica del Norte
cgchicog@utn.edu.ec, dlortiz@utn.edu.ec, vaerazo@utn.edu.ec*

Resumen

Según datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, correspondientes al tercer censo nacional agropecuario. La zona uno del Ecuador produce aproximadamente 458.000 litros de leche al día, donde Carchi e Imbabura son las principales provincias productoras. De este total, se estima que el 20 % se destina a la elaboración de productos lácteos de forma artesanal. La adquisición de equipos para la fabricación de quesos representa una fuerte inversión para los microempresarios y no todos cuentan con los recursos necesarios. Pequeñas empresas familiares realizan esta actividad en forma lenta. Se utilizan cacerolas para elaborar la cuajada e introducen sus manos para eliminar el suero y moldear el queso. Ante esta problemática, se construye una máquina dosificadora de cuajada para el moldeado y desuerado de quesos frescos, orientada a las microempresas de la zona uno del Ecuador. Para este propósito, se ha analizado el sistema de moldeo artesanal y se planteó una solución tecnológica que suprima el trabajo físico y mejore la asepsia del producto. Se diseña un depósito de acumulación y extracción de suero para calcular el sistema de bombeo. Se analiza cada una de las cargas sobre la máquina y se brinda solución estructural a las mismas mediante simulaciones. Estas se validan con cálculos convencionales para demostrar la fiabilidad del software utilizado. En las pruebas de funcionamiento se determinó que la máquina dosificadora de cuajada disminuye el tiempo de trabajo en 50 % y logra la reducción de mermas en la cuajada en 3.33 %.

Palabras clave

Moldeado de queso, cuajada, queso fresco, desuerado, zona uno del Ecuador.

Abstract

According to the data published by the Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fishing; in the third national agricultural census. Ecuador's Zone 1 produces approximately 458.000 liters of milk per day, where Carchi and Imbabura are the main producing provinces. From this total, it is estimated that 20% is used for the elaboration of dairy products in an artisanal way. The acquisition of new equipment to fabricate cheese represents a large investment for small manufacturers, and not all of them have enough economic resources. Small family enterprises realize this activity in a slow way. Pots are used to elaborate the curd. Then, laborers introduce their hands to eliminate the serum and mold the cheese. Facing this problem, a dosing machine was built to mold and drain the fresh cheese. This machine is intended to be used by small manufacturers in Ecuador's zone one. For this purpose, the artisanal molding system has been analyzed and a technological solution has been proposed to improve it. Such solution will eliminate the physical work and will improve the product's hygiene. First, a deposit for accumulation and extraction of the serum is designed, to calculate the pumping system. Then, each of the charges on the machine is analyzed; and then through simulations, a structural solution is given to them. These are validated with conventional calculations to demonstrate the reliability of the software applied. In operation tests, it was determined that the curd dosing machine reduces working time by 50 % and reduces curd losses by up to 3.33 %.

Key words

Molding cheese, curd, fresh cheese, draining, zone one of Ecuador

Máquina dosificadora de cuajada para el moldeado de quesos frescos.

Los resultados del Censo Nacional Económico 2010, publicados en la página web del Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, indican que en Imbabura y Carchi, se encuestó a 48 empresas formales dedicadas a la elaboración de productos lácteos. Según el Centro de la Industria Láctea del Ecuador (CIL, 2015), Alpina Ecuador, Quesería del Norte “Quesinor” y Floralp S.A son las empresas más grandes del sector. En consecuencia, se puede concluir que más del 90 % de esta industria pertenece a las micro, pequeña y mediana empresa.

43

La industria alimenticia, como sector prioritario en el cambio de la matriz productiva, debe implementar normas de calidad e incorporar tecnología, para mejorar sus actuales procesos productivos. El gobierno nacional promueve la sustitución de importaciones con lo cual las empresas deben producir maquinaria a nivel local. Nada más alejado de la realidad ya que, “la inversión de las empresas en capacitación, investigación y desarrollo no supera el 0,3 % de sus ventas totales” (INEC(a), 2010)

Es necesario vincular a las instituciones de educación superior para cubrir esta necesidad. Así, mediante la creación y experimentación de prototipos funcionales, brindar apoyo a las microempresas artesanales de la Zona uno y del Ecuador en general. Bajo este principio, en la Universidad Técnica del Norte, nos encontramos desarrollando prototipos de máquinas para la producción automatizada de quesos para lo cual se toma en cuenta los requerimientos dimensionales de los usuarios y las estipulaciones básicas de distintas normas que rigen este proceso.

Método

2.1 Fabricación artesanal.

Este proceso 100 % manual comienza con la recepción de leche cruda, misma que pasa por las etapas mostradas en la tabla 1.

Tabla 1
Proceso de fabricación del queso artesanal.

Etapa	Objetivo	Instrumentos
Verificación	Medir densidad y acidez de la leche.	Reactivos químicos.
Filtrado	Eliminar impurezas propias del proceso de ordeño.	Tamiz, utensilios de cocina.
Pasteurización	Calentar la leche a 65 °C durante 30 minutos, se deja enfriar hasta 40 °C con agitación constante para garantizar que la temperatura sea uniforme.	Cacerolas, fogón a gas, utensilios de cocina.
Cuajo	Adición de cloruro de calcio, cuajo líquido o en polvo y se deja reposar de 30 a 40 minutos.	Utensilios de cocina.
Corte de cuajada	Realizar cortes de forma vertical y horizontal, para obtener partículas de cuajada para dejar escapar el suero.	Herramienta denominada lira.
Salado	Añadir cloruro de sodio con agitación constante.	Utensilios de cocina.
Desuerado	Evacuar aproximadamente el 70 % del suero.	Utensilios de cocina, tamiz de tela.
Moldeado	Colocar cuajada en moldes.	Moldes de PVC.
Prensado	Eliminar residuos de suero y moldear el queso	
Empaque	Empacar producto terminado	Fundas plásticas.

Como indica la figura 1, en la etapa de desuerado, la cuajada se extrae de la cacerola con un recipiente plástico y se pasa a continuación por un cedazo. Este proceso se repite cuantas veces el operador crea necesario, una vez realizado se procede al moldeado, el operador toma la cuajada con la mano y compactándola llena los moldes uno a la vez.



Figura 1. Proceso artesanal: A) Desuerado. B) Moldeado.

Máquina dosificadora de cuajada para el moldeado de quesos frescos.

2.2 Diseño del prototipo.

Se modela el prototipo en software CAD, con base en funcionamiento de una llenadora volumétrica y las consideraciones indicadas en la tabla 2.

Tabla 2
Requisitos básicos de diseño.

Requerimiento		Justificación	Fuente
Etapas	Desuerado y moldeado	Disminuir el contacto operador producto	Flores Luna, Martínez Fuentes, & Casillas Gómez, 1999
Dimensiones Generales	Largo: 1400 mm Ancho: 1300 mm Alto: 900 mm	Espacio físico disponible en las microempresas	Encuestas realizadas
Velocidad de dosificado	24 moldes por ciclo	Promedio deseado	
Material	Acero inoxidable AISI 304	Evitar la contaminación del producto. Disponibilidad en el mercado nacional.	American National Standard/NSF International Standard, 1997 Flores Luna, Martínez Fuentes, & Casillas Gómez, 1999 Ministerio de salud pública del Ecuador, 2015
Soldadura	Lisa, libre de fisuras, incrustaciones, estrías, ralladuras o rebabas. Debe presentar buena simetría de conjunto.	Evita la acumulación de material putrefacto.	Ministerio de Defensa Nacional, 2007
Acabados	Rugosidad: > 1,0 μm Ángulos: 90° máximo Radios: 3 mm mínimo	Facilita la limpieza de los equipos.	Ministerio de Defensa Nacional, 2007 Rivero Sepúlveda & Álvarez Camacho, 2014
Control	Controlador lógico programable	Automatización flexible y registro de datos.	Flores Luna, Martínez Fuentes, & Casillas Gómez, 1999

Mediante una bomba, la cuajada se acumula en el abastecedor, un sensor infrarrojo detecta el volumen deseado y marca el inicio del desuerado. Transcurrido un tiempo máximo de cinco minutos, por medio de dos actuadores lineales la cuajada se transporta sobre los orificios dosificadores y por efecto de la gravedad se introduce en los moldes. Estos, se retiran de forma manual de la máquina mediante bandejas, los moldes se intercambian y el proceso se repite. Los movimientos del prototipo se indica la figura 2.

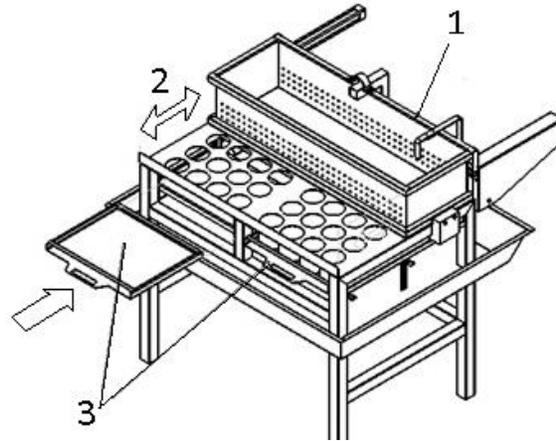


Figura 2. Dosificadora de cuajada: 1) Abastecedor. 2) Movimiento de dosificado. 3) Bandejas para el ingreso de moldes.

El abastecedor se diseña para 48 moldes. Esto, debido a que la mezcla a bombearse contiene 40 % de suero y 60 % de partículas de queso, se calcula un volumen total de $0,07324 \text{ m}^3$. Como indica la figura 3, se realiza un tamiz en las paredes, con perforaciones de 9,5 mm y separación de 30 mm entre sí.

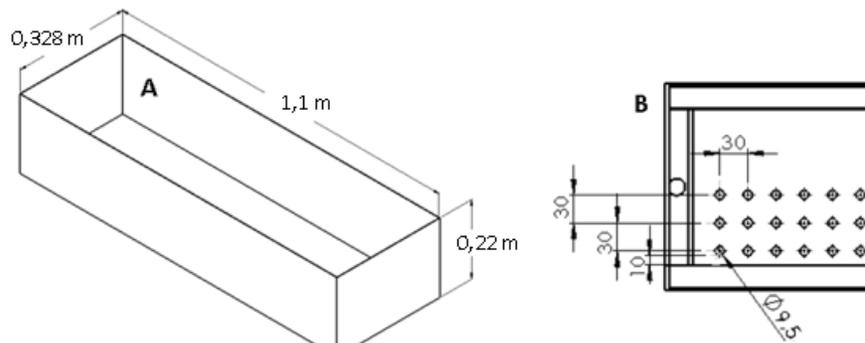


Figura 3. Depósito abastecedor: A) Dimensiones. B) Tamiz realizado.

Al tratarse de un fluido con partículas blandas en suspensión, se considera usar una bomba de rodete helicoidal ya que según datos del fabricante Inoxpa, pruebas de funcionamiento en cuajada de queso mozzarella con su modelo RV-100 a velocidad angular de $104,7 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ y caudal de $1,66 \text{ m}^3\cdot\text{min}^{-1}$, logra mantener íntegro el producto, con el porcentaje de grasa menor a 0,4 % (Inoxpa, 2015). Se toman estos datos y se realizan los cálculos que se resumen en la tabla 4, seleccionándose el modelo RV-65 de dicho fabricante.

Máquina dosificadora de cuajada para el moldeado de quesos frescos.

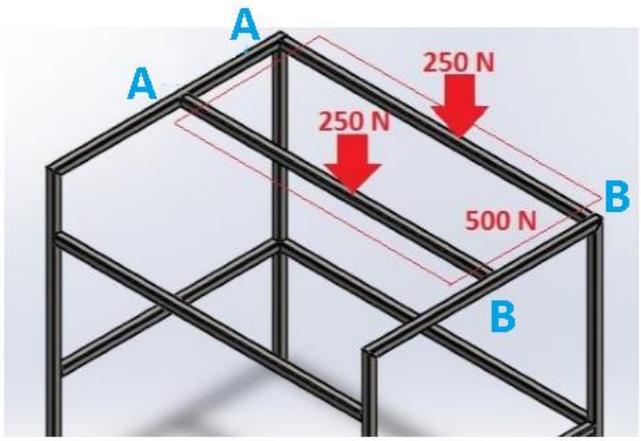
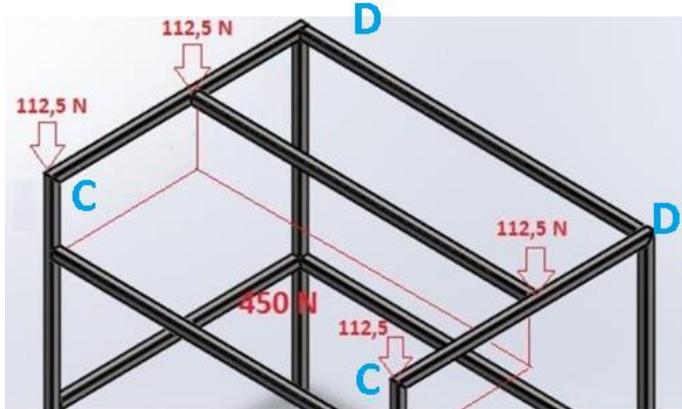
Tabla 4
Cálculos para selección de bomba.

Característica	Modelo matemático	Descripción de variables	Resultado
Tiempo de llenado	$t = \frac{V}{Q}$	V : Volumen del depósito Q : Caudal de bomba.	1,2 min
Velocidad media del fluido	$v = \frac{Q}{A_{tubo}}$	A_{tubo} : Área del ducto en la salida de la bomba. v : Velocidad media del fluido.	0,3857 m/s
Número de Reynolds	$Re = \frac{v \times d \times \rho}{\mu}$	d : Diámetro de la tubería. ρ : Densidad del fluido. μ : Viscosidad absoluta del fluido. γ : Peso específico del fluido.	16,54 ∴ Flujo laminar.
Potencia requerida	$P = \frac{(\gamma \times Q \times H_b)}{\eta}$	H_b : Altura a desplazar el fluido. η : Rendimiento de la bomba.	67 W
Velocidad angular	$w = \frac{Q}{Cb}$	Cb : Cubicaje de la bomba.	17,85 rad/s

Para verificar que la estructura soporta los diferentes esfuerzos a los que se encuentra sometida la máquina, se analiza mediante software CAE y se valida mediante cálculos de resistencia de materiales. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 5, donde se muestra la diferencia que existe entre los datos calculados y los del software.

Tabla 5

Comparación de resultados obtenidos en los miembros estructurales.

Elemento	Método	Esfuerzo	Factor de seguridad
	Resistencia de materiales	20,8 MPa	10,57
	Software	18,97 MPa	10,90
	Resistencia de materiales	20,8 MPa	10,57
	Software	18,97 MPa	10,90

Los resultados de los factores de seguridad de las vigas A-B y D-C tienen diferencia de 0,4. Por lo cual, se considera que toda simulación en la estructura tiene validez. Se obtiene tensión axial y de flexión máximas. El factor de seguridad mínimo es de 5,47 lo que genera confiabilidad para la construcción de la estructura en con un perfil cuadrado de 25 mm y 1,5 mm de espesor.

Máquina dosificadora de cuajada para el moldeado de quesos frescos.

Resultados

Para determinar el tiempo óptimo en el desuerado, según la norma NTE INEN 004 se toman tres muestras aleatorias por cada ciclo de 24 quesos. Se determina el contenido de humedad según parámetros indicados en la norma NTE INEN 63 y los resultados del queso obtenido se comparan con la norma NTE INEN 1528. Según lo mostrado en la tabla 6, después de aproximadamente 4 minutos el queso está apto para la etapa de prensado.

Tabla 6

Resultados obtenidos según las pruebas realizadas.

Tiempo	Contenido de suero	Tipo de queso	Observación
1 minutos	83 %	Ninguno	Pérdida considerable de peso y volumen del queso.
2 minutos	76 %	Blando	Pérdida de peso, variación en la altura del queso.
3 minutos	66 %	Semi-blando	Buen estado de la cuajada para su moldeado.
4 minutos	58 %	Semi-duro a Semi-blando	Moldeado presenta bajo desuerado, como resultado quesos de mayor peso y volumen.

Discusión

Las pruebas se llevaron a cabo en la planta de producción de la microempresa “Sr. Queso” ubicada en el sector de Azaya en Ibarra. Al llenar 120 moldes en 30 minutos, se pudo constatar que la máquina dosificadora de cuajada reduce el tiempo de trabajo en 50 %. Al obtener 4 quesos adicionales al proceso manual, se concluye que las mermas se ven disminuidas en un 3,33 % debido a la uniformidad de los quesos.

Por cada ciclo que realiza la máquina, los operadores ejecutan un barrido del sobrante de cuajada en el depósito, extraen los moldes llenos y los intercambian por vacíos, al final realizan la limpieza de toda la máquina. Esto, lleva como promedio alrededor de 20 minutos con lo cual, se concluye que la intervención de los operadores se redujo en 60 %. Con los datos obtenidos en esta investigación se pretende rediseñar el prototipo, mediante sistemas mecatrónicos se busca reducir el tiempo de extracción de suero, se pretende eliminar la bomba de cuajada, para reducir el 20 % del costo del equipo.

Máquina dosificadora de cuajada para el moldeado de quesos frescos.

Lista de referencias

- American National Standard/NSF International Standard. (1997). *ANSI/NSF 51 Food Equipment Materials*. Michigan: NSF International.
- CIL. (2015). *La leche del Ecuador-Historia de la lechería Ecuatoriana*. Quito: Centro de la Industria Láctea del Ecuador.
- Flores Luna, J. L., Martínez Fuentes, J. C., & Casillas Gómez, F. J. (1999). *Manual de buenas prácticas de higiene y sanidad*. Mexico, D.F.: Seretaria de Salud.
- INEC(a). (2010, 01 01). *Resultados Preliminares del Empadronamiento_ Censo Nacional Económico*. Retrieved from http://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/390/related_materials
- INEC(b). (2010, 01 01). *Tabulados de Resultados del Censo Nacional Económico 2010*. Retrieved from http://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/350/related_materials
- Inoxpa. (2015, Septiembre). *Inoxnews. Bomba RV: Resultado de pruebas con cuajada de mozzarella*. Italia.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. (1974). *NTE INEN 063 Quesos -Determinación del contenido de humedad*. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. (1984). *NTE-INEN 004 Leche y productos lácteos muestreo*. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. (2012). *NTE INEN 1528 Norma general para quesos frescos no madurados. Requisitos*. Quito: INEN.
- Ministerio de Defensa Nacional. (2007, Diciembre 12). *Norma técnica NTMD-0142-A2*. Republica de Colombia.
- Ministerio de salud pública del Ecuador. (2015). *Registro Ofi cial N° 555*. Quito: Ministerio de salud pública del Ecuador.
- Rivero Sepúlveda , J. G., & Álvarez Camacho, F. O. (2014). *XX Muestra de máquinas y prototipos. Tanque enfriador de leche de 1000l*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.