

Sistema para gestionar bases de conocimiento en la industria alimentaria

System to manage knowledge bases in the food industry

Gil Cruz Lemus¹, Raisa Socorro Llanes², Ana Mailen Rodríguez Riverón³

^{1,2,3}Universidad Tecnológica de La Habana, José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Correo electrónico: gil@tesla.cujae.edu.cu

Este documento posee una licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional 

Recibido: 6 de septiembre de 2017 Aprobado: 8 de febrero de 2018

Resumen

En la actualidad, el mercado diverso y altamente competitivo exige a las empresas almacenar y analizar una gran diversidad de información, los Sistemas Expertos (SE) se destacan por herramientas de soporte para la toma de decisiones. El presente trabajo desarrolló un sistema para gestionar bases de conocimiento en la Industria Alimentaria, permitiendo la extracción del conocimiento al experto del proceso, la elaboración de las bases de conocimientos necesarias y la modificación de las mismas. Estas bases se utilizan para el trabajo del sistema experto y para el entrenamiento de operarios en procesos tecnológicos en la industria alimentaria mostrando las posibles causas de los problemas, así como las recomendaciones necesarias para eliminarlos. El sistema permite el análisis de la base de conocimiento a partir de los datos suministrados por el usuario, se realiza la inferencia y muestra los resultados. Utiliza las reglas de producción como formalismo de producción y el Drools conocido como JBoss Rules como motor de inferencia. La herramienta obtenida agiliza el proceso de adquisición y representación del conocimiento, y permite al especialista del proceso crear las bases sin la intervención directa de un ingeniero en conocimiento y permite almacenar el mismo para ser utilizado por los nuevos especialistas. Se crearon las bases de conocimiento de dos procesos de la industria alimentaria analizados: el de elaboración de néctar de naranja mandarina y el de elaboración de queso fresco por vía enzimática. Los ficheros generados por el sistema fueron importados por el sistema experto y por el de entrenamiento de forma satisfactoria y las respuestas obtenidas coinciden con el árbol de inferencia original del que se partió para elaborar las bases de conocimientos.

Palabras claves: sistema experto, inteligencia artificial, reglas de producción, motores de reglas, base de conocimiento, adquisición del conocimiento

Abstract

At present the diverse and highly competitive market requires companies to store and analyze a great diversity of information, Expert Systems (SE) are highlighted by support tools for decision making. The present work developed a system to manage knowledge bases in the food industry, allowing the extraction of knowledge to the expert of the process, the elaboration of the bases of necessary knowledge and the modification of the same. These bases are used for the work of the expert system and for the training of operators in technological processes in the food industry showing the possible

causes of the problems, as well as the necessary recommendations to eliminate them. The system allows the analysis of the knowledge base from the data provided by the user, the inference is made and the results are shown. It uses the rules of production as production formalism and the Drools known as JBoss Rules as the inference engine. The tool obtained streamlines the process of acquisition and representation of knowledge, and allows the process specialist to create the bases without the direct intervention of a knowledge engineer and allows to store it to be used by new specialists. The knowledge bases of two analyzed processes of the alimentary industry were created, the one of elaboration of nectar of orange mandarin and the one of elaboration of fresh cheese by enzymatic way. The files generated by the system were imported by the expert system and by the training system in a satisfactory manner and the answers obtained coincide with the original inference tree from which it was started to elaborate the knowledge bases.

Key words: expert system, artificial intelligence, rules of production, rules engines, knowledge base, knowledge acquisition

INTRODUCCIÓN

El Instituto de Investigación de la Industria Alimentaria (IIIA) perteneciente al Ministerio de la Industria Alimentaria ubicado en el reparto Guatao, municipio La Lisa, provincia La Habana, cuenta con varias plantas para elaborar productos y entre ellas están la de queso fresco por vía enzimática y la de néctar de naranja-mandarina

Esta industria se caracteriza por trabajar de manera ininterrumpida y el personal que labora cambia frecuentemente, dificultando el entrenamiento del proceso, ya que no cuenta con suficientes especialistas para la capacitación de los trabajadores.

Cuando existe una falla en el proceso productivo antes mencionado, existe el inconveniente que no siempre estén presentes los expertos para su posible solución por lo que se debe localizar al mismo, ya que no todos los técnicos están preparados para tomar decisiones correctas en determinadas circunstancias.

En un trabajo anterior se desarrolló un Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT), el cual se elaboró específicamente para el proceso de elaboración de queso fresco por vía enzimática, donde la etapa de adquisición del conocimiento se realizó aplicando métodos manuales como son las entrevistas a los especialistas y la revisión de otras fuentes. Esta etapa ocupó un gran tiempo de desarrollo para adquirir el conocimiento de los expertos, los cuales no tienen dominio de las técnicas empleadas para la construcción de los SE. La base se realizó manualmente donde se codificaron 120 reglas de producción utilizando como motor de inferencia el Drools.

Si se necesita realizar algún cambio en la base es necesario consultar a un Ingeniero Informático y si se desea obtener la base de conocimiento de otro proceso con características similares habría que repetir nuevamente todo el proceso descrito anteriormente.

Teniendo en cuenta la situación problemática planteada anteriormente se enuncia como hipótesis de este trabajo la siguiente:

¿Es posible desarrollar un sistema que permita a los expertos de un proceso tecnológico agilizar el proceso de adquisición del conocimiento, generar las bases, modificarlas si es necesario y almacenarlas para poder ser utilizado por los nuevos especialistas, sin tener noción de métodos y conceptos de inteligencia artificial empleados en el desarrollo de los SE, y que los ficheros que genere puedan ser utilizados por el Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT) y por el de entrenamiento de operarios en procesos tecnológicos en la Industria Alimentaria?

Para darle cumplimiento a la hipótesis anterior se define como objetivo general de este trabajo el que aparece a continuación:

Desarrollar un sistema para gestionar bases de conocimiento para procesos tecnológicos de la industria alimentaria usando reglas de producción que satisfagan todos los requisitos planteados en la hipótesis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sistemas Expertos

Existen una cierta cantidad de tareas como los procesos químicos industriales que requieren el manejo de conocimiento especializado que la mayoría de las personas no poseen.

A los programas que emplean el conocimiento humano para resolver problemas que normalmente requieren inteligencia humana sobre un dominio particular se les llama Sistemas Expertos (SE) [1].

En dichos sistemas el ingeniero informático desempeña un papel importante a la hora de introducir los conocimientos del experto, ya que los traduce a la forma en que estos se representan creando así una base de conocimiento. Para todo el proceso se utilizan vías o herramientas propicias como entrevistas, encuestas y observaciones.

Antes de la realización del SE el conocimiento solo está disponible en los expertos. Cuando estos se consignan en un informe o programa, los mismos pueden transmitirse a otros colaboradores, se memorizan en un sistema fiable y ya no dependen de la presencia de especialistas.

Los SE están caracterizados por separar los datos y el conocimiento de su manipulación, lo que facilita actualizar la base de datos sin tener que modificar el motor de inferencia y la implementación.

Los SE clásicos tienen tres componentes que son: base de conocimiento, motor o máquina de inferencia e interfaz usuario, los cuales están relacionados con el experto, el ingeniero informático y el usuario [2].

Caracterización del proceso de elaboración de queso fresco por vía enzimática

El estudio de trabajos [3,4] permitió conocer cuáles eran las variables que se necesitan controlar y calcular del proceso de elaboración de queso fresco por vía enzimática. Este proceso es controlado en tres etapas.

En la primera etapa, inmediatamente después del recibo y cuantificación de la leche, así como de la inspección o toma de muestras para análisis de laboratorio, la leche se filtra, se enfría lo más rápido posible hasta una temperatura entre 4-6°C y se almacena hasta que comience su posterior procesamiento.

En la segunda etapa, la leche se precalienta, se clarifica, se estandariza y por último se pasteuriza.

En la tercera etapa, la leche pasa a la tina, donde ocurre el proceso de inoculación hasta lograr la coagulación de la leche. Posteriormente se realiza el corte o troceado, se elimina parte del suero, se adiciona sal, después se pasa al moldeo y prensado y por último va a las neveras para su conservación.

En las tres etapas los parámetros a controlar son los que están representados en los Anexos 1, 2 y 3 que aparecen en [5].

Caracterización del proceso de elaboración de néctar de naranja- mandarina

El primer paso es mezclar todos los ingredientes hasta lograr que el brix y la acidez de la mezcla estén en los parámetros establecidos. Una vez que se logre esto las próximas templanzas a preparar tendrán las cantidades de cada uno de los ingredientes que lograron que en la primera templanza se alcanzara el brix y acidez establecida.

El próximo paso es la medición del brix y la acidez de la mezcla, una vez ajustado el valor del brix y la acidez de la mezcla se continúa el proceso y se comienza a preparar la templanza número 2.

Posteriormente, el jugo se precalienta y se pasteuriza. Una vez lograda la temperatura de pasteurización se pasa al llenado, se envasa en botellas previamente calentadas, se tapan y se enfrían, por último, se le ponen las etiquetas, se embalan y se almacenan.

En las tres etapas los parámetros a controlar son los que están representados en los anexos 4, 5 y 6 que aparecen en [6].

Similitudes entre los procesos de elaboración de queso y néctar de naranja-mandarina

Entre las similitudes que se evidencian en el control de estos procesos se encuentran:

- El control de las variables en cada etapa del proceso
- Las clasificaciones de las variables son: continuas, discretas y válvulas.
- Las variables tienen asociado un estado en cada situación, y las posibles causas que ocasionan que tomen estos valores.
- Para cada causa se le asocian recomendaciones que deben cumplirse para estabilizar la variable.

En los procesos se controla el estado en que se encuentra cada una de las variables. El estado para las variables continuas, es alto, bajo y normal: para las variables discretas se considera positivo y negativo y las válvulas abierta, normal y cerrada.

En la figura 1 se muestra el subárbol del brix del producto, en el proceso de elaboración de néctar de naranja mandarina, y en la figura 2 el de la humedad del producto en el proceso de elaboración de queso, donde se evidencian las similitudes en el control de ambos. En las figuras se encuentran enmarcadas en verde las variables, las causa en naranja y las recomendaciones en rojo. En el primer caso se mide el brix del producto y en el segundo caso, la humedad del producto, en ambos pueden tener varios estados, donde cada cual tiene asociado las causas y las recomendaciones.



Fig. 1. Subárbol de inferencia del brix del producto del proceso de elaboración de néctar de naranja mandarina

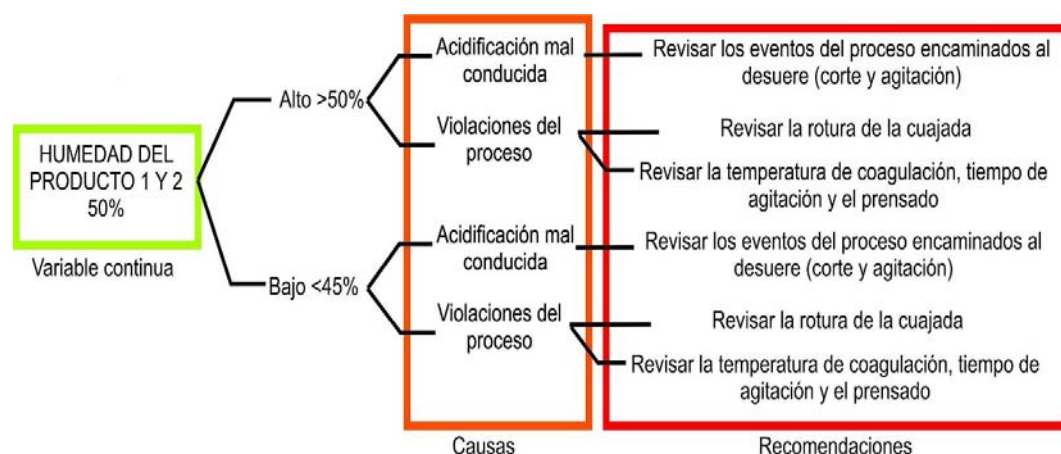


Fig. 2. Subárbol de inferencia de la humedad del producto en el proceso de elaboración de queso

Análisis de las reglas obtenidas en los procesos del IIIA

Durante el análisis de las variables en las etapas del proceso de elaboración de queso fresco por vía enzimática y de néctar de naranja-mandarina, se encuentran casos comunes, el primero es que para cada variable que tiene asociado un estado fuera de lo normal existen causas asociadas y como segundo caso, que para cada causa existen recomendaciones asociadas.

A partir de lo anterior se pueden deducir dos tipos de reglas:

1. El estado de la variable tiene asociado una serie de causas (Variable → Causa).
2. La causa tiene asociada sus recomendaciones (Causa → Recomendación).

A partir de la figura 1 se pueden obtener dos reglas:

Si la variable brix del producto está en estado alto implica la causa mayor cantidad de azúcares (Variable → Causa).

Si mayor cantidad de azúcares implica la recomendación adicionar agua por BPA (Causa → Recomendación).

Diseño de las bases de conocimiento

Teniendo en cuenta las características propias del conocimiento del dominio, en el cual se está trabajando y las facilidades que brindan las reglas de producción para la representación del mismo, se decide utilizar este formalismo.

Como herramienta de desarrollo de la base de conocimiento se utiliza el motor de inferencia Drools y Openrules [7,8], este usa como técnica de control el encadenamiento hacia adelante, ya que en el caso que se analiza se conoce que ha ocurrido una situación crítica y se desea saber las causas y las recomendaciones.

En la confección de las bases de conocimiento y del sistema de manera general se tuvo en cuenta la metodología que aparece en [1], esta consta de seis fases y de estas se tienen en cuenta para el diseño e implementación del sistema las tareas de las primeras cuatro fases.

Implementación del sistema para gestionar bases de conocimiento

Las funcionalidades por la que debe operar el experto para llevar a cabo la realización de las bases de conocimientos son: Crear procesos, gestionar variables, gestionar causas, gestionar recomendaciones, gestionar regla y validar reglas.

El sistema está compuesto por una interfaz principal como se muestra en la figura 3. Las diferentes ventanas del sistema mantienen un diseño similar entre ellas, lo que permite la familiarización del usuario con la aplicación y sus funciones



Fig. 3. Interfaz principal del usuario

Los ficheros generados por este sistema (el del proceso y el de la base de conocimiento) permiten ser importados por el sistema experto para el control de procesos químicos y por el de entrenamiento de operarios en procesos tecnológicos en la Industria Alimentaria.

Requisitos de software y de hardware

Para poder utilizar el sistema generador se debe tener instalado el sistema operativo Windows XP o una versión superior y la máquina virtual de Java 1.7 o superior.

Como requisito de hardware se necesita procesador de 1.6 GHz o superior y memoria RAM de 2 GB o superior.

RESULTADOS

Pruebas funcionales

Luego de concluida la implementación del sistema a partir de los expertos tener elaborado el árbol de inferencia del proceso, estos fueron capaces de elaborar las bases de conocimientos del proceso de elaboración de queso fresco por vía enzimática y el de néctar de naranja-mandarina sin necesidad de estar presente un ingeniero en conocimiento y el tiempo consumido fue mucho menor que cuando se elaboraron manualmente.

Como ejemplo se muestran los resultados obtenidos para el proceso de la elaboración de queso fresco por vía enzimática.

Para la confección de las bases se configuraron todas las variables, causas y recomendaciones del proceso, una parte de ellas se muestran en la figura 4.

Variables del proceso		Causas del proceso
Etiqueta	Tipo	Descripción
Acidez de la leche	Continua	Elevado contenido bacteriano
Prueba de reducción de azul de metileno	Continua	Leche anormal
Prueba de cocción	Discreta	Poca cantidad recibida
Húmedad de la leche	Continua	Adulteración o mucha agua
Temperatura de pasteurización	Continua	Problema en el setpoint
Válvula automática	Válvula	Problema en la válvula de vapor
Volumen del tanque guarda	Continua	Baja presión en la línea de vapor

Descripción
Revisar cadena de frío desde la planta hasta la vaquería
Efectuar reclamación
Verificar condiciones de ordeño, manipulación y transportación
No pasteurizar
Verificar el cumplimiento del método de control establecido
Revisar setpoint
Abrir bypass
Comprobar presión de vapor y llamar a caldera

Fig. 4. Variables, causas y recomendaciones del proceso

Posteriormente se configuraron las reglas, una que permite las causas asociadas a las variables según su estado y otra que muestra las recomendaciones asociadas a una causa. En la figura 5 se puede ver en forma de árbol de inferencia, las causas asociadas a cada variable y las recomendaciones asociadas a cada causa que brinda el programa, además, se pudo comprobar que el mismo coincide con lo que aparece en el elaborado manualmente por el experto en el proceso.

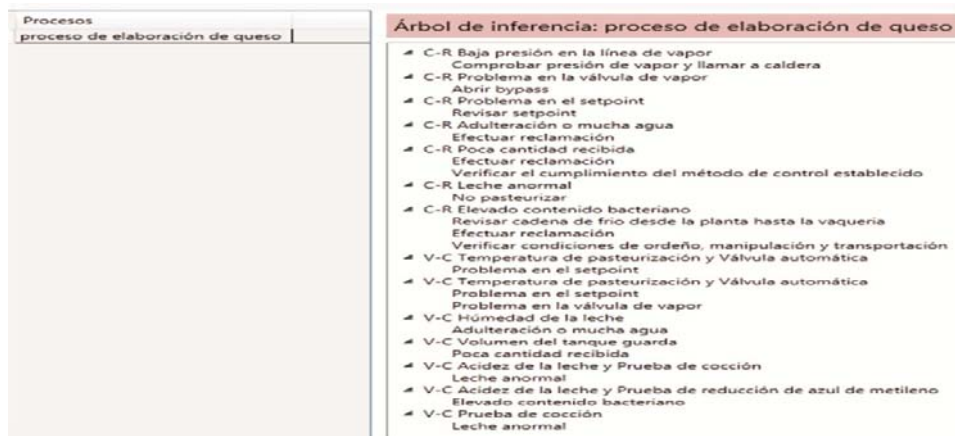


Fig. 5. Árbol de inferencia

DISCUSIÓN

Los ficheros generados por el sistema, uno del proceso donde aparece la lista de variables, causas y recomendaciones y uno de reglas donde se muestran las mismas, fueron importados por el sistema experto para el control de procesos industriales y por el de entrenamiento de operarios en procesos tecnológicos en la Industria Alimentaria de forma satisfactoria.

En la figura 6 se presentan los resultados obtenidos usando el SECPROIT para el caso de una variable del proceso de elaboración de queso fresco por vía enzimática.

A modo de ejemplo

Nombre de la variable: Prueba de cocción.

Estado de la variable: Negativo.

El sistema debe responder que la causa es: "Leche con anomalidad."

El sistema debe responder que la recomendación para esta causa es: "No pasteurizar."

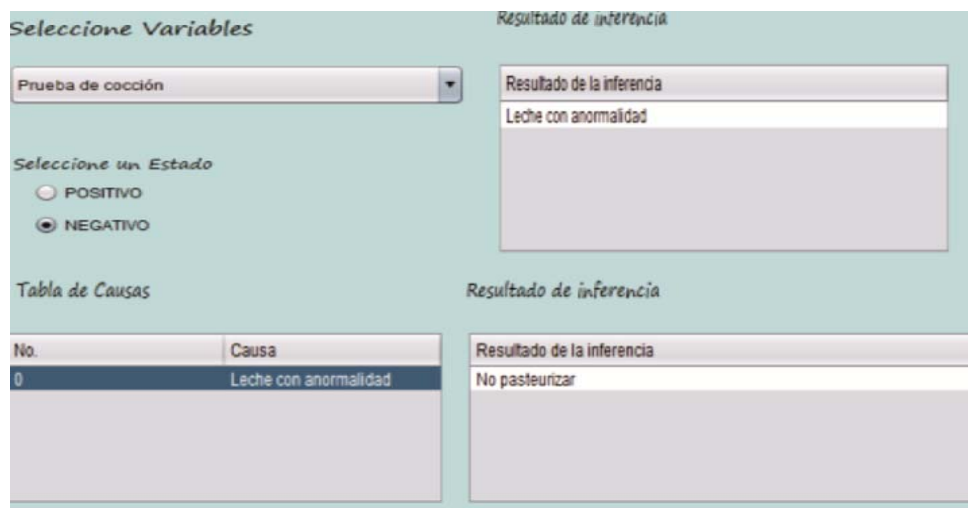


Fig. 6. Resultados obtenidos por el sistema experto para el caso de la variable prueba de cocción

En las figuras 7 y 8 se muestran los resultados obtenidos por el sistema de entrenamiento de operarios en procesos tecnológicos para el proceso de elaboración del queso fresco por vía enzimática y para el de elaboración

del néctar naranja-mandarina, este brinda las variables que están fuera de rango, las posibles causas y recomendaciones.

Se pudo comprobar que lo mostrado en las figuras 6, 7 y 8 coincide con lo que aparece en los árboles de decisión elaborados manualmente por el experto en el proceso, del cual se partió para realizar las bases de conocimientos.

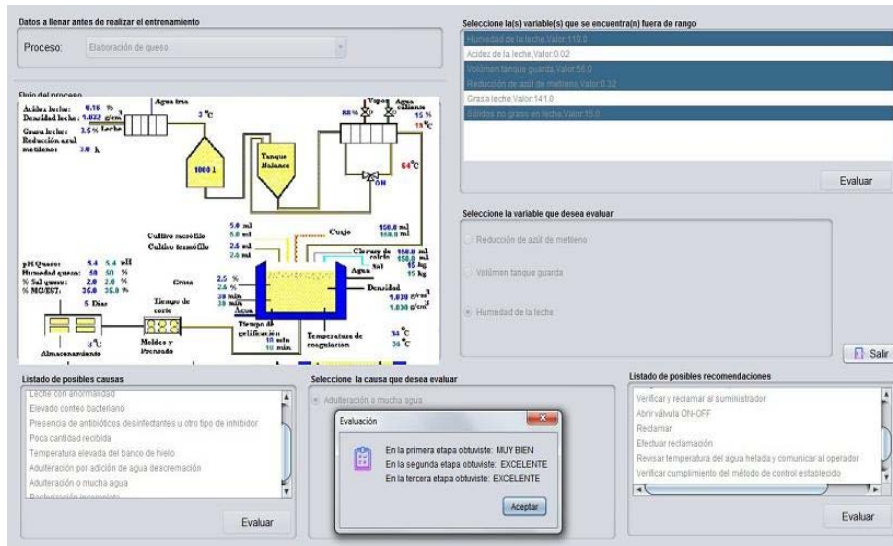


Fig. 7. Proceso de elaboración del queso fresco por vía enzimática

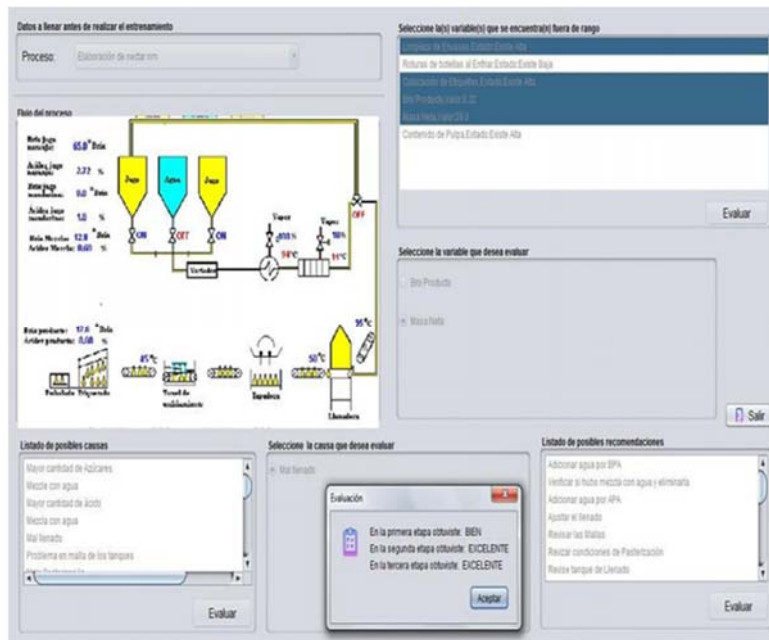


Fig. 8. Proceso de elaboración del néctar naranja-mandarina

CONCLUSIONES

Se desarrolló y se comprobó el funcionamiento de un sistema que permite gestionar bases de conocimiento para procesos tecnológicos de la Industria Alimentaria que satisface los requisitos siguientes: Agilizar el proceso de adquisición del conocimiento, generar las bases, modificarlas y almacenarlas para poder ser utilizadas por los nuevos especialistas y que los ficheros que generen puedan ser utilizados por el sistema experto para el control de procesos químicos (SECPROIT), así como por el de entrenamiento de operarios en procesos tecnológicos en la Industria Alimentaria.

REFERENCIAS

1. Durkin J, Durkin J. Expert Systems. Design and development, 1998, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA. ISBN:0023309709.
2. Medina J. Tablas de decisión y sistemas de base de conocimiento. Tesis de grado de doctor en ciencias técnicas). ISPJAE, Ciudad Habana, Cuba. 1995.
3. Díaz Abréu A. Bioquímica y Tecnología de Lácteos; Manual de estudio. Facultad de Procesos Químicos y Alimentarios. C. Habana, Cuba, Eck, A, Le fromage: Editorial Levoiser. 1984.
4. Cruz Lemus G. Aplicación de Sistemas Expertos y Redes Neuronales Artificiales en el Control de Procesos de la Industria Azucarera y Alimentaria. Tesis de grado de doctor en ciencias técnicas. Cujae, La Habana, Cuba. 2001.
5. Wilson Hernández, LG. Sistema experto para el proceso de elaboración de queso fresco por vía enzimática usando reglas de producción. Tesis de pregrado. Cujae, La Habana, Cuba, 2017.
6. Rodríguez Riverón A M. Sistema para gestionar bases de conocimientos en la industria alimentaria. Tesis de pregrado. Cujae, La Habana, Cuba. 2017.
7. Drools. Reference manual Drools 6.1. 1993. 17:603-623. http://docs.jboss.org/drools/release/6.1.0.Final/droolsdocs/html_single/index.html 2013.
8. Openrules. Sitio Oficial de Open Rules. <http://openrules.com/>. 2012.