

Artículo Original

***EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA
MATERIAL ASOCIADA AL DESCREMADO DE LECHE FRESCA EN
LA “PASTEURIZADORA CUBANACÁN”***

***EVALUATION OF THE INCREASE IN MATERIAL EFFICIENCY ASSOCIATED
WITH THE SKIMMING OF FRESH MILK AT
THE “CUBANACÁN PASTEURIZER”***

Darien Pérez Muñoz¹ <https://orcid.org/0009-0000-6861-5472>
Omar Pérez Navarro^{2*} <https://orcid.org/0000-0001-6963-1327>
Denio Pérez Muñoz¹ <https://orcid.org/0009-0003-6188-6677>

¹ Empresa Productos Lácteos Villa Clara, Pasteurizadora Cubanacán, Placetas, Villa Clara, Cuba.

² Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Diciembre 12, 2024; Revisado: Diciembre 14, 2024; Aceptado: Diciembre 18, 2024

RESUMEN

Introducción:

Atendiendo a la necesidad de incrementar la eficiencia material de la industria láctea cubana, se precisa disponer en la Pasteurizadora Cubanacán de esquemas tecnológicos que aprovechen integralmente la composición de la leche fresca.

Objetivo:

Evaluar el incremento de la eficiencia material asociada al descremado de leche fresca, proponiendo un esquema tecnológico más eficiente y sostenible, estableciendo las demandas materiales y las disponibilidades de productos terminados en el nuevo escenario.

Materiales y Métodos:

Se propuso un esquema tecnológico eficiente y sostenible con una variante utilizando descremado de leche fresca incrementando la cantidad y aceptación de los surtidos elaborados y otra variante tradicional procesando leche entera fresca. Se realizó el



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Omar Pérez, Email: opnavarro@uclv.cu



balance de materiales considerando dos etapas típicas: sequía y primavera. Se determinaron los flujos y composiciones de todas las corrientes del proceso en ambas variantes.

Resultados y Discusión:

El esquema propuesto permitió generar estrategias productivas y establecer subsistemas de análisis que facilitaron el balance de materiales. La composición de las nuevas corrientes de proceso constituye información importante de la cual no se disponía. La disponibilidad de leche para desviar a otras plantas y la producción global dependen más de la etapa del año que del descremado, pero este último flexibiliza el proceso e incrementa el aprovechamiento de la composición de la materia prima principal.

Conclusiones:

El descremado de leche no incrementa apreciablemente la producción total de la Pasteurizadora Cubanacán pero sí diversifica sus producciones hacia surtidos de mejor aceptación y valor agregado que hacen más sostenible su gestión.

Palabras clave: crema de leche fresca; descremado; intensificación material; leche descremada; leche fresca.

ABSTRACT

Introduction:

Given the need to increase the material efficiency of the Cuban dairy industry, it is necessary to have technological schemes at the Cubanacán Pasteurizer that take full advantage of the composition of fresh milk.

Objective:

To evaluate the increase of material efficiency associated with the skimming of fresh milk, proposing a more efficient and sustainable technological scheme, establishing the demands for materials and the availabilities of finished products in the new scenery.

Materials and Methods:

An efficient and sustainable technological scheme was proposed with one variant using skimming of fresh milk increasing the quantity and acceptance of the elaborate assortments, and another traditional variant processing fresh whole milk. The material balance was carried out considering two typical stages: drought and spring. The flows and compositions of all process streams were determined in both variants.

Results and Discussion:

The proposed scheme allowed generating productive strategies and establishing analysis subsystems that facilitated the balance of materials. The composition of the new process streams constitutes important information that was not available. The availability of milk to divert to other plants and the overall production depend more on the stage of the year than on skimming, but the latter makes the process more flexible and increases the use of the composition of the main raw material.

Conclusions:

Milk skimming does not appreciably increase the total production of the Cubanacán Pasteurizer, but it does diversify its productions towards assortments with better acceptance and added value that make its management more sustainable.

Keywords: fresh milk cream; skimming; material intensification; skim milk; fresh milk.

1. INTRODUCCIÓN

La leche es un alimento básico, completo y equilibrado que proporciona un elevado contenido de nutrientes como proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y lípidos (Valdivia y col., 2021). Su consumo regular es necesario para mantener un nivel de salud y calidad de vida elevados debido a que, además de su valor nutricional, juega un papel importante en la prevención de patologías afluentes como la enfermedad cardiovascular, el cáncer y la osteoporosis (Fernández y col., 2015). Actualmente el consumo regular de leche en los niños y adolescentes, representa una de las mejores medidas de lucha para la prevención de la obesidad y el sobrepeso infantil y juvenil, pero requiere del logro de parámetros rigurosos de calidad microbiológica (Valdivia y col., 2020). Adicionalmente, es tendencia mundial en los consumidores, mostrar un interés por la ingestión de proteínas lácteas debido a sus ventajas nutricionales y de salud asociadas al incremento del contenido energético, la saciedad y el apoyo muscular e inmunológico (Zivkovic y Barile, 2011; Raikos y Dassios, 2014).

Por las razones anteriores, el aprovechamiento integral de los componentes de la leche; principalmente la grasa (G), compuesta por triglicéridos sintetizados en la glándula mamaria y los sólidos lácteos no grasos (SNG), constituidos por lactosa, caseína, lacto albúminas y lacto globulinas; permite una eficiente utilización de su valor nutritivo (Campabadal, 1999). Por otra parte, aprovechar íntegramente la composición láctea a nivel industrial permite disponer de mayor cantidad de surtidos con el consiguiente beneficio en mercadotecnia, comercialización y aceptación de productos más específicos y equilibrados.

Atendiendo a la situación actual de la industria láctea cubana es imprescindible desarrollar esquemas productivos que maximicen la eficiencia material y energética de manera que permitan reducir los impactos de la obsolescencia tecnológica sobre la calidad y los rendimientos del proceso. En ese escenario, a pesar de que las técnicas de descremado de la leche fresca por efectos de centrifugación datan de inicios del siglo XX, esta práctica productiva continúa siendo una vía efectiva para la separación de la G y los SNG en la industria láctea cubana actual, que no siempre se aplica con integralidad y efectividad.

Las corrientes principales del proceso de descremado son la leche fresca descremada (LFD) pasteurizada, también conocida como magra y la crema de leche fresca (CLF). Estas permiten incrementar la efectividad de la industria sirviendo de materias primas específicas para elaborar leches fluidas pasteurizadas estandarizadas, yogurt natural estandarizado a 2,5 % p/p de G sin consumo de fuentes externas de SNG, mantequilla sin sal (MSS), helados de crema y CLF comercializable.

La Pasteurizadora Cubanacán de Placetas, es una instalación que ha logrado mantener niveles de acopio de leche fresca estables de forma regular. En dicha entidad se han realizado estudios del impacto de la calidad de la leche fresca en su efectividad técnico-económica y se han propuesto sistemas combinados de gestión de la energía, la calidad y el medio ambiente (Reymond, 1999; Pérez y Reymond, 2014). Como resultado de los mismos, posteriormente se propusieron acciones de gestión tecnológica que permitieron establecer esquemas de procesos integrados material y energéticamente con

implementación de sistemas de gestión de la inocuidad (Pérez y col., 2020). Sin embargo, hasta el presente no se han considerado acciones de intensificación de procesos por aprovechamiento integral de la composición física de la leche fresca acopiada.

En dicha fábrica, a pesar de la obsolescencia de su equipamiento tecnológico, se instaló recientemente la etapa de descremado de leche y se ha utilizado la CLF como materia prima para nuevos procesos productivos como el helado de crema y un tipo de MSS, de muy buena aceptación sensorial, elaborada en equipamiento diseñado y construido al efecto, ya que no se dispone de máquina para mantequilla. Dicho proceso se basa en el lavado de la crema de 35 % p/p de grasa, bajo enfriamiento y agitación en un tanque adaptado a estos requerimientos, alcanzado rendimientos del orden del 39 % y contenido de grasa de 90 % p/p en la MSS. Es importante tener en cuenta que actualmente todos los productos de la fábrica se elaboran únicamente a partir de la leche fresca acopiada pues razones financieras impiden el suministro de grasas o leche en polvo importadas, que son materiales que tradicionalmente se utilizaron para la estandarización en los diferentes procesos. En ese escenario, se reducen los surtidos con posible formulación, por lo que disponer de LFD y CLF permite mayor flexibilidad en el diseño de productos y procesos.

El diseño de estos procesos y su evaluación tecnológica permiten trazar estrategias productivas más eficaces para la empresa, que pueden generalizarse en el país, logrando intensificar materialmente esta industria. En dicho escenario y atendiendo a que no se ha efectuado un análisis comparativo de la efectividad de los procesos productivos tradicionales en de la Pasteurizadora Cubanacán con la alternativa que incluye el descremado, el objetivo del trabajo es evaluar el incremento de la eficiencia material asociada al descremado de leche fresca, proponiendo un esquema tecnológico más eficiente y sostenible, estableciendo las demandas materiales y las disponibilidades de productos terminados en el nuevo escenario.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la evaluación del incremento de la eficiencia material asociada al descremado de leche fresca se propuso un esquema tecnológico más eficiente y sostenible que el existente actualmente al considerar ambos escenarios. En una variante 1 se consideró el descremado de leche fresca a la salida de la sección de intercambio regenerativo del pasteurizador, destinándose la LFD pasteurizada a los procesos de distribución de leche y de elaboración de queso frescal y de yogurt natural, y la CLF a la comercialización y a la elaboración de MSS y de helados de crema. En una variante 2, se consideró la pasteurización de leche fresca entera destinada a la distribución de leche y a la elaboración de quesos. Ambas variantes incluyeron la posible entrada de leche de desvío proveniente de otras instalaciones para suplir los faltantes o la salida de los sobrantes como desvío hacia otras instalaciones de la propia empresa o entidades del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), como leche descremada en la variante 1 o como leche entera en la variante 2. La variante 2 no incluyó el yogurt natural debido a que su fabricación con leche entera implica pérdidas de G a causa de que la composición normada es inferior en G y superior en peso específico a la leche entera por lo que no es posible la estandarización a 2,5 % p/p de G cuando no se dispone de

leche en polvo descremada. Dicha variante tampoco incluyó helados, debido a que no es posible ajustar a 9 % p/p de G cuando no se dispone de grasas concentradas como MSS, aceite vegetal hidrogenado o CLF.

Para la confección del esquema tecnológico se consideró la secuencia del equipamiento requerida y se incluyó un punto de mezcla (M) y ocho puntos de separación (S) que facilitan el seguimiento del proceso y la selección de los sistemas para el planteamiento de los balances de materiales.

En la evaluación de las demandas materiales y las disponibilidades de productos terminados se aplicaron balances de materiales en dos etapas productivas, sequía y primavera. En ambas etapas se tomaron valores promedios del acopio de leche en la Pasterizadora y su composición. Para la etapa de sequía se consideró una entrada diaria a planta de 15 000 L de leche fresca con peso específico (PE) de 1,029 kg/L y 3,82 % p/p de G. Para la etapa de primavera se consideró una entrada diaria a planta de 30 000 L con similar composición. En el estimado de dichos valores no se consideró la distribución directa en las unidades comerciales debido a que en dicha práctica no se garantizan los parámetros de calidad del producto.

Los valores de composición y propiedades de las corrientes intermedias se estimaron a partir de lo reportado por Farral (1973) o se tomaron a partir de datos históricos en planta. A través de balances totales y parciales de G y SNG sin reacción química, se determinaron los flujos volumétricos y másicos así como las composiciones de las corrientes implicadas en cada subsistema de procesos. Para ello, considerando i entradas (E) de las corrientes 1 hasta la i y j salidas (S) de las corrientes 1 hasta la j ; el balance total (Himmelblau, 1989), resultó en:

$$E_1 + E_2 + \dots + E_i = S_1 + S_2 + \dots + S_j \quad (1)$$

En dichos puntos se plantearon balances parciales de G y SNG para las corrientes incluidas en (1) en la forma:

$$G_{E_1}E_1 + G_{E_2}E_2 + \dots + G_{E_i}E_i = G_{S_1}S_1 + G_{S_2}S_2 + \dots + G_{S_j}S_j \quad (2)$$

$$SNG_{E_1}E_1 + SNG_{E_2}E_2 + \dots + SNG_{E_i}E_i = SNG_{S_1}S_1 + SNG_{S_2}S_2 + \dots + SNG_{S_j}S_j \quad (3)$$

En el subsistema formado por la descremadora y el punto de separación 4 se resolvieron sistemas de ecuaciones lineales combinando el balance total y los parciales de G y SNG para determinar el flujo y composiciones de las corrientes CLF y LFD pasteurizada. En el subsistema de fabricación de helados se desarrolló un procedimiento similar para determinar el flujo de CLF requerido en la estandarización de mezcla de helados. Dicho procedimiento también se utilizó en el subsistema de fabricación de MSS para determinar el flujo de suero de mantequilla y la producción de MSS pero en ese caso, a los efectos prácticos, se anuló el contenido de G del suero de mantequilla y el de SNG de la MSS. En el resto de los subsistemas la información disponible y las normas de proceso permitieron calcular flujos y/o composiciones sin requerir la combinación de ecuaciones.

El peso específico de la mezcla de helados a la composición considerada se estimó en 1,102 kg/L (Pérez y col., 2017). La determinación de los SNG de la leche se realizó según lo recomendado por Farral (1973), como:

$$\% SNG = \frac{(PE - 1) * 1000}{4} + \% G \times 0,2 + 0,14 \quad (4)$$

Teniendo en cuenta los valores históricos de los últimos 10 años de operación de la Pasteurizadora, la estrategia productiva actual de la empresa, las condiciones nacionales actuales en los centros pecuarios y en el acopio (Martínez y col., 2017) y la disponibilidad de leche fresca y su composición durante el 2024; a los efectos del balance de materiales se realizaron las siguientes consideraciones:

- Se anuló la entrada de leche de desvío y la comercialización directa de crema.
- La leche ácida para queso se fijó en 3000 L/d durante la sequía y en 6000 L/d durante la primavera y la producciones de mezcla de helados y de yogurt natural en 600 y 1020 L/d, respectivamente.
- La composición de la leche fresca acopiada y de la leche entera fresca distribuida coinciden y su valor es PE: 1,029 kg/L y 3,82 % p/p de G, respectivamente.
- La composición de la leche fresca descremada en proceso y de la leche fresca descremada distribuida coinciden y su valor es PE: 1,030 kg/L y 2,50 % p/p G respectivamente.
- Se anula la entrada de leche fresca descremada a queso frescal y de CLF a queso fundido debido a que actualmente ambos procesos están en fase de prueba.
- El rendimiento de la elaboración de queso se estimó en 8,30 L/kg tanto para leche ácida como para leche entera pasteurizada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestra el esquema tecnológico propuesto para la “Pasteurizadora Cubanacán” operando en dos posibles variantes, el descremado de la leche entera para obtener CLF y sus producciones derivadas o el tratamiento a partir de leche entera.

En el proceso mostrado en la figura 1, la leche entera fresca proveniente del acopio (LF acopiada) o recibida desde el sistema de empresas del MINAL (LF desvío) se enfría en el enfriador de placas IP 1, por intercambio con agua glacial de entrada (AG-E) que retorna a los bancos de hielo (AG-R). Después del punto de separación S1, la LF acopiada es enviada a elaboración de quesos, si excede la acidez permisible (LF ácida-Queso), o se destina a la elaboración de helados para pasteurización inmediata (LF Helados), obteniendo mezcla para helados (M Helados), luego de la adición de materias primas y aditivos (MP-aditivos) y pasteurización discontinua en Past-M-Helados, o es almacenada en tanques guarda a una temperatura no mayor de 5 °C. Desde allí es sometida a un proceso de pasteurización en tres etapas, pasteurización por intercambio indirecto con agua caliente (A-C-E-R) y retención en (IP-P), intercambio regenerativo indirecto leche caliente-leche fría en (IP-IR) y enfriamiento indirecto con agua glacial (AG-E/AG-R) en (IP-E). A la salida de la leche fría de la sección IP-IR se encuentra S2 a partir del cual se materializan las variantes 1 y 2.

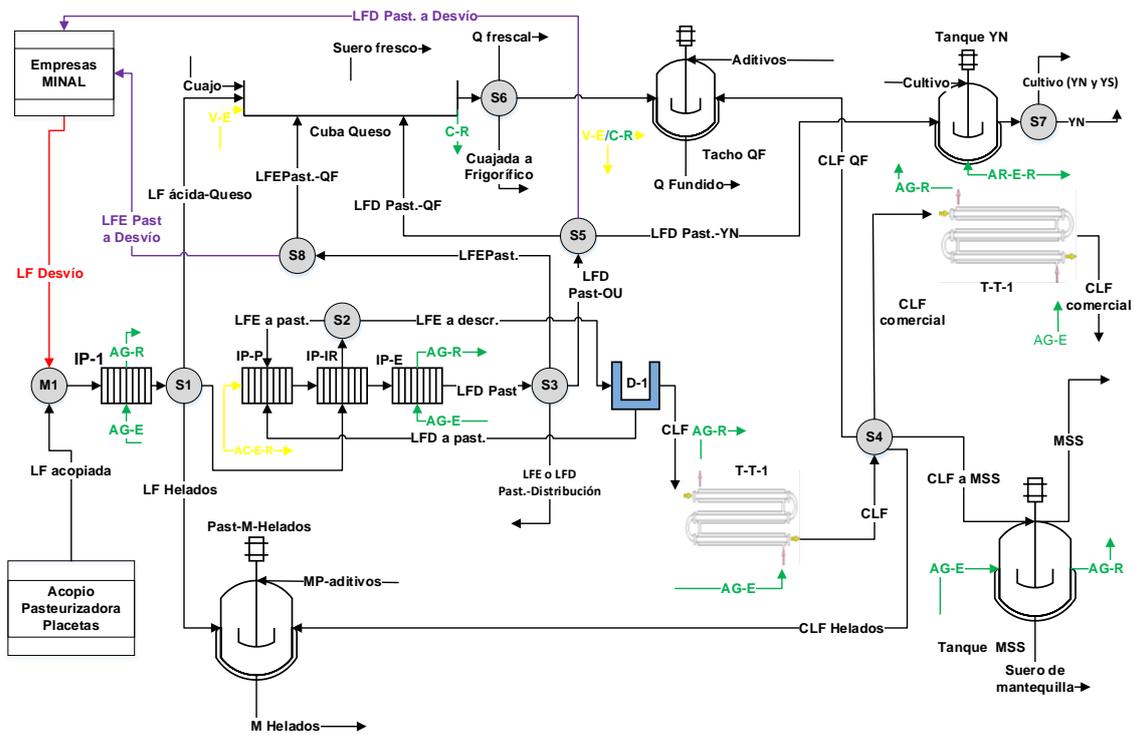


Figura 1. Esquema tecnológico propuesto para la “Pasteurizadora Cubanacán” generando de forma no excluyente surtidos de leche fresca descremada o entera

Cuando se opera en la variante 1, luego de S2 la corriente (LFE a descr.) entra a la descremadora D-1 donde por efecto centrífugo se separan las corrientes CLF y LFD a past. Esta última entra a la sección IP-P como (LFD a past.) fluyendo posteriormente por IP-IR (como leche caliente) y por IP-E. Esta entra a S3 como (LFD past.), donde una parte se destina a la distribución (LFD Past. a distribución) y el resto fluye a S5 como (LFD past-OU). La CLF pasa a enfriamiento indirecto con agua glacial en T-T-1 y luego a S4 desde donde puede someterse a un segundo pase por T-T-1 cuando el destino final es la comercialización como CLF comercial o puede enviarse a los procesos productivos de queso fundido (CLF QF) o helados (CLF Helados). A la salida de S5; la LFD Past.-OU puede ser enviada a la producción de queso fresco (LFD Past.-QF), de yogurt natural (LFD Past.-YN) o ser desviada a otras plantas de la empresa o del MINAL como LFD Past. a desvío. El queso fresco (Q fresco) luego de S6 puede ser almacenado en frigorífico o utilizado en la elaboración de queso fundido (Q Fundido). El yogurt natural (YN) luego de S7 puede ser comercializado o utilizado como cultivo para yogurt de soya. Para el ajuste de la temperatura de inoculación del YN se utiliza agua para el refrescamiento indirecto que entra a la chaqueta desde el circuito de agua de procesos y retorna al mismo (AE-E-R). Para la fabricación y fundición de quesos se utiliza calentamiento indirecto con vapor de escape (V-E) y retorno de los condensados (C-R).

Cuando se opera en la variante 2, después de fluir a través de S2; la corriente (LFE a past.) entra a IP-P entrando al IP-IR (como leche caliente) y por IP-E. Esta pasa luego a S3 como (LFE past.), donde una parte se destina a la distribución (LFE Past. a distribución) y posteriormente a S8 como LFE past. Desde S8 puede destinarse a la producción de queso (LFE Past.-QF) o desviarse a otras plantas de la empresa o del

MINAL como LFE Past. a desvío.

En la figura 1 las conexiones del proceso principal se representan en negro, la entrada de desvío en rojo y la salida en violeta, los servicios auxiliares en amarillo para agua caliente y vapor y en verde para agua glacial y de enfriamiento.

Como se puede apreciar en la figura 1 y su descripción, las variantes presentadas coexisten en una misma instalación tecnológica por lo que no son excluyentes y el uso de una vía u otra depende de factores tales como la disponibilidad del equipamiento, el volumen de leche acopiada y la estrategia empresarial ante cada situación.

A los efectos del balance de materiales se consideraron como subsistemas de análisis el mezclador M1, los separadores S1, S2, S3, S4, S5, S7 y S8, el formado por la cuba de queso y S6 así como las etapas de MSS, helados y yogurt.

En la tabla 1 se muestran los resultados de la determinación de las composiciones correspondientes a las corrientes intermedias en el proceso y los productos finales para ambas variantes. Para la determinación del contenido de SNG en leche se utilizó la ecuación (3).

Tabla 1. Resultados de la determinación de las composiciones de las corrientes de proceso y productos finales

<i>Corrientes</i>	<i>Composición por corriente</i>		
	<i>PE (kg/L)</i>	<i>G (% p/p)</i>	<i>SNG (%p/p)</i>
LF, LFE	1,029	3,82	8,15
LFD	1,030	2,50	8,14
YN	1,030	2,50	8,14
M Helados	1,102	9,00	6,00
CLF	1,005	35,00	8,38
Suero de mantequilla	-	0,00	8,38
MSS	-	90,00	0,00

Los resultados mostrados en la tabla 1 permiten identificar las composiciones de todas las corrientes de proceso y los productos terminados de manera que revisten gran importancia para la confección de las normas de control de calidad y de proceso. La composición de la leche entera sigue la tendencia del comportamiento histórico y se corresponde con reportes anteriores en similares condiciones de ordeño, aunque en diferentes escenarios de clima y alimentación del ganado (Lagger y col., 2018; Alvarado y col., 2019). Por otro lado, la composición de las corrientes CLF y suero de mantequilla constituían una incógnita productiva para esta tecnología adaptada, de la cual no se encontraron referentes, disponiéndose ahora de dicha información.

En la tabla 2 se muestran los resultados del balance de materiales para ambas variantes en la etapa productiva de sequía a partir de la solución de las ecuaciones (1-3) en los subsistemas y procedimientos de cálculo descritos anteriormente.

Tabla 2. Resultados del balance de materiales comparativo entre el tratamiento de leche con descremado y sin descremado en las condiciones productivas de la “Pasteurizadora Cubanacán” en la etapa de sequía

<i>Corrientes del proceso</i>	<i>Flujos procesados etapa de sequía</i>			
	<i>Variante 1</i>		<i>Variante 2</i>	
	L/d	kg/d	L/d	kg/d
LF acopiada	15 000,00	15 435,00	15 000,00	15 435,00
LF ácida-Queso	3000,00	3087,00	3000,00	3087,00
LF Helados	340,00	349,86	No considerada	
LFE a past. y LFE Past.	No considerada		12 000,00	12 348,00
LFE a descr	11 660,00	11 998,14	No disponible	
LFD a past. y LFD past.	11 182,06	11 517,52	No disponible	
LFE o LFD Past. a distribución	8500,00	8755,00	8500,00	8755,00
LFD a YN	1020,00	1030,00	No disponible	
YN	1020,00	1050,60	No considerado	
M Helados	600,00	661,20	No considerada	
CLF a MSS	353,32	354,99	No disponible	
CLF Helados	131,22	131,84	No disponible	
Suero de mantequilla	-	354,99	No disponible	
MSS	-	138,05	No disponible	
LFE Past-QF	No considerada		1000	1029
Q Frescal	-	280,92	-	371,92
Q Fundido	-	309,01	-	409,11
Suero fresco	2806,08		3715,08	
LFD Past. a desvío	1682,06	1732,52	No disponible	
LFE Past. a desvío	No disponible		2500,00	2572,50
Leche desvío salida (total)	1682,06	1732,52	2500,00	2572,50
Producción total*	-	15 807,46	-	15 451,69

* La producción de queso se expresa como queso fundido.

En la tabla 3 se muestran los resultados del balance de materiales para ambas variantes en la etapa productiva de primavera a partir de la solución de las ecuaciones (1-3) en los subsistemas y procedimientos de cálculo descritos anteriormente.

Tabla 3. Resultados del balance de materiales comparativo entre el tratamiento de leche con descremado y sin descremado en las condiciones productivas de la “Pasteurizadora Cubanacán” en la etapa de primavera

<i>Corrientes del proceso</i>	<i>Flujos procesados etapa de primavera</i>			
	<i>Variante 1</i>		<i>Variante 2</i>	
	L/d	kg/d	L/d	kg/d
Corriente				
LF acopiada	30 000,00	30 870,00	30 000,00	30 870,00
LF ácida-Queso	6000,00	6174,00	6000,00	6174,00
LF Helados	340,00	349,86	No considerada	
LFE a past. y LFE Past.	No considerada		24 000,00	24 696,00
LFE a descr	23 660,00	24 346,14	No disponible	
LFD a past. y LFD past.	22 677,18	23 357,50	No disponible	
LFE o LFD Past. a distribución	8500,00	8755,00	8500,00	8755,00
LFD a YN	1020,00	1030,00	No disponible	
YN	1020,00	1050,60	No considerado	

M Helados	600,00	661,20	No considerada	
CLF a MSS	852,60	856,98	No disponible	
CLF Helados	131,16	131,84	No disponible	
Suero de mantequilla	-	856,98	No disponible	
MSS	-	333,27	No disponible	
LFE Past-QF	No considerada		3000	3087
Q Frescal	-	561,83	-	834,83
Q Fundido	-	618,02	-	918,32
Suero fresco	5612,17		8339,17	
LFD Past. a desvío	13 177,18	13 572,50	No disponible	
LFE Past. a desvío	No disponible		12 500,00	12 862,50
Leche desvío salida (total)	13 177,18	13 572,50	12 500,00	12 862,50
Producción total*	-	31 459,73	-	30 874,98

* La producción de queso se expresa como queso fundido.

Un análisis de los resultados mostrados en las tablas 2 y 3 muestra que tanto en la etapa de sequía como en la de primavera la variante 1 presenta incrementos productivos totales muy ligeros respecto a la variante 2. En la etapa de sequía este incremento es del 2,3 % y en la de primavera es del 1,89 %. Sin embargo, la cantidad de surtidos en la variante 1 (leche fresca descremada para distribución a niños y dietas, yogurt natural, helados de crema, suero de mantequilla y suero fresco de quesería, mantequilla sin sal, queso fundido y desvíos de leche descremada pasteurizada) es muy superior a la variante 2 (leche fresca entera para distribución a niños y dietas, suero fresco de quesería, queso fundido y desvíos de leche entera pasteurizada). Adicionalmente los surtidos de la variante 1 presentan mayor aceptación en los consumidores, mayor flexibilidad comercial y mejor valor agregado que los de la variante 2. Lo anterior y el efecto de costos similares de la leche fresca acopiada en ambas variantes; así como una compensación entre los costos de servicios auxiliares entre ambas, causados por una disminución de los requerimientos calóricos para la pasteurización y un incremento del consumo eléctrico en las etapas de descremado y producción de mantequilla en la variante 1, permiten garantizar que el aprovechamiento integral de los componentes de la leche fresca por descremado intensifica materialmente los procesos de la Pasteurizadora Cubanacán.

4. CONCLUSIONES

La evaluación del tratamiento industrial de leche en la Pasteurizadora Cubanacán, comparando el aprovechamiento de la composición láctea por descremado con la vía tradicional demostró que:

1. Se requiere un esquema tecnológico flexible y no excluyente que permita operar las dos variantes productivas de forma que se pueda responder a una estrategia de comercialización en escenarios diferentes de la disponibilidad del equipamiento, del nivel de leche acopiada y de su composición.
2. Aunque el descremado de leche y la elaboración de derivados lácteos a partir de la fracción grasa no aumenta significativamente la producción total de la empresa, sí se incrementan la cantidad de surtidos, su aceptación por los consumidores y la calidad organoléptica de los mismos, impactando

positivamente en los resultados técnico económicos y el posicionamiento en el mercado.

3. El descremado de leche fresca flexibiliza el proceso e incrementa el aprovechamiento de su composición, sin embargo la entrega a otras plantas y la producción global dependen más de la etapa del año que de la variante tecnológica utilizada.
4. Los procedimientos desarrollados para el balance de materiales en esta instalación constituyen herramientas imprescindibles para su evaluación tecnológica y ambiental así como para la ejecución de un análisis técnico-económico que permita una mejor diferenciación entre la viabilidad y la sostenibilidad de ambas alternativas.

REFERENCIAS

- Alvarado, T.H., Vargas, J.R., y Vargas, A., Prácticas de manejo de ordeño, acopio y su importancia en la calidad de la leche, Matahuasi, Concepción y Apata, Junín (Perú), Anales Científicos, Vol. 80, No. 1, 2019, pp. 225-239. https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1386/pdf_218
- Campabadal, C., Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche., Nutrición Animal Tropical, Vol. 5, No. 1, 1999, pp. 67-92. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutritional/article/view/11103>
- Farral, A.W., Ingeniería para la industria lechera., Instituto Cubano del Libro, La Habana, Cuba, 1973, pp. 23-55.
- Fernández, E., Martínez, J.A., Martínez, V., Moreno, J.M., Collado, L.R., Hernández, M. y Morán, F.J., Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche., Nutrición Hospitalaria, Vol. 31, No. 1, 2015, pp. 92-101. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/09revision09.pdf>
- Himmelblau, D.M., Balances de Materia y Energía., Prentice Hall, Cuarta edición, 1989, pp. 140-145.
- Lagger, J., Mata, H., Larrea, A., Meglia, G., Benito, J., Otrosky, R., Rossetto, M.L., Barbará, M.A. y García, C., Caracterización higiénica sanitaria y composicional de la leche producida por establecimientos lecheros de la provincia de La Pampa., Ciencia Veterinaria, Vol. 17, No. 2, 2018, pp. 41-42, <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/2068>
- Martínez, A., Ribot, A., Alejandra, A., Montes de Oca, N., Remón, D., y Ponce, P., Calidad e inocuidad de la leche cruda en las condiciones actuales de Cuba., Revista Salud Animal, Vol. 39, No. 1, 2017, pp. 51-61. <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v39n1/rsa07117.pdf>
- Pérez, O., y Reymond, A., Gestión tecnológica en la intensificación y desarrollo de la Pasteurizadora Placetas., Centro Azúcar, Vol. 41, No. 4, 2014, pp. 93-100. http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/277/268
- Pérez, O., Ley, N., González E., y Valdés, C., Modificación hidrotérmica del almidón de yuca para su empleo como estabilizador de helados., Afinidad, Vol. 74, No. 580, 2017, pp. 275-281. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/329842/420511>
- Pérez, O., Chaviano, M., Corzo, I., Velázquez, M., Miño Valdés, J.E., y Reymond, A., Gestión de inocuidad y asimilación de tecnologías en fábrica de helados desde el
-

- desarrollo local., +Ingenio: Revista de Ciencia e innovación, Vol. 2, No. 1, 2020, pp. 23-41. <https://revistas.fio.unam.edu.ar/index.php/masingenio/article/view/194>
- Raikos, V., & Dassios, T., Health-promoting properties of bioactive peptides derived from milk proteins in infant food: a review., Dairy Science Technology, Vol. 94, No. 2, 2014, pp. 91-101. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13594-013-0152-3>
- Reymond, A., La intensificación de procesos en la estrategia integral en plantas pasteurizadoras de leche., Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Especialidad Ingeniería Química en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, 1999.
- Valdivia, A.L., Rubio, Y., Pérez, Y., Sarmenteros, I., Vega, J., y Mendoza, A., Factores que influyen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche en dos lecherías., Pastos y Forrajes, Vol. 43, No. 4, 2020, pp. 267-274. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v43n4/2078-8452-pyf-43-04-267.pdf>
- Valdivia, A.L., Rubio, Y., y Beruvides, A., Calidad higiénico-sanitaria de la leche, una prioridad para los productores., Revista de Producción Animal, Vol. 33, No. 2, 2021, pp.1-13. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v33n2/2224-7920-rpa-33-02-1.pdf>
- Zivkovic, A.M., & Barile, D., Bovine milk as a source of functional oligosaccharides for improving human health., Advances in Nutrition, Vol. 2, No 3, 2011, pp. 284-289. [https://advances.nutrition.org/article/S2161-8313\(22\)00591-9/fulltext](https://advances.nutrition.org/article/S2161-8313(22)00591-9/fulltext)

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Ing. Darien Pérez Muñoz. Investigación, conceptualización, redacción - primera redacción, validación.
 - Dr.C. Omar Pérez Navarro. Gestión de proyectos, redacción - revisión y edición, supervisión.
 - Lic. Denio Pérez Muñoz. Investigación, redacción - revisión y edición.
-