

Efecto del paso de la leche por el equipo de ordeño mecánico, del enfriamiento y del tiempo de almacenaje, sobre su calidad bacteriológica¹.

Carlos Pedraza G.², Juan J. Romero T.³ y Antonio Hargreaves B.⁴

INTRODUCCION

El camino más efectivo para elevar los insuficientes consumos actuales de leche por parte de la población chilena, radica en mejorar la calidad del producto ofrecido. Resulta por ello de interés medir el deterioro cualitativo que provocan diversas prácticas de manejo-fácilmente manipuladas en la práctica y compararlas bajo distintos criterios de medición de calidad empleados en plantas lecheras.

El tipo y cantidad de microorganismos contenidos en la leche, son el factor de mayor influencia sobre su calidad (Franklin, 1965) y ello depende del grado de higiene practicado en el ordeño (Kurtzahn, 1966). Según Olson (1962), la leche extraída asépticamente en forma manual, de una vaca sin enfermedades mamarias, contiene un número muy reducido de microorganismos, que provienen normalmente del canal del pezón (Kleter, 1974).

El equipo de ordeña puede constituirse en una de las más importantes fuentes de contaminación con microorganismos para la leche (Smythe, 1960; Hobbiger, 1962; Renner, Kandler y Kiermeir, 1962 y Veisseyre, 1972), encontrándose entre otros, bacterias del grupo coliaerógenas (Renner *et al.*, 1962; Boev,

1962 y Thomas, Druce y King, 1966), siendo muy críticas las partes de goma (Major, 1962).

El enfriado de la leche hecho prontamente después de la ordeña, determina retardo en la veloz multiplicación de los microorganismos, siendo por tanto su efecto muy conveniente para aumentar su conservabilidad.

Por los motivos expuestos se realizó el presente trabajo, con los siguientes objetivos:

- Utilizar pruebas de control de calidad láctea para el producto antes que éste llegue a Planta, con este fin se:
- Evalúa el deterioro que sufre la leche después de su paso por el equipo de ordeña;
- Evalúa el efecto del enfriamiento sobre la calidad bacteriológica de la leche;
- Evalúa los cambios que se producen debido al tiempo de exposición a temperatura ambiente, y
- Comparan y correlacionan distintos parámetros indicadores de calidad en leche, tales como acidez titulable, pH, tiempo de reducción del azul de metileno (TRAM) y recuento bacteriano.

MATERIALES Y METODOS

De un rebaño de 70 vacas en ordeña, se seleccionaron 10 animales que presentaron consistentemente, reacción negativa al Test de California para detección de mastitis (CMT).

Se tomaron las siguientes muestras:

U₀: Obtenida por ordeño manual previa desinfección del pezón con alcohol, colectándose la leche en frascos esterilizados individuales. Una vez verificada su condición de libre de mastitis, mediante CMT, las leches se mez-

¹Parte de Tesis de Grado presentada por Antonio Hargreaves B. para optar al Título de Ing. Agr., Universidad Católica de Chile.

Recepción originales: 7 de diciembre de 1977.

²Méd. Vet., Programa Producción de Leche, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

³Ing. Agr., Ph. D., Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile. Actualmente: Fundación Chile, Casilla 773, Santiago.

⁴Ing. Agr., Programa Producción de Leche, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

clan formando un pool común (2 litros) para análisis.

E_0, E_1, E_2, E_3 : Obtenidas después del paso de la leche por el equipo de ordeño y antes del enfriador. Las muestras se reciben en un matraz esterilizado común, mantenido a temperatura ambiente, del cual se submuestra para análisis a las 0, 1, 2, y 3 horas.

F_0, F_1, F_2, F_3 : Obtenidas después de su paso por el equipo de ordeño y por el enfriador que, al igual que en el caso anterior, se almacenaron a temperatura ambiente por 0, 1, 2, y 3 horas.

Las 10 vacas en ensayo, se ordeñaron y muestrearon al final del ordeño del rebaño.

Determinaciones:

1. *Test de California (CMT)*: Se hizo CMT a todas las muestras a tiempo 0 (U_0, E_0 y F_0). Toda la leche empleada presentó reacción negativa al CMT.

2. *Tiempo de reducción del azul de metileno (TRAM)*: Método que provee una información global y estimada del recuento bacteriano total de la leche, en términos de tiempo requerido para observar la decoloración del azul de metileno. Este fenómeno se explica por una caída en el potencial Redox derivado del consumo de oxígeno, producto del metabolismo bacteriano.

3. *Prueba de pH*: Mide el grado de acidez real de la leche (iones hidrógeno), cuya cantidad aumenta en proporción a la intensidad del metabolismo microbiano.

4. *Prueba de la acidez titulable*: Por este método se mide la acidez total de la leche, producto de la sumatoria de los compuestos ácidos normales (fosfatos, caseína, ácidos orgánicos, y CO_2) y de los ácidos desarrollados por fermentación microbiana. Se determinó en "grados Dornic" ($^{\circ}D$), que representan la cantidad de equivalentes de álcali necesarias para neutralizar la acidez inicial.

5. *Recuento y cultivo microbiano*: Las determinaciones se realizaron en el Instituto Bacteriológico de Chile, según recomendaciones del Standard Methods for the Examination of Dairy Products.

La interpretación estadística para probar que U_0 es diferente del resto de los tratamientos, se utilizó el estadígrafo t, mientras que los efectos atribuibles a sitio de toma de muestra e intervalos de exposición y su interacción se analizaron por medio de un Factorial 2×4 dispuesto en bloques al azar. Se estableció además, las correlaciones y regresiones entre los distintos parámetros de apreciación de calidad de leche.

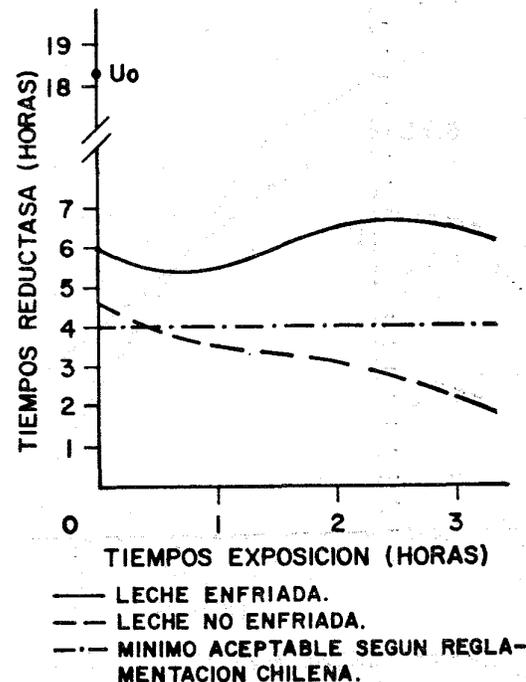
RESULTADOS Y DISCUSION

1. *Prueba de reducción del azul de metileno*: A lo largo de las 10 semanas de observaciones se detectaron elevados tiempos de reducción para las muestras de U_0 , lo que demuestra el bajo grado de contaminación endógena de la leche.

Existió un marcado contraste entre los TRAM de U_0 (18,32 h promedio) y todas las demás ($< 6,45$ h) ($P \leq 0,01$); esto demuestra el enorme grado de contaminación que experimenta la leche por su paso a través del equipo. Al usarse equipo mecánico de ordeña, se hace indispensable el enfriado (Figura 1 y Cuadro 1).

2. *Prueba de pH*: El pH presenta una tendencia inversa con el transcurso del tiempo (Figura 2 y Cuadro 1).

Por la sencillez y bajo costo de esta determinación, se podría considerar como un indicador para predecir tiempo postordeña. Así



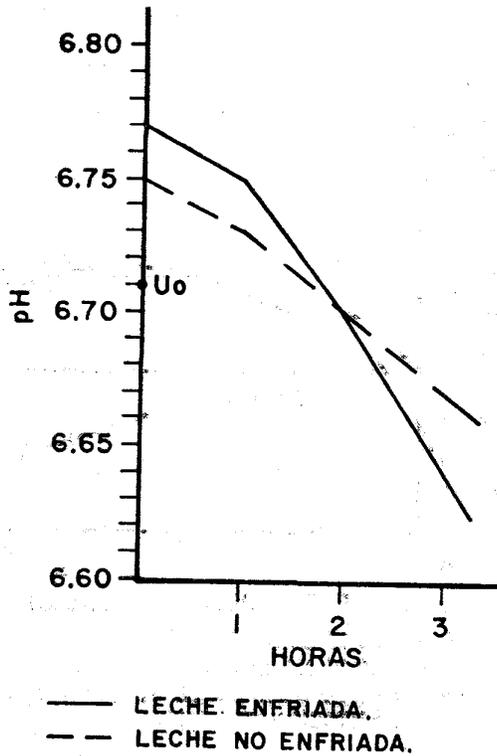
Técnico Dibujante:
W. Luis I. Veloz S.

Figura 1 — Tiempo de reducción del azul de metileno, influencia de enfriado y tiempo de exposición.

Cuadro 1 — Efecto sitio de toma de muestra y tiempo de exposición sobre la calidad láctea expresada en TRAM, Acidez y Ph.

	TRAM	pH	Acidez
Medias de: A	E 16,58 a	3,18 b*	6,71 a
	F 16,59 a	6,05 a	6,71 a
Horas.			
Medias de: B	0 16,16 c	5,29 a	6,76 a
	1 16,54 b	4,41 b	6,73 ab
	2 16,72 ab	4,53 b	6,70 b
	3 16,93 a	4,23 b	6,65 c

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas según prueba de Duncan ($P = 0,01$), salvo el asterisco (*) que indica diferencia al ($P = 0,05$).
E = leche no enfriada.
F = leche enfriada.



Técnico Dibujante:
W. Luis I. Veloz S.

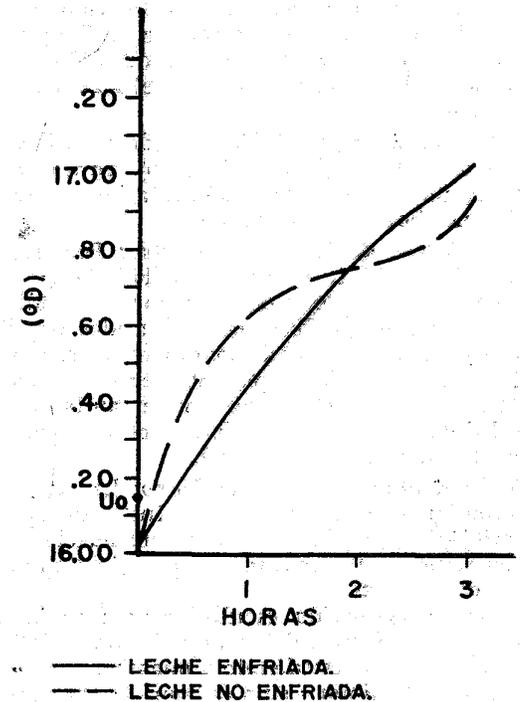
Figura 2 — Variación del pH por efecto de enfriado y tiempo de postordeño.

por ejemplo, el pH a la tercera hora postordeña es significativamente distinto de las horas anteriores, con o sin enfriado (Cuadro 1).

En la medición de pH se observa bastante variabilidad atribuible a semana de toma de muestra.

3. *Prueba de la acidez titulable:* No hubo diferencias significativas con respecto a enfriar y no enfriar (Cuadro 1), en base a grados Dornic; ni tampoco hubo un efecto significativo para la interacción entre sitio de toma de muestra y tiempo de exposición a la temperatura ambiente. Se observa un aumento de la acidez a medida que transcurre el tiempo de almacenaje, independientemente si ha habido o no enfriamiento (Figura 3 y Cuadro 1).

La reglamentación chilena acepta en plantas, leches con un rango entre 14,4 y 18,9 °D. Según puede apreciarse en la Figura 3, entre estos límites están comprendidas todas las muestras de este ensayo, muchas de las cuales son inaceptables según TRAM o recuento microbiano. Es importante tener en consideración las fallas en que se incurre al adoptar este criterio de selección en leches llegadas a Planta.



Técnico Dibujante:
W. Luis I. Veloz S.

Figura 3 — Variación de la acidez (°D) por efecto de enfriado y tiempo postordeño.

Cuadro 2 — Resultados bacteriológicos.

Tratamiento	Recuento de				Recuento total (Col/ml $\times 10^4$)
	<i>E. coli</i>	N.P.M. CO- liformes	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	
U ₀	No	3	No	No	0,27 a*
E ₀	Sí	1.100	No	No	18,41 b
F ₀	Sí	1.100	No	No	11,81 b

*Los tratamientos calificados con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí (Prueba de Duncan P = 0,01).

4. *Cultivo y recuento bacteriano*: Como se aprecia en el Cuadro 2, el paso de la leche por el equipo de ordeña y enfriamiento, determina un aumento considerable en su recuento de microorganismos. Las muestras obtenidas directamente de la ubre (U₀) presentan bajos recuentos de gérmenes, observándose mínimos valores (< 3 gérmenes por ml) de número más probable de coliformes (N.M.P. Coliformes).

No se encontró contaminación con *S. aureus* y *Salmonella*, en las muestras analizadas.

El enfriamiento deprime, aunque en forma no significativa, su posterior recuento por inhibir la curva exponencial inicial de su multiplicación y desarrollo. La falta de significancia puede deberse a la enorme variabilidad inherente al recuento de colonias.

Determinación de coeficiente de correlación y regresión:

Se encontró una correlación altamente significativa entre log de TRAM y log de recuento microbiano en tiempo 0 ($r = -0,78$, $P = 0,01$) (Figura 4). Los demás parámetros presentaron correlaciones no significativas ($P = 0,05$).

CONCLUSIONES

- La leche sufre una alta contaminación durante su paso a través del equipo de ordeño mecánico, a pesar de las rigurosas precauciones de aseó que se emplean. La cepa predominante la constituyen organismos coliformes (*E. coli*).
- La leche ordeñada manualmente en condiciones de adecuada asepsia tiene un recuento de microorganismos muy bajo y su conteo de coliformes es despreciable.
- Usando equipo mecánico, el enfriamiento es indispensable.

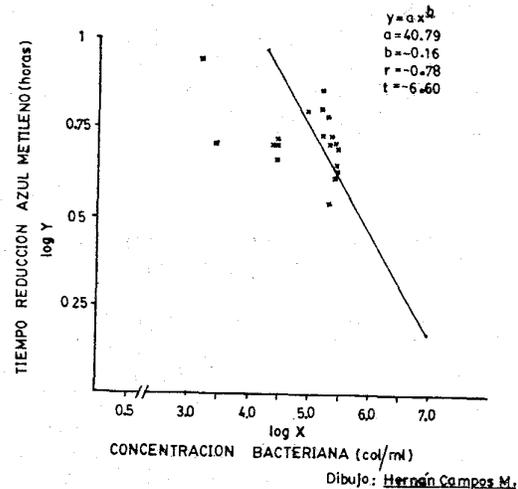


Figura 4 — Correlación recuento microbiano v/s tiempo de reducción del azul de metileno.

- TRAM es un buen método para valorar la calidad bacteriológica de la leche fresca.
- Determinar acidez titulable en leches que llegan a Planta es una prueba que adolece de importantes defectos que puede significar la aceptación de leches como aptas para su elaboración y posteriormente ser éstas descalificadas por otros métodos de control de calidad.
- El pH se relaciona inversamente con el tiempo de exposición (con o sin enfriamiento), y por lo tanto, es un buen índice para estimar el tiempo postordeño de la leche.
- TRAM y recuento microbiano presentan una alta correlación.

RESUMEN

Se efectuó un estudio tendiente a evaluar: 1) el grado de contaminación bacteriana adquirido por la leche como consecuencia de su paso a través del equipo mecánico de ordeña; 2) el efecto de enfriar la leche, pasándola por una pantalla refrigerada, y 3)

el efecto del largo del período de almacenaje, en la calidad bacteriológica de la leche. También se comparó y correlacionó los siguientes métodos de evaluación de calidad láctea; acidez titulable, pH, tiempo de reducción del azul de metileno (TRAM) y recuento bacteriano.

Se comparó muestras de leche colectadas en los siguientes puntos: a) ordeñada en forma manual, directamente a un matraz esterilizado; b) ordeñada mecánicamente y recolectada a la entrada del enfriador, y c) ordeñada mecánicamente y recolectada después de pasar por el enfriador. La leche fue expuesta a temperatura ambiente, en matraces esterilizados que se muestrearon a tiempo 0, 1, 2 y 3 horas postordeña para análisis.

Las leches a) fueron significativamente mejores en cuanto a TRAM, recuento microbiano y acidez titulable. El TRAM de leches obtenidos por ordeño mecánico fue significativamente mejor al ser éstas sometidas a enfriamiento. El tiempo de almacenaje provoca un deterioro progresivo que se hace significativamente mayor ($P = 0,01$) en leches ordeñadas mecánicamente. Sólo se encuentra bacterias coliformes en las muestras b, y c). Se observó una alta correlación entre TRAM y recuento bacteriano ($r = -0,78$, $P = 0,01$).

S U M M A R Y

EFFECT OF MECHANISAL MILKING, COOLING AND STORAGE OF MILK UPON BACTERIOLOGICAL QUALITY OF MILK

An investigation was carried out in order to: 1) measure the degree of bacterial contamination attributed to the passage of milk through the milking equipment; 2) The effect of cooling the milk through a surface milk cooler (SMC) and 3) The effect of period of storage on the bacteriological quality of milk. The following methods of milk quality evaluation were compared and correlated in single relationships: titratable acidity, pH, time for reduction of methylene Blue (TRMB) and bacterial count.

Milk samples were collected after at: a) hand milking directly into a sterilized matrix; b) mechanical milking with the milk being collected before entering of the SMC; c) mechanical milking with the milk being collected after passing through the SMC. All milk samples were maintained in sterilized glassbottles and sub-samples were taken after 0, 1, 2 and 3 hours post collection for analysis.

The milk obtained by a) ranked best in TRMB, bacteriological count and titratable acidity. The TRMB of milk collected by mechanical equipment was significantly improved by cooling in SMC. The storage time results in a progressive deterioration of milk quality and this effect was more notorious in milk collected by mechanical means. Coliform bacteria were found in milk samples b), and c). There was at high relationship ($r = -0,78$, $P = 0,01$) between TRMB and bacterial count.

LITERATURA CITADA

- BOEV, B. 1962. Microbiological study of milk obtained in the herringbone parlour. Dairy Sci. Abs. 25 (9). Nº 2634.
- FRANKLIN, J. G. 1965. The effect of raw milk quality on the keeping quality of pasteurized milk. Dairy Industry 30 (1): 46-50.
- HOBBIER, A. 1962. Observations on the effect of machine milking on the hygienic quality of raw milk. Int. Dairy Congr. A. pp. 517-20.
- KLETER, G. 1974. The bacterial flora in aseptically draw milk. Netherlands Milk and Dairy Journal 28 (3/4): 220-37.
- KURTZAHN, H. 1966. The quality of milk on the farm. Dairy Sci. Abs. 28 (9). Nº 2757.
- MAJOR, W. C. T. 1962. Importance of milking machine rubberware as a source of bacterial contamination. Dairy Sci. Abs. 25 (1): Nº 92.
- OLSON, C. J. 1962. Hygienic aspect of milk and payment for quality. Journal Milk Food Technology 25 (11): 355-61.
- RENNER, E., KANDLER, O. and KIERMEIR, F. 1962. Microflora of milk in hand milking compared with machine milking. Dairy Sci. Abs. 30 (4). Nº 1328.
- SMYTHE, V. R. 1960. Sources of milk contamination on farms. Dairy Sci. Abs. 23 (3). Nº 3926.
- THOMAS, S. B., DRUCE, R. G. and KING, KAY, P. 1966. The microflora of poorly cleansed farm dairy equipment. Dairy Sci. Abs. 28 (12). Nº 4013.
- VEISSEYRE, R. 1972. Lactología Técnica. Acribia. Zaragoza. España. 643 p.