

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA
MONTEVIDEO - URUGUAY

GRASA BUTIROMETRICA EN LECHE

Su determinación rápida en el tambo,
mediante una nueva técnica simplificada
del método Hoyberg modificado

POR

HUMBERTO P. TOMEIO IBARRA
PEDRO W. BERGERET



GRASA BUTIROMETRICA EN LECHE¹

Su determinación rápida en el tambo,
mediante una nueva técnica simplificada
del método Hoyberg modificado

INGRS. AGRS. HUMBERTO P. TOMEIO IBARRA²

y PEDRO W. BERGERET³

En el año 1960, los suscritos realizaron un trabajo sobre comparación de los métodos de dosificación de la grasa butirométrica de la leche, conocidos por Gerber y Hoyberg modificado.

Con esa investigación se trataba de dotar al productor lechero, un método que le permitiera en forma práctica y fácil, realizar en el mismo tambo la dosificación de la grasa de su producción, controlando ese componente de la leche que, de acuerdo a la escala de precios fijada en su industrialización, se toma como factor indicador de su calidad.

En el trabajo mencionado, se concluyó que:

- 1º) El grado de exactitud del método Hoyberg modificado es aceptable, manteniendo una estrecha correlación con el método Gerber corrientemente utilizado.
- 2º) Su técnica, aunque algo más larga que la del método Gerber, es de fácil ejecución y no requiere equipos costosos (centrífuga), ni la utilización de soluciones químicas peligrosas al manejo (ácido sulfúrico).

En consecuencia, se estimó como un medio de interés su divulgación en la zona de producción lechera, con el fin de incentivar el control en base al contenido en grasa.

Sin embargo, los autores creyeron necesario emprender nuevos ensayos, con el fin de dar al método una practicidad mayor, disminuyendo el tiempo de realización del análisis, lo

1. Trabajo realizado en el Instituto de Tecnología.

2. Jefe de Repartición.

3. Asistente de Instituto.

que permitiría una mayor posibilidad de adopción del mismo en el medio rural.

La técnica original establece:

Introducir en el butirómetro Gerber para leche entera, 10 ml. de la muestra, 11 ml. de la solución Hoyberg y 1 ml. de alcohol isobutílico.

Cerrar con tapón de goma, agitar fuertemente y colocar en baño de María a 60° C. durante 3 minutos con el tapón hacia abajo.

Sacar del baño, agitar de nuevo fuertemente, haciendo pasar tres veces el contenido de un extremo al otro del butirómetro y colocar otros 3 minutos en el baño a 60° C.

Sacar, agitar y llevar otros 3 minutos al baño.

Repetir el agitado una vez más y colocar en el baño durante 15 minutos. Sacar y efectuar la lectura.

Como se verá, la duración de cada análisis presupone un tiempo total de inmersión en el baño de 24 minutos, lo que sumado a los períodos intermedios de agitado, etc., completan una duración aproximada a la media hora para cada determinación.

Es indudable que para el productor, la aplicación de un método analítico, ya de por sí es algo que sale fuera de su rutina diaria y por lo tanto resiste su adopción, pese a los beneficios económicos que pueda representar el referido control para su explotación.

El empleo de utensilios de laboratorio de manipulación delicada, constituye un factor negativo para la introducción de técnicas analíticas en el medio rural; si a ello se suma la prolongación excesiva de la misma, será muy difícil lograr que el productor las tenga en cuenta.

En base a esas consideraciones es que se buscó ensayar disminuir el tiempo de realización, creyendo que si ello se lograra, se daría un gran paso para permitir la aplicación del método en la zona productora.

Con tal fin, hemos tratado de basar nuestros ensayos en la modificación de los tiempos de inmersión en el baño de María, actuando a la vez sobre el factor temperatura del baño, estipulado como muy importante en la técnica original.

Así se ensayaron las siguientes alternativas:

- a) Método Hoyberg modificado original según técnica ya indicada.
- b) Inmersión en el baño sólo dos veces durante 3 minutos y una vez 10 minutos, con temperatura constante de 60° C.
- c) Igual cantidad y tiempos de inmersión que en b), pero con temperatura constante de 65°

Esta disminución de 8 minutos, como primer paso al acortamiento de la técnica, de lograrse, entendimos podía ya ser de gran ayuda a los fines perseguidos.

El ensayo incluyó 35 muestras de leche de distintas procedencias, a las que se les efectuó el análisis por los tres métodos, llevándose en cada caso dosificaciones duplicadas, lo que permitiría controlar la correspondencia y regularidad de los resultados obtenidos por cada uno de los métodos ensayados.

Los distintos datos analíticos se expresan a continuación, agrupándose por pares consecutivos cada una de las muestras ensayadas:

<i>Testigo (a)</i>	<i>Variante (b)</i>	<i>Variante (c)</i>
3.3	3.2	3.2
3.3	3.2	3.6
3.5	3.2	3.3
3.5	3.2	3.5
3.4	3.0	3.8
3.4	3.3	3.2
3.3	3.0	3.2
3.3	3.2	3.1
3.7	3.7	3.7
3.8	3.7	3.7
3.4	3.3	3.3
3.4	3.3	3.4
3.8	3.7	3.6
3.1	3.1	2.9
3.1	3.1	3.0
3.5	3.9	3.7
3.8	3.9	3.7
3.2	3.1	3.0
3.1	3.1	3.0
3.6	3.6	3.5
3.6	3.6	3.0
3.0	2.9	2.9
3.1	2.9	2.9
3.7	3.6	3.6
3.9	3.6	3.6
3.7	3.8	3.7
3.6	3.7	3.6
3.4	3.1	3.2
3.3	3.2	3.2
3.3	3.3	3.1
3.3	3.3	3.2
3.7	3.7	3.7
3.8	3.7	3.7

<i>Testigo (a)</i>	<i>Variante (b)</i>	<i>Variante (c)</i>
2.9	2.9	2.9
2.9	3.0	2.9
3.4	3.3	3.4
3.4	3.3	3.3
3.1	3.0	3.0
3.0	3.0	2.9
3.5	3.4	3.5
3.5	3.4	3.4
3.5	3.2	3.3
3.4	3.4	3.1
3.3	3.0	3.1
3.3	3.3	3.3
4.5	4.6	4.5
4.4	4.5	4.6
3.1	3.0	2.9
3.2	3.0	3.1
3.4	3.4	3.3
3.3	3.4	3.3
3.3	3.3	3.2
3.4	3.3	3.2
2.5	2.3	2.5
2.5	2.6	2.5
3.4	3.3	3.2
3.4	3.3	3.2
3.7	3.6	3.6
3.7	3.6	3.7
3.2	3.0	3.0
3.1	3.0	3.0
4.3	4.2	4.2
4.2	4.1	4.1
3.2	3.0	3.0
2.5	2.4	2.2
2.5	2.2	2.4
3.3	3.1	3.1
3.3	3.1	3.1
2.6	2.3	2.4
2.6	2.4	2.6

Se solicitó la colaboración de la Cátedra de Biometría, con el fin de aplicar en las cifras obtenidas, las correspondientes técnicas estadísticas que permitieran valorar si los métodos utilizados presentaban diferencias significativas con el método Hoyberg original usado como testigo.

Transcribimos a continuación el informe proporcionado por el Ing. Agr. Alvaro Sánchez, Jefe de Trabajos Prácticos de la

Cátedra mencionada, con motivo del estudio realizado de los resultados proporcionados por este Instituto.

"Asunto: Estudiar la relación entre dos variantes y el método Hoyberg normal.

"Método estadístico. Regresión lineal: Se ajustaron rectas de regresión tomando como variable independiente X , los valores obtenidos con el método Hoyberg normal, y como variables dependientes Y , los valores obtenidos con las variantes.

"El modelo correspondiente es:

$$Y_{ij} = m + b(X_i - \bar{X}) + e_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 17 \\ j = 1, 2, \dots, J_i \end{array}$$

"Donde m representa el valor medio obtenido con la variante, b la pendiente de la recta de regresión, y e_{ij} los errores experimentales.

"Interesa estudiar si m es significativamente diferente de \bar{X} , y si b es significativamente diferente de 1, ya que, si hubiera una relación perfecta, la curva de regresión sería:

$$Y_{ij} = X_i + e_{ij}$$

es decir, tendríamos: $b = 1$ y $m = \bar{X}$.

i	J_i	Hoyberg	Promedios Y_i	
		normal X_i	Variante b)	Variante c)
1	4	2,5	2,375	2,400
2	2	2,6	2,350	2,500
3	2	2,9	2,950	2,900
4	2	3,0	2,950	2,900
5	7	3,1	3,029	2,957
6	4	3,2	2,025	3,025
7	13	3,3	3,200	3,215
8	12	3,4	3,275	3,300
9	6	3,5	3,383	3,450
10	3	3,6	3,633	3,367
11	6	3,7	3,667	3,667
12	4	3,8	3,750	3,675
13	1	3,9	3,600	3,600
14	1	4,2	4,100	4,100
15	1	4,3	4,200	4,200
16	1	4,4	4,500	4,600
17	1	4,5	4,600	4,500
Promedio		3,37	3,28	3,27

”Variante b).

”Análisis de la variancia.

$$Sx^2 = 805,09 - 794,98 = 10,11$$

$$Sy^2 = 765,98 - 753,09 = 12,89$$

$$Sxy = 784,63 - 773,75 = 10,88$$

$$Sy^2 = 765,09 - 753,09 = 12,00$$

$$b = 1,076$$

$$SC_{\text{Regr.}} = 11,71$$

$$SC_{\text{Desv.}} = 0,29$$

Fuente	S. C.	g. l.	C. M.	F obs.	F 0,70
Regresión	11,71	1	11,71		
Desviaciones	0,29	15	0,0193	1,149	1,20
Error	0,89	53	0,0168		
Total	12,89	69			

$$s^2 = 0,0168$$

$$s = 0,13$$

”Las desviaciones respecto a la recta, no son significativamente diferentes de cero, es decir, no hay evidencia de que la relación no sea lineal.

”Recta de regresión estimada:

$$Y - 3,28 + 1,076 (X - 3,37) = -0,35 + 1,076 X$$

”Pruebas t.

”Hipótesis $b = 1$

$$s_b = 0,048 \quad t = 1,593 \quad t(0,20) = 1,298 \quad t(0,10) = 1,676$$

”No hay diferencia significativa al 10%.

”Límites de confianza del 95%:

$$0,980 < b < 1,172$$

”Hipótesis $m = X = 3,37$

$$d = 0,09 \quad s_d = 0,015 \quad t = 6,00$$

”Hay diferencia altamente significativa.

”Límites de confianza del 95%:

$$3,25 < m < 3,31$$

”Intervalos de discriminación.

”Obtenido un nuevo valor Y' con la variante b), hay una probabilidad del 95% de que el intervalo

$$X + \frac{b(Y' - \bar{Y})}{\lambda} \pm \frac{t_{\alpha} S}{\lambda} \sqrt{\lambda \frac{n+1}{n} + \frac{(Y' - \bar{Y})^2}{Sx^2}} \quad \lambda = b^2 - \frac{t_{\alpha}^2 S^2}{Sx^2}$$

cubra al valor verdadero (Hoyberg): X'.

”Sustituyendo por los valores numéricos obtenemos:

$$0,30 + 0,93 Y' \pm 0,071 \sqrt{Y'^2 - 6,56 Y' + 22,56}$$

”Para algunos valores de Y' los limites se calcularon en el cuadro siguiente:

Y' = 2,9	3,00 ± 0,25	Y' = 3,5	3,56 ± 0,24
= 3,2	3,30 ± 0,24	= 3,8	3,83 ± 0,25
		= 4,1	4,11 ± 0,24

”Variante c).

”Análisis de la variancia.

Sx ² = 805,09 - 794,98 = 10,11	b = 1,073
Sy ² = 761,40 - 748,50 = 12,90	SCR = 11,64
Sxy = 782,24 - 771,39 = 10,85	SCD = 0,86
Sy _i ² = 761,00 - 748,50 = 12,50	

Fuente	S. C.	g. l.	C. M.	F obs.	F 0,70
Regresión	11,64	1	11,64		
Desviaciones	0,86	15	0,057	7,589	2,42
Error	0,40	53	0,0075		
Total	12,90	69			

”Las desviaciones son altamente significativas. Hay evidencia de que la relación no es lineal.

”Conclusiones.

* ”La variante b), ajusta satisfactoriamente, dentro de la precisión del experimento, al Hoyberg normal, salvo la corrección que se anota más abajo.

* ”No ocurre lo mismo con la variante c). No hay una relación lineal entre los valores obtenidos con Hoyberg y con dicha variante.

* "El experimento no permite medir la precisión del método Hoyberg, ya que, no hay más de una determinación Hoyberg para cada muestra. No se puede comparar entonces, la precisión de las variantes con la del método clásico.

* "Dada la recta de regresión hallada para la variante b), habría que corregir los valores obtenidos con ella, mediante la fórmula:

$$\text{Valor ajustado} = 0,93 (\text{Valor obtenido}) + 0,32$$

"Este ajuste debe ser probado y afinado en un experimento posterior."

De las conclusiones aportadas por el trabajo transcrito, se establece que si bien será necesario realizar nuevas experiencias para ajustar el factor de corrección que determina, la variante b), ajusta satisfactoriamente con el Hoyberg normal.

En cuanto a lo establecido en el considerando 3 de dichas conclusiones, debemos manifestar que la correspondencia entre el método Hoyberg normal y el método clásico (Gerber), ya fue establecida por los autores en el ensayo realizado en el año 1960, cuyas conclusiones transcribimos al principio del presente trabajo y a las cuales podemos agregar que las diferencias promediales encontradas en aquella oportunidad entre ambos métodos, no llegaron en ningún caso al 0,1%, con una correlación estrecha que alcanza más del 98% de seguridad.

Estudiado el factor de corrección que se indica, podemos efectuar las siguientes consideraciones.

Si incluimos en un cuadro los valores ajustados para distintas posibles dosificaciones de grasa en la leche, tenemos:

<i>Valor obtenido</i>	<i>Valor ajustado</i>
2,0	2,18
2,5	2,645
3,0	3,11
3,5	3,575
4,0	4,04

Como vemos, las diferencias entre los dos valores son máximas cuando los porcentajes de grasa de las leches ensayadas son más bajos, habiendo casi un error de 0,2% en determinaciones correspondientes a un contenido de 2% de grasa butiro-

métrica, valor muy bajo para el común de las leches del Uruguay y por consiguiente muy raramente alcanzado.

Ello está, por otra parte, confirmado por el estudio realizado en la página 5, de donde se extrae que de las determinaciones efectuadas, el 11,4% correspondieron a valores entre 2 y 2,9% de grasa, no habiendo ninguno que haya bajado de 2,5%; el 5,7% fueron superiores a 4,0% de grasa y el 82,9% de los resultados se situaron entre 3,0% y 3,9%.

Por consiguiente, si estudiamos esta última gama de posibles valores a obtener, el error varía entre 0,11 y 0,05% referidos a los dos extremos, lo que a los efectos que persigue la incorporación del método en el medio rural, no establece diferencias notorias que impidan al productor tener idea cabal de la calidad del producto obtenido.

Es de hacer notar, que la última diferencia establecida (0,05%), no puede ser apreciada con el material (butirómetro) corrientemente utilizado, cuya precisión de fábrica se establece siempre al 1/10.

De acuerdo a lo establecido, y sin perjuicio de proseguir con nuevos ensayos que permitan un ajuste mejor de los métodos ensayados, se pueden establecer las siguientes

CONCLUSIONES

1) Se demuestra en primera instancia, la posibilidad de reducir el tiempo de realización de las determinaciones analíticas de grasa butirométrica en leche, por el método Hoyberg modificado.

2) Esta reducción no afecta la exactitud de los datos obtenidos, por lo menos en los valores de grasa que presentan más comúnmente las leches del Uruguay.

3) Frente al método Gerber, universalmente adoptado, la técnica analítica aconsejada presenta una duración mayor de cinco minutos y a la vez presenta siempre la ventaja de evitar el trabajo con soluciones peligrosas.

4) Por ello, proponemos la utilización en el medio rural, como sustitutiva del método Gerber clásico, de la siguiente técnica analítica:

a) *Soluciones*: Las mismas del método Hoyberg modificado.

b) *Método*: Se introducen en el butirómetro Gerber para leche entera, 10 c.c. de la muestra de leche, 11 c.c. de las soluciones indicadas y 1 c.c. de alcohol isobutílico, cerrando con tapón de goma.

Se agita con fuerza el butirómetro y se coloca en un baño de María a 60° C., con los tapones hacia abajo.

Después de 3 minutos, se sacan, se agitan con fuerza nuevamente, haciendo pasar tres veces el contenido de un extremo al otro del butirómetro, colocándolos otros 3 minutos al baño de María.

Se agita otra vez en la misma forma y se lleva nuevamente al baño de María durante 10 minutos, al cabo de los cuales se procede en forma directa a la lectura de la grasa butirométrica.

Se establece como muy importante, mantener la temperatura constante a 60° y el empleo de alcohol isobutílico de buena calidad.

BIBLIOGRAFIA

1. ZUNINO, L. A.—El método Hoyberg para la dosificación de la substancia grasa en la leche y su aplicación en el Control Lechero. *Rev. N° 5 de la F. de Agronomía*, Montevideo, Uruguay. Julio de 1931.
2. TEICHERT, K.—Methoden zur Untersuchung von Milch und Milchzeugnissen. *Verlag F. Enke*. Stuttgart, 1922, 2 Aufl.
3. ORLA-JENSEN.—Le procédé Hoyberg pour la détermination de la matière grasse dans le lait et la creme. *Le Lait*, Mars 1923.
4. KNOCH.—*Handbuck der Milchverwertung*.
5. RAM und KOTHAVALLA.—Eine einfache Ram-Kon-Methode zur Bestimmung von Fett in Milch. *Dairy Science Abstracts*, 1944, Vol. 6, N° 2.
6. EFFERN, J.—Über die Verwendung von Gerber-Butyrometern bei dem Hoyberg-Verfahren. *Milchwissenschaft*, julio 1952.
7. TOMEO IBARRA, H. P. y BERGERET, P. W.—Resultados obtenidos en el dosaje de la grasa butirométrica de la leche por los métodos Gerber y Hoyberg modificado. Instituto de Tecnología. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay, año 1960. Presentado y publicado en los *Anales de las Sesiones Químicas Rioplatenses*. 5ª Reunión, Buenos Aires.