

原料乳의 異常有無와 電氣傳導度

박호구*·배태진·김병삼·한봉호

부산수산대학 식품공학과

*부산·경남 우유협동조합

(1983년 5월 10일 수리)

Measurement of Electrical Conductivity for Detection of Abnormality of Raw Milk

Ho-Gu Park*·Tae-Jin Bae·Byeong-Sam Kim and Bong-Ho Han

Dept. of Food Sci. & Technol., National Fisheries University of Busan

*Busan-Kyeong-Nam Dairy Cooperative Association

(Received May 10, 1983)

Abstract

Electrical conductivity of raw milk obtained from milk cans transported from various dairy farms was discussed in relation to the contents of lactose, chloride and Koestler number to check the possibility of its application as a method for evaluation and detection of abnormality of raw milk.

Correlation between the electrical conductivity and Koestler number was recognized with a coefficient of 0.76.

The percentages of abnormal milk based on the Koestler number 3.5, chloride content 0.14% and the electrical conductivity $6,260(\mu\text{mho}/\text{cm}) \times 10^3$ were 14.0%, 15.3% and 14.0%, respectively.

In case of, the watered and salted milk, measurement of the specific gravity was necessary as an auxiliary process because of the decreasing electrical conductivity with increasing water content.

序 論

소의 乳房炎과 異常乳의 判定은 化學的 및 微生物學的인 方法으로 可能하지만, 實驗의 正確性和 所要時間 등이 問題가 되므로 電氣傳導度 및 滲透壓 등의 새로운 判定法의 適用可能性이 研究되고 있다. Malcom 등¹⁾, Davis 등²⁾, Davis 등³⁾은 乳房炎과 異常乳의 判定에 電氣傳導度測定法을 利用하였으며, 近來에는 Linzell과 Peaker⁴⁾, Gerbre-Egziabher 등⁵⁾, Duris⁶⁾, Fernando 등^{7,8)}도 乳房炎의 診斷을 위하여 牛乳의 電氣傳導도를 測定한 바 있는데 이들 研究는 個体牛로 부터의 牛乳를 測定對象으로 하고 있다.

本 研究에서는 이와는 달리 牧場으로 부터 納乳된 混乳狀態의 輸送罐牛乳의 異常有無判定을 위한 方法으로서, 電氣傳導度測定法의 適用可能如否를 乳糖含量, 塩素濃度, Koestler number와 관련시켜 檢討하였다.

材料 및 方法

1. 材 料

1982년 8월 10일부터 9월 29일 사이에 釜山市와 慶南일대의 牧場으로 부터 納乳된 牛乳輸送罐에서 試料乳를 採取하고 5℃ 이하의 冷藏庫에 保管하면서 實驗에 使用하였다.

2. 方 法

1) 電氣傳導度 :

Electrolytic Conductometer (Model CM-10B, Japan)를 使用하고, 0.01M 염화칼륨 標準液으로 水시 補正하면서 試料乳 100ml를 35℃로 하여 測定하였다.

2) 乳糖含量 :

Polarimeter (Model, SR-6, 5419, W-Germany)를 使用하였으며, 20% 황산 7.5ml와 요오드화 수

은 溶液 7.5ml 및 試料乳 50ml를 混合, 여과, 세척한 후 100ml로 定容하여 偏光을 測定하고 補正, 計算하였다. 이 때 요오드화 수는 溶液은 요오드화 칼륨 40g을 물 200ml에 溶解시킨 후 요오드화 수는 55g을 가하고 여과하여 500ml로 定容한 것이었다.

3) 乳脂肪含量 :

Milkotester (Model MK III, F3140, Denmark) 를 使用하여 48時間前에 電源이 入力된 狀態에서 Gerber 法으로 測定된 標準試料로 補正한 후 測定하였다.

4) 塩度, 酸度, 比重, pH, 酒精 및 色素還元 :

American Public Health Association의 標準方法⁹⁾에 따라 測定하였다.

結果 및 考察

實驗에 使用된 試料乳의 몇가지 測定特性值들의 平均값을 Holstein 牛乳에 대한 文献值¹⁰⁻¹²⁾와 比較하여 Table 1에 정리하였다. 塩素濃度, 脂肪含量, 比重, 酸度 및 pH는 위의 文献値와 比較的 잘 一致하였으나, 乳糖含量은 文献値의 平均값보다 상당히 낮은 값을, 그리고 電氣伝導도는 오히려 높은 값을 보였다. 이는 乳糖含量과 電氣伝導도는 서로 反

比例한다는 Pinkerton과 Peters¹³⁾의 報告와 一致하였다. Webb와 Johnson¹⁰⁾은 그 이유가 乳腺에는 乳糖의 合成과는 관계없이 牛乳의 滲透壓을 血管과 同等하게 維持하려는 特性이 있기 때문으로서, 乳糖의 合成이 저해되면 나트륨 및 塩素의 濃도가 增加하여 牛乳의 滲透壓이 一定하게 維持된다고 하였다. 그러나 Jeness와 Patton¹⁴⁾, Muldoon과 Liska¹⁵⁾등은 乳腺에 疾病이 있는 異常乳의 경우라 하더라도 異常有無의 判斷指標로는 塩素와 乳糖 각각의 濃도의 크고 작음보다는 이들 濃도의 相對的 比率이 오히려 타당성이 있다고 하였으며, van der Have등¹⁶⁾은 各種 소의 牛乳中の 塩素와 乳糖濃도의 相關係數는 疾病有無에 關係없이 全泌乳期間을 통하여 -0.530 ~ -0.919 程度라 하였다.

試料乳의 Koestler number와 電氣伝導도의 關係를 Fig. 1에 나타내었다. 이 때의 相關係數는 0.76으로서, Koestler number가 클수록 電氣伝導도가 컸으나, 正確하게 比例적으로 增加하지 않는 것은 乳牛個體間的 差異와 輸送罐牛乳의 混乳程度에 의한 것으로 생각되었다. Jeness와 Patton¹⁴⁾은 正常乳의 Koestler number 범위를 1.5~3.0, Webb와 Johnson¹⁰⁾은 1.5~3.5인 것으로 報告하였다. 그러나 本 研究의 結果에서는 Koestler number가 3.5 이상이면서도 3.0~3.5 사이의 牛乳보다 電氣伝導

Table 1. Some characteristic values of raw milk.

	pH	Acidity (%)	Specific gravity	Fat (%)	Chloride (%)	Lactose (%)	MBRT (hr)	Electrical conductivity ($\mu\text{mho/cm}$) $\cdot 10^3$
Mean	6.6 (60)	0.15 (80)	1.0304 (80)	3.55 (89)	0.12 (800)	4.15 (80)	3 (80)	5.999 (43)
Standard deviation	0.1	0.014	0.001	0.44	0.013	0.29	2.0	0.434
Lit.*	6.4~6.6	0.15~0.18	1.032	2.72~6.00	0.08~0.12	3.96~5.71		4.400~5.500

MBRT : Methyleneblue reduction test

Lit.* : Literature values cited from Webb and Johnson¹⁰⁾, Kim et al¹¹⁾ and Kon and Cowie¹²⁾

Figures in parentheses give the number of adapted samples.

도가 낮은 것도 있었다.

Table 2 에는 Fig. 1의 試料乳들을 Koestler number 별로 구분하고, 각 구간의 試料乳의 乳糖含量, 塩素濃度 및 電氣伝導도를 정리하여 나타내었다. 乳房炎乳의 乳糖含量이 3.75% 程度라는 Pinkerton과 Peters¹³⁾의 報告에 따르면 Table 2의 Koestler number 3.5 이상의 牛乳는 異常乳일 것으로 생각되었다. 그리고 塩素濃度 0.14% 이상인 牛乳를 異常乳라고 한 Muldoon과 Liska¹⁵⁾의 報告에 따른다면 Koestler number 3.0~3.5의 牛乳도 塩素濃도의 편차로 미루어 보아 一部牛乳는 異常乳일 可能性이 있는 것으로 생각되었다. 異常乳의 電氣伝導도에 관

하여 Gerbre-Egziabher 등¹⁷⁾은 同一個體牛 에서도 疾病이 있는 乳頭로 부터 搾乳한 牛乳의 電氣伝導도가 正常乳의 그것보다 크다고 하였다. Fernando 등¹⁸⁾은 20頭의 소를 대상으로 感染된 乳頭에서 搾乳하였을 때, 아침에 搾乳한 牛乳의 첫부분 (fore milk)과 마지막 부분 (strippings)의 電氣伝導도가 7.725 ± 0.245 및 $6.920 \pm 0.245 (\mu\text{mho/cm}) \times 10^3$ 저녁에 搾乳한 牛乳의 첫 부분과 마지막 부분의 경우는 6.260 ± 0.245 및 $7.540 \pm 0.245 (\mu\text{mho/cm}) \times 10^3$ 이었다고 하였다. 또 Fernando 등¹⁸⁾은 *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus uberis*, Coliform 등에 感染된 乳頭로 부터의 牛乳의 電氣伝導도가 6.253 ± 1.021

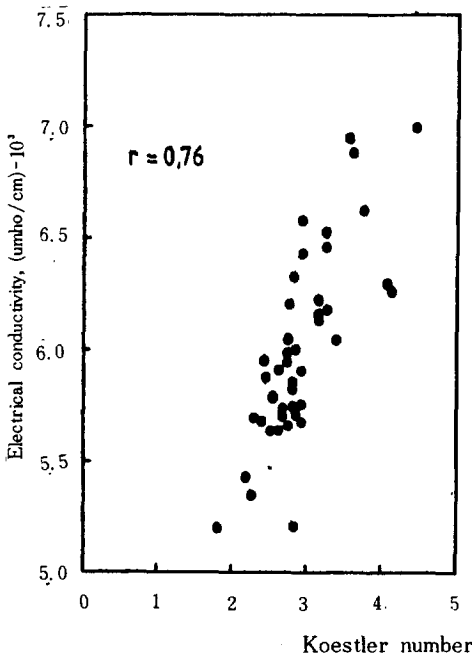


Fig. 1. Relationship between electrical conductivity and Koestler number of raw milk.

Table 2. Comparison lactose, chloride and electrical conductivity of raw milk with different Koestler number.

Koestler number (KN)	Lactose (%)	Chloride (%)	Electrical conductivity ($\mu\text{mho/cm}) \cdot 10^3$
KN > 3.5 (6)	3.7 \pm 0.13	0.146 \pm 0.014	6.76 \pm 0.29
3.5 \geq KN > 3.0 (7)	4.08 \pm 0.1	0.133 \pm 0.054	6.24 \pm 0.18
3.0 \geq KN \geq 2.5 (23)	4.17 \pm 0.23	0.118 \pm 0.006	5.87 \pm 0.30
2.5 \geq KN (7)	4.48 \pm 0.18	0.102 \pm 0.01	5.60 \pm 0.28

Koestler number = Chloride-Lactose number = (Cl %/Lactose%) \cdot 100. Figures in parantheses give the number of samples

($\mu\text{mho/cm}) \times 10^3$ 으로 *Staphylococcus epidermis*, *Corynebacterium bovis*, *Micrococcus* 등에 感染된 것의 5.690 \pm 1.020 ($\mu\text{mho/cm}) \times 10^3$ 보다 컸으며, 正常乳의 電氣伝導度는 4.916 \pm 0.506 ($\mu\text{mho/cm}) \times 10^3$ 程度라 하였다. 本研究의 全試料乳의 電氣伝導도를 Fernando 등⁷⁾의 報告中에서 편차가 비슷하면서 가장 낮은 값인 6.260 \pm 0.245 ($\mu\text{mho/cm}) \times 10^3$ 을 基準으로 하고, 異常乳의 判断基準이 될 수 있는 乳糖含量 3.75%, 塩素濃度 0.14% 를 관련시켜 比較한다면, Koestler number 3.0~3.5의 試料乳는 乳糖含量으로 보아서는 正常乳일 것이나, 塩素濃도에 ㅁ우어 判断한다면 一部の 試料乳는 異常乳가 混入

된 牛乳일 것으로 생각되었다.

Table 3 과 Table 4 에는 Koestler number 3.5 이상의 試料乳와 3.0~3.5 사이의 試料乳의 몇 가지 測定値를 나타내었다. Koestler number 가 3.5보다 큰 試料乳의 경우는 전반적으로 乳糖含量과 塩素濃度가 異常乳에 가까웠으며 電氣伝導도는 Fernando 등⁷⁾이 報告한 6.260 \pm 0.245 ($\mu\text{mho/cm}) \times 10^3$ 보다 높았으므로 異常乳인 것으로 判定되었다.

Table 3. Chemical and physical characteristics of raw milk with a Koestler number of greater than 3.5

Sample number	Alcohol test	Acidity (%)	Fat (%)	Chloride (%)	Lactose (%)	Electrical conductivity ($\mu\text{mho/cm}) \cdot 10^3$
1	-	0.15	4.04	0.04	3.94	6.94
2	-	0.14	3.31	0.17	3.76	7.09
3	+	0.17	3.11	0.14	3.98	6.88
4	-	0.13	3.56	0.13	3.40	6.62
5	-	0.144	3.25	0.153	3.76	6.26
6	-	0.142	3.58	0.145	3.49	6.26
Mean		0.141	3.48	0.146	3.72	6.76
Standard deviation		0.007	0.33	0.014	0.23	0.29

Table 4. Chemical and physical characteristics of raw milk with a Koestler number in the range of 3.0 to 3.5

Sample number	Alcohol test	Acidity (%)	Fat (%)	Chloride (%)	Lactose (%)	Electrical conductivity ($\mu\text{mho/cm}) \cdot 10^3$
1	-	0.14	3.49	0.14	4.2	6.16
2	-	0.14	3.45	0.13	4.12	6.21
3	-	0.15	3.24	0.13	4.12	6.16
4	-	0.13	3.31	0.13	3.94	6.46
5	-	0.13	3.98	0.13	3.94	6.52
6	-	-	0.148	3.82	0.13	6.15
7	+	0.18	2.75	0.142	4.12	6.03
Mean		0.145	3.43	0.133	4.08	6.24
Standard deviation		0.017	0.40	0.054	0.1	0.18

MBRT : Methyleneblue reduction test

Koestler number 3.0~3.5 범위의 試料乳 (Table 4) 의 경우, 1번과 7번 試料乳는 塩素濃도로 보아서는 異常乳이나 電氣伝導도로 判定한다면 正常乳라 생각되었고, 4번과 5번 試料乳는 塩素濃도로 判定한다면 正常乳라 생각되나 乳糖含量과 電氣伝導도로서 判定한다면 異常乳의 범위에 속함을 알았

다. 이는 輸送罐으로 운반된 試料乳가 一部 異常乳가 混入된 牛乳이기 때문으로 생각되었다. Table 3 과 Table 4 에서 Koestler number 3.5 이상인 試料乳들을 異常乳로 判定한다면 그 比率은 全体 43개 試料乳의 14.0%, 塩素濃度 0.14%를 基準으로 判定하면 異常乳의 比率은 15.3%였다. 그리고 電氣 伝導度 $6.260 (\mu\text{mho}/\text{cm}) \times 10^3$ 을 異常乳의 判定基準으로 하였을 때의 全試料乳中의 異常乳는 14.0%였다. 위의 結果로 보아서 Koestler number 3.5, 塩素濃度 0.14% 및 電氣伝導度 $6.260 (\mu\text{mho}/\text{cm}) \times 10^3$ 을 基準으로 하였을 때, Koestler number와 電氣伝導度を 基準으로 하였을 때의 結果가 다같이 14.0%로서 신뢰도가 높은 것으로 나타났다. 따라서 牧場으로 부터 納乳된 輸送罐牛乳의 異常有無를 迅速하게 判定하는 方法으로서 電氣伝導度測定法이 有效한 判定法이 될 수 있을 것으로 確信되었다.

酒精試驗 不合格乳의 酸度, 電氣伝導度, Koestler number를 Table 5에 나타내었다. Webb와 Johnson¹⁰⁾에 따르면, soxhlet henkel度 ($\text{Sh}^* = \text{lactic}$

Table 5. Acidity, electrical conductivity and Koestler number of positive raw milk in alcohol test

Sample number	Acidity (%)	Electrical conductivity ($\mu\text{mho}/\text{cm}) \cdot 10^3$	Koestler number
1	0.14	6.88	3.6
2	0.17	5.87	2.5
3	0.17	5.87	2.9
4	0.17	5.76	2.2
5	0.17	6.32	2.9
6	0.17	6.20	2.9
7	0.18	6.04	2.8
8	0.18	5.62	2.6
9	0.18	5.81	2.9
10	0.18	6.03	3.4
11	0.19	5.73	2.9
mean	0.173	6.008	2.87
standard deviation	0.013	0.357	0.38

acid 0.025%)의 増加에 따라서 電氣伝導度는 約 0.0001 ($\mu\text{mho}/\text{cm}) \times 10^3$ 씩 増加한다고 하나, lactic acid의 増加와 그에 따른 酸度의 變化에 基因하는 電氣伝導도와 酸度 사이의 相關性은 확인되지 않았고, 따라서 酸도와 Koestler number 사이에도 相關性은 확인되지 않았다.

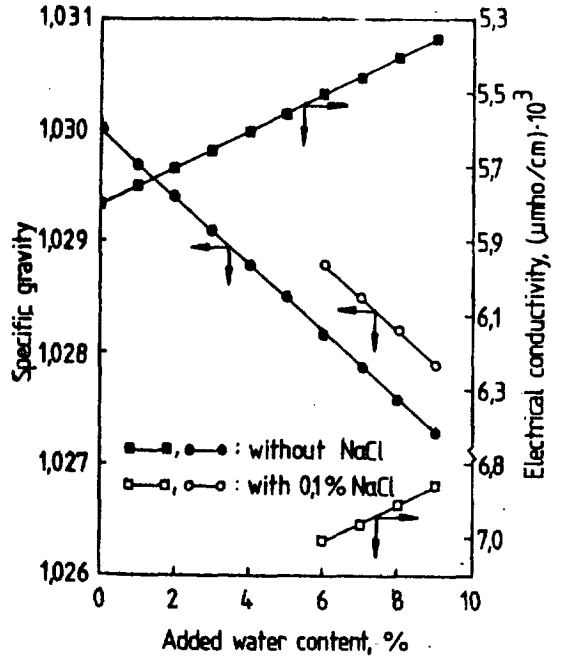


Fig. 2. Variation of the electrical conductivity and specific gravity of watered and salted milk.

試料乳에 一定量의 물을 添加하였을 때의 比重과 電氣伝導度, 試料乳에 대한 加水量을 6% 이상으로 하고 여기에 다시 0.1%의 염화나트륨을 添加하였을 때의 比重과 電氣伝導도를 Fig. 2에 나타내었다. 물만을 添加하였을 때는 加水量이 增加함에 따라 比重과 電氣伝導도는 각각 0.003 및 $0.05 (\mu\text{mho}/\text{cm}) \times 10^3$ 정도씩 감소하였다. 加水量을 6% 이상으로 하고 여기에 0.1% 염화나트륨을 添加한 試料乳는 比重과 電氣伝導도가 염화나트륨을 添加하지 않았던 것과 마찬가지로 0.003 및 $0.05 (\mu\text{mho}/\text{cm}) \times 10^3$ 씩 감소하였다.

試料乳에 대한 加水量이 같은 경우, 0.1%의 염화나트륨을 添加한 것의 比重과 電氣伝導도는 염화나트륨을 添加하지 않은 것보다 0.006 및 $1.5 (\mu\text{mho}/\text{cm}) \times 10^3$ 정도 높았다. 물과 염화나트륨을 동시에 添加한 試料乳의 경우는 별 문제가 되지 않으나, 물만을 添加한 試料乳의 경우는 加水量이 增加할 수록 電氣伝導도가 正常乳의 그것에 가까와 짐으로 異常乳가 正常乳로 誤判될 可能性이 있으나, 그때의 比重이 正常乳의 범위를 벗어나므로 加水 및 加塩 試料乳의 判定을 위하여서는 電氣伝導도 외에 比重測定이 必要함을 알 수 있었다.

要 約

牧場으로 부터 納乳된 混乳狀態의 輸送罐牛乳의 異常有無判定을 위한 한 方法으로서 電氣伝導度測定法의 適用可能性 如否를 乳糖含量, 塩素濃度 및 Koestler number 와 관련시켜 檢討하였다.

試料乳의 電氣伝導도와 Koestler number 와의 相關係數는 0.76 이었다.

43개 試料乳中 Koestler number 3.5를 基準으로 한 異常乳의 比率은 14.0%, 塩素濃度 0.14%를 基準으로 하면 15.3%, 그리고 電氣伝導度 $6.260(\mu\text{mho/cm}) \times 10^3$ 을 基準으로 한 比率은 14.0% 였다.

加水, 加塩된 試料乳의 異常有無判定에는 電氣伝導度測定외에 補助의으로 比重測定이 必要하였다.

文 献

1. Malcom, J. F., King, C. W. and Campbell, M. M.: *Proc. Soc. Agric. Bact., England*, 30 (1942)
2. Davis, J. G., Jones, V. E. and Ward, S. J.: *Proc. Soc. Agric. Bact., England*, 43 (1943)
3. Davis, J. G.: *Dairy Ind.* 12, 35 (1947)
4. Linzell, J. L. and Peaker, M.: *Brit. Vet. J.* 131, 447 (1975)
5. Gerbre-Egziabher, A., Wood, H. C., Robar, J. D. and Blankenagel, G.: *J. Dairy Sci.* 62, 1108 (1979)
6. Duris, F. G.: *Proc. Nat. Mastitis Council, Inc.* Washington, DC, 25 (1980)
7. Fernando, R. S., Rindsig, R. B. and Spahr, S. L.: *J. Dairy Sci.*, 64, 678 (1981)
8. Fernando, R. S., Rindsig, R. B. and Spahr, S. L.: *J. Dairy Sci.* 65, 659 (1982)
9. Marth, E. H.: *Standard methods for the examination of dairy products.* (14th ed. American Public Health Association, New York.) 9, 363 (1978)
10. Webb, B. H. and Jones, A. H.: *Fundamentals of dairy chemistry.* (2nd ed. AVI) (1974)
11. 金顯旭, 金永柱, 金榮教: 牛乳 및 乳製品科學. 先進文化社 (1979)
12. Kon, S. K. and Cowie, A. J.: *Milk, the mammary gland and its secretion.* (Academic Press, Vol. III) (1961)
13. Pinkerton, F. and Peters, I. I.: *J. Dairy Sci.* 41, 392 (1958)
14. Jenness, R. and Patton, S.: *Principles of dairy chemistry.* (John Wiley Sons, Inc., New York, N. Y.) (1959)
15. Muldoon, P. J. and Liska, B. J.: *J. Dairy Sci.* 54, 117 (1971)
16. van der Have, A. J., Deen, J. R. and Mulder, H.: *J. Neth. Milk Dairy*, 34, 1 (1980)