

鹿児島大学附属農場入来牧場産生乳 ならびに殺菌包装乳の品質について

加香芳孝*・青木孝良*・柳田宏一・小野田 實*・花田博之

(1982年10月12日 受理)

On the Chemical and Bacteriological Quality of Cow's Raw and
Pasteurized Milk Produced in Iriki Livestock Farm Attached
to the Experimental Farm of Kagoshima University

Yoshitaka KAKO*, Takayoshi AOKI*, Kōichi YANAGITA,
Minoru ONODA* and Hiroyuki HANADA

緒 言

牛乳は主要な畜産食品の一つであるが、わが国においては第2次世界大戦後、経済の発展に伴う国民の生活水準の向上とともにその需要は急伸を続け、それに対応して生産も急上昇を続けてきた。しかし、昭和50年代に入り、種々の事情から生産が需要を上回るようになり、生産調整を余儀なくされるに至っている。乳業界としては飲用牛乳および乳製品の多様化をはかることにより、牛乳消費の伸長をはかろうと努力しているが、現状では過去におけるような生産の増大はもはや見込めない状況となっている。他の食品原料の場合と同様、このような状況は、おのずから生産される原料のたんなる数量よりも品質の向上へと向わせる傾向がある。牛乳の場合、一面では優良な組成の牛乳を泌乳し、しかも泌乳能力の高い乳牛の選択淘汰が行われている一方、一面では搾乳時の衛生管理、搾乳後の牛乳の細菌学的品質保持などの方策がとられるようになってきている。この点は、世界的に将来指向製品と目され、最近わが国でも多く生産されるようになってきたロングライフミルク(LL牛乳)のように低温保存を要さず、しかも商品寿命の長い滅菌牛乳の製造原料としては不可欠の細菌学的品質要因でもある。

ところで、鹿児島大学農学部附属農場では古くから学内にホルスタイン種乳牛を繋養し牛乳を供給してきた。すなわち、鹿児島大学の前身である、鹿児島高等農林学校創設時代(明治41年、1908年)より昭和28年(1953年)頃までは、生乳のまま、昭和29年(1954年)以降は学内農場で低温殺菌(62~65°C, 30分間)乳として瓶装した牛乳を、さらに昭和47年(1971年)以降は、種子島にあった牧場が薩摩郡入来町へ移転した際、新設された¹⁴⁾牧場内牛乳処理室に設備された超高温殺菌装置(130°C, 2秒間)で殺菌後、自動瓶装された牛乳を、さらに本年(昭和57年、1982年)4月より、ワンウェイ容器である紙容器に自動充填包装された牛乳が供給されるに至っているという長い歴史をもっている。しかしながら、この間これら牛乳の品質組成について分析し、報告されたものはまったくないようである。もちろん、附属農場としては、経理上の必要から生産乳量および乳脂率は測定し、事務書類として保管されてきているが、牛乳の成分組成、細菌学的性状などについては学

* 畜産製造学研究室 (Animal Products Processing Research Laboratory)

生実験、実習等で分析されたことはあっても、公式に報告されたものはない。

入来牧場は、種子島より移転後14年を経過し、最近ようやく、草地、飼料畑等が整備され、放牧飼育されている肉牛はもとより、乳牛もきわめて良好な栄養状態が維持されるようになり、牛乳も安定した学内供給が行われている。さらに本年（1982年）4月からはワンウェイ紙容器に充填包装されるようになり、従来の瓶装の場合に要した、瓶の回収、洗浄などを要さず、より衛生的かつ省力的供給が発展的に可能となった。このような時期に入来牧場で生産される原料生乳および殺菌包装乳の成分組成ならびに細菌学的品質、保存性等を評価し、報告することは意義あることと思われる。

そこで関係者が協議し、昭和56年（1981年）11月より57年（1982年）10月までの1カ年間、ちょうど牛乳の瓶装が紙容器包装に変換する時期（57年（1982年）4月）をはさんで毎月1回、原料生乳ならびに殺菌包装乳について、理化学的ならびに細菌学的品質について検討するとともに、保存性についても一部調査したので、その結果について報告する。

なお、本研究を実施するに当り、分析試料の採取、脂肪の定量、写真撮影などにご協力いただいた入来牧場、中島良文、松山義弘両技官に対し、ここに記して謝意を表します。

材料および方法

1. 材料

現在入来牧場においては、のべ21頭のホルスタイン種乳牛が繋養され、ミルクカーにより原則として毎日2回搾乳が行われており、日量約300kg前後の牛乳が生産されている。この牛乳はただちにバルククーラー（4～5℃）に貯乳され、3～4日分をまとめて殺菌包装し、1夜冷蔵後、学内に輸送し供給されている。したがって週2回の殺菌処理が行われている。本研究の分析に供した試料乳は、昭和56年（1981年）11月以降、各月の第1回目の殺菌処理を実施する直前に、よく攪拌した原料生乳（合乳）を一部（約200ml）採取し、無菌牛乳瓶にとり、キャップをして氷冷しておき、翌日学内に殺菌乳を輸送する際、氷詰めジャーに入れて畜産製造学研究室まで運搬し、ただちに分析に供した。殺菌乳の方は、57年（1982年）3月までは瓶装であり、4月以降は紙容器包装となったが、いずれも季節のいかんを問わず、トラック積みし、シートをかけるだけで、とくに保冷庫は用いず、約1時間大気温度のもとで輸送されていたが、57年（1982年）8月からは保冷庫を使用するようになった。輸送されたものの中から任意に抜取り分析用試料とした。

2. 方法

(1) 理化学的分析法

本研究では、理化学的品質評価のために原料生乳について分析を行った。分析項目のうち、比重、酸度、全固形分、無脂固形分、脂肪、乳糖については厚生省令第52号、乳及び乳製品の成分規格等に関する省令⁷⁾別表二(七)(1)に掲載されている「乳等の成分規格の試験法」に準拠し、蛋白質、灰分については常法¹⁷⁾により、さらにカルシウム、マグネシウムは日立170-30型原子吸光分光光度計を用いて常法^{8,9)}により測定した。また、リンはAllen法¹⁾で定量した。

(2) 細菌学的分析法

細菌学的品質評価のためには原料生乳および殺菌包装乳について分析を行った。その分析項目は、原料生乳については、総菌数、生菌数、大腸菌群数、殺菌包装乳については生菌数と大腸菌群

数を測定した。これらの分析法はすべて前記厚生省令⁷⁾に記載されている方法に準拠して行った。このうち、大腸菌群数はアイスクリームの分析法であるデソキシコレート固体培地法を準用した。

(3) 保存試験法

入来牧場で殺菌包装された牛乳は、前述のようにして学内に輸送され、冷蔵しつつ飲用に供されているが、輸送中の品温上昇の影響、冷蔵保存中の品質の変化等が食品衛生上問題であるので、この点を明らかにするために本研究では細菌学的分析を主として保存試験を試みた。試験項目としては、保存中の生菌数、大腸菌群数の増加の状態、アルコールテスト¹⁶⁾、酸度、加熱凝固性、官能的風味試験を行った。

結果と考察

1. 乳 量

鹿児島大学農学部附属農場では古くからホルスタイン種乳牛が繋養され、搾乳されてきたが、現在、入来牧場においても同品種乳牛が使用されている。本研究を開始した昭和56年（1981年）11月より57年（1982年）10月に至る1ヵ年間、第1表に示したとおり、搾乳牛頭数はのべ21頭であるが、その間、分娩を経て泌乳を開始した、いわゆる盛乳期（泌乳初期）、泌乳中期、泌乳末期のもの、

第1表 乳牛の個体別泌乳期間

Table 1. Lactation period of the individual cow

| 牛の個体番号 Cow's No. | 1981 | | 1982 | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | 11月 NOV. | 12月 DEC. | 1月 JAN. | 2月 FEB. | 3月 MAR. | 4月 APR. | 5月 MAY | 6月 JUNE | 7月 JULY | 8月 AUG. | 9月 SEP. | 10月 OCT. |
| 1127 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1231 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1243 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1061 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1134 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1125 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1286 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1244 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1043 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1204 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1249 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1049 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1255 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1259 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1223 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 995 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1247 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1097 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1227 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1172 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1093 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

または乾乳期で泌乳を停止しているものなど、各種の泌乳期のものがあり、実質搾乳された乳牛頭数は月により異なり15~21頭の範囲であった。したがって乳量もこれらの合乳量であるから季節的あるいは泌乳期の影響が相互に関係し合うため、個々の乳牛の乳量の正確な傾向は当然把握し難いが、全体的には年間を通じてほぼ8,000~12,000 kg/月の乳量があり(第2表)、年間総乳量は120,972 kg、月平均では10,081 kgとなった。また乾乳期の乳牛頭数を除外して考えると、およそ1頭当り泌乳量は年間7,013 kg、月平均では584.4 kg、平均日量では19.5 kgという数値となり、これらの数値から判断すると入来牧場繋養搾乳牛の泌乳能力ならびに栄養状態はかなり良好であるものと推定される。

第2表 月別総乳量

Table 2. Monthly total milk yield (kg)

| 1981 | | 1982 | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 11月 NOV. | 12月 DEC. | 1月 JAN. | 2月 FEB. | 3月 MAR. | 4月 APR. | 5月 MAY | 6月 JUNE | 7月 JULY | 8月 AUG. | 9月 SEP. | 10月 OCT |
| 7,799 | 8,173 | 9,795 | 9,238 | 11,794 | 11,559 | 10,388 | 10,149 | 10,276 | 12,109 | 11,348 | 8,344 |

第3表 牛乳の理化学的性質の月別変化

Table 3. Monthly variations in chemical properties of milk

| 項目 Item | 1981 | | 1982 | | | | | | | | | | 平均 Average | |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|---------------|-------|
| | 11月 NOV. | 12月 DEC. | 1月 JAN. | 2月 FEB. | 3月 MAR. | 4月 APR. | 5月 MAY | 6月 JUNE | 7月 JULY | 8月 AUG. | 9月 SEP. | 10月 OCT. | | |
| 比重 Specific gravity | 1.031 | 1.032 | 1.032 | 1.031 | 1.031 | 1.031 | 1.032 | 1.033 | 1.032 | 1.032 | 1.032 | 1.032 | 1.032 | 1.032 |
| 酸度 Acidity (%) | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.14 |
| 全固形分 Total solid (%) | 12.06 | 11.40 | 11.99 | 11.63 | 11.71 | 11.61 | 11.43 | 11.22 | 11.26 | 11.34 | 11.68 | 12.98 | 11.69 | |
| 無脂固形分 Solid not fat (%) | 8.46 | 8.20 | 8.36 | 8.13 | 8.21 | 8.21 | 7.43 | 7.82 | 8.26 | 7.94 | 8.28 | 9.58 | 8.24 | |
| 脂肪 Fat (%) | 3.6 | 3.2 | 3.6 | 3.5 | 3.5 | 3.4 | 4.0 | 3.4 | 3.0 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 3.5 | |
| 乳糖 Lactose (%) | 3.93 | 4.20 | 4.23 | 4.19 | 4.16 | 3.93 | 4.02 | 4.06 | 4.02 | 3.97 | 4.03 | 3.97 | 4.06 | |
| 蛋白質 Protein (%) | 2.90 | 3.13 | 3.33 | 3.20 | 3.24 | 3.16 | 3.15 | 2.91 | 2.94 | 2.93 | 3.04 | 3.19 | 3.09 | |
| 灰分 Ash (%) | 0.55 | 0.57 | 0.63 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.58 | 0.55 | 0.60 | 0.57 | 0.57 | 0.52 | 0.58 | |
| カルシウム Ca (mg %) | 118 | 114 | 116 | 107 | 112 | 103 | 110 | 112 | 108 | 100 | 104 | 111 | 110 | |
| マグネシウム Mg (mg %) | 11.5 | 11.1 | 11.5 | 11.0 | 10.8 | 11.1 | 11.0 | 11.0 | 10.4 | 10.5 | 10.8 | 11.1 | 11.0 | |
| リン P (mg %) | 101 | 100 | 104 | 98 | 90 | 99 | 94 | 94 | 93 | 93 | 92 | 92 | 96 | |
| P/Ca | 0.86 | 0.88 | 0.90 | 0.92 | 0.80 | 0.96 | 0.85 | 0.84 | 0.86 | 0.93 | 0.88 | 0.83 | 0.87 | |

2. 理化学的品質

本研究の期間中、月ごとに測定した入来牧場産牛乳について分析した測定値と各種成分量の比率(%)は第3表に示したとおりである。このうち、牛乳の比重および酸度は成分とはいえないが成分に関連深いものとして飲用牛乳の品質規格として厚生省令⁷⁾で規定されている分析項目であるので同時に測定し表示した。

一般に牛乳の成分は、その牛乳を分泌した乳牛の個体差、泌乳期などによって影響をうけるものであるが、前述したとおり、21頭の合乳について一年間にわたって分析した結果であるから、分析値は各種の要因の影響の混在したものといわなければならない。したがって詳細な点まで立ち入って評価することはできないが、それぞれの成分について一般的な評価はできるので、可能な範囲で以下検討し評価した。

(1) 比重および酸度

入来牧場産牛乳の比重は1.031~1.033の範囲にあり、年間平均 1.032 であって、飲用牛乳法定規格の範囲内にあるといえる。酸度は0.13~0.14の範囲にあり、年間平均 0.14 であって、これも規格に合致している⁹⁾。牛乳の酸度は牛乳の新鮮度と同時に無脂固形分量、その中でもとくに蛋白質量との関係が深いと考えられるが、今回の分析試料は十分鮮度が保たれており、また蛋白質含量に著しい変動もないので比較的一定した値を示し、とくに低酸度でも高酸度でもなく、したがって殺菌処理の前に行われるアルコールテスト¹⁶⁾で陽性となる、いわゆる異常乳は皆無であった。

(2) 全固形分

全固形分は分析期間中11.22~12.98%の範囲で推移し、年間平均 11.69% であった。この値は欧米におけるホルスタイン牛の乳の平均 (12.10~12.66)¹⁵⁾からすれば低い値であるが、一方わが国で生産されている牛乳の全国平均 (11.53...昭和45年, 1970年)¹⁵⁾からすればやや上回る量であるといえよう。また、季節的には冬の季節にやや高く、夏季 (6~8月) に低い傾向がみられるが、これは西南暖地の暑熱の影響の一つと考えられている⁶⁾。

(3) 脂肪

脂肪の含量は3.0~4.0%の範囲で推移し、年間平均 3.5% であった。これは飲用牛乳の規格⁷⁾以上のものであるが、その年間変動幅は比較的大きく、泌乳期の影響もあろうが、季節的影響が大きいように思われる。一般に夏季は脂肪率が低下する傾向があるが、入来牧場産乳においても7月に最低の3.0%となったが、これはわが国、とくに西南暖地の高温による気候的な立地条件の影響の特徴¹³⁾とみられており、入来牧場の立地条件も例外でないことを示している。

(4) 無脂固形分

全固形分より脂肪量を差引いた残部が無脂固形分 (Solid not fat: SNF と略す) であるが、入来牧場産牛乳は7.43~9.58%の範囲で推移し、比較的変動が大きかったが、年間平均は8.24%であった。この値はわが国の牛乳の平均値とほぼ等しく、ホルスタイン牛の乳としてはやや高い値¹⁵⁾といえる。無脂固形分は主体が蛋白質と乳糖より成るものであり、したがって両者の含有量によって左右されることになる。このうち蛋白質含量が高くなる要因として各種の説があるが、栄養状態が良好であることが最大の要因と考えられている¹²⁾。その意味で蛋白質量との関係が重視されるが、後述するように南九州に立地する入来牧場産乳については乳糖量の影響も大きく無視できないので、やはり、蛋白質と乳糖との両者の含有量によって影響され変動していると考えざるをえない。季節的にみると、夏季に低く、冬季に高い傾向がみられるが、とくに高いのは10, 11月であり、低いのは5, 6月であった。このような傾向はNickerson¹⁰⁾の米国カリフォルニア州6地区の牛乳や Anagama and

Kami^{2,3,4)}が広島県福山地区の牛乳について調査し、得られている傾向と近似している点は興味深い。

(5) 蛋白質

蛋白質の含量は2.90~3.33%の範囲で推移し、年間平均3.09%であった。これはわが国のホルスタイン牛の乳としては平均的な値(2.89%)¹¹⁾を上回っている。蛋白質量の変動もやはり季節的にみられ、とくに夏季の環境温度の影響が強く作用しているようであり、6~8月に相対的に低いのは高温多湿による食欲減退から栄養状態が好ましくない状態になる¹⁰⁾ことが原因ではないかと考えられる。

(6) 乳糖

乳糖の含量は3.93~4.23%の範囲で推移し、年間平均4.06%であった。この値は欧米諸国のものはもとより、わが国のホルスタイン乳牛の乳の平均的乳糖含量(4.54%)¹⁵⁾よりも低いものである。一般に南九州地方の、山岳部以外の地域で生産されるホルスタイン牛の乳の乳糖含量は低いことが一つの特徴である⁸⁾が、その原因は現在のところ不明である。入来牧場は標高510~540mの八重山山頂一帯に位置しているが、この程度の標高の地帯で飼養されている乳牛の乳は、平地部のものと大差ないようで、霧島山麓で飼養されているホルスタイン乳牛の乳は乳糖含量がより高いと聞いている点を合せて考えると、やはり気温の影響が大きな要因のように思われる。

また、正常な乳牛の乳の成分のなかで、乳糖は一般に最も変動の少ない有機成分といわれているが、やはり年間を通じてみるとある程度の季節的変化がみられ、冬季にやや高い値を示すが、他の季節はあまり変化しない。したがって、これは冬季の乳量の変化と関連するものと考えられる。

(7) 灰分

灰分量は0.52~0.63%の範囲で推移し、年間平均0.58%であった。この値は、わが国のホルスタイン牛の乳の標準値(0.70%)¹⁸⁾よりもかなり低い。この原因として、本研究では灰化をガスマッフル炉によって行っているため、灰化中にナトリウム、およびカリウムなどのアルカリ金属が消失している可能性が考えられる。つぎに灰分の内容を検討するため、栄養学的重要元素であるカルシウム、マグネシウム、リンを定量した結果、これらは牛乳の平均的な値の範囲⁵⁾(Ca:104~120, Mg:11~13, P:86~95 mg/100 ml)で含まれていることが明らかになり、栄養学的に問題ないことがわかった。また、牛乳の塩類平衡の観点から重視されるリン・カルシウム比(P/Ca)も0.80~0.96の範囲にあり正常であった。

以上、入来牧場のホルスタイン種乳牛の生産する牛乳中の各種成分組成を一年間にわたり追跡調査した結果から、地域の特徴としての乳糖含量の低さは避けられぬものとする限り、理化学的品質は正常であり、良好であるといえよう。

2. 細菌学的品質

入来牧場で生産される原料生乳および殺菌包装乳の細菌数、すなわち、総菌数、生菌数、大腸菌群数を1年間にわたり測定した結果を第4表に示した。

(1) 原料生乳

まず、原料生乳中の総菌数は25,000~1,600,000/mlの範囲で推移し、年間平均440,000/mlとなりかなり少ない。ただし、8月には最多の1,600,000/mlとなり、相当多くなる可能性があり、夏季における搾乳の衛生管理ならびに貯乳方法に今後留意する必要があることを示唆している。すなわち、原料生乳の総菌数については4,000,000/ml以下という規格⁷⁾があるが、入来牧場産原料生乳はこの規格を十分満たす範囲内にはあるけれども、生乳の状態での細菌数の増加は低温菌の増殖を

第4表 原料生乳中の細菌数

Table 4. Bacterial count found in raw milk

| | 月 Month | 総菌数 Total bacterial count per ml | 生菌数 Viable cell count per ml | 大腸菌群数 Coli form count per ml |
|------|---------------|--|------------------------------------|------------------------------------|
| 1981 | 11月 NOV. | 25,000 | 3,600 | 50 |
| | 12月 DEC. | 430,000 | 7,700 | 7,900 |
| 1982 | 1月 JAN. | 66,000 | 1,100 | 5 |
| | 2月 FEB. | 210,000 | 15,000 | 90 |
| | 3月 MAR. | 670,000 | 500,000 | 33 |
| | 4月 APR. | 25,000 | 10,000 | 100 |
| | 5月 MAY | 140,000 | 39,000 | 90 |
| | 6月 JUNE | 740,000 | 140,000 | 2,100 |
| | 7月 JULY | 490,000 | 220,000 | 980 |
| | 8月 AUG. | 1,600,000 | 55,000 | 150 |
| | 9月 SEP. | 460,000 | 25,000 | 70 |
| | 10月 OCT. | 420,000 | 16,000 | 35 |
| | 平均 Average | 440,000 | 86,000 | 967 |

意味し、その結果として牛乳の風味を劣化させる恐れがあるからである。

つぎに生菌数をみると1,100~500,000/ml、年間平均86,000/mlであり、増殖能力を保有している生菌数は、死菌も含めて数えられる総菌数よりはかなり少ないことがわかる。原料生乳についての生菌数の規格は設けられていないが、100,000/ml以下であることは、総菌数も少ないことと合せて考えると、細菌学的乳質はかなり良好であるといえる。

大腸菌群数は5~7,900/mlの範囲で推移し、年間平均967/mlであった。原料生乳中の大腸菌群数が1,000/ml以下であることは、搾乳時の汚染度がかなり低いことを示すものと考えられるから入来牧場における搾乳、貯乳の衛生管理は比較的良好であるといえよう。

なお、原料生乳中の生菌数および大腸菌群数の少ないことは、牛乳の殺菌効率と深い関係がある。すなわち、現在世界的に牛乳の殺菌法として許可されているものは加熱殺菌法のみであり、その殺菌効率は指数をもって表わされるが、殺菌すべき原料乳中の細菌数が多ければ多いほど、それだけ残存菌の数も多くなる関係にあるので、その意味からも原料乳中の細菌数が少ないことは殺菌効果を高め、殺菌乳の保存性も良好にすることとして重要視されるようになってきている。とくに室温放置も可とするLL牛乳の製造に当っては原料乳の細菌数が少ないことが必須条件となっているこ

