

原 著

チーズホエーを給与した豚の肉質特性

三上正幸¹, 島田謙一郎¹, 関川三男¹, 福島道広¹, 齋藤 愛²,
柴田政二²帯広畜産大学畜産科学科¹, 帯広市 080-8555
北海道帯広農業高等学校食品科学科², 帯広市 080-0834

Properties of pork fed cheese whey

Masayuki MIKAMI¹, Ken-ichiro SHIMADA¹, Mitsuo SEKIKAWA¹,
Michihiro FUKUSHIMA¹, Ai SAITOH², Seiji SHIBATA²,¹Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555²Hokkaido Obihiro Agricultural High School, Obihiro 080-0834

キーワード：豚肉, チーズホエー, ホエー, クッキングロス, ドリップロス

Key words : pork, cheese whey, whey, cooking loss, drip loss

Abstract

Thirty eight pigs born from same sow were divided into 2 group, and fed with or without cheese whey. Pigs were slaughtered after 137-172 days when the live weight was nearly 110kg. Samples of *M. longissimus thoracis* were analyzed for physicochemical properties.

There was no significant difference in the pH, water content and colour appearance in pork between the whey and control group. Crude protein content of the whey group (21.7%) was significantly lower than that of the control (22.6%). Drip loss was measured at 1, 5 and 10 days after slaughter, and the drip loss measured at 10 days was significantly lower in the whey group (25.4%) than that of the control (27.1%). Cooking loss was measured at 5 days after slaughter, was significantly lower in the whey group (16.3%) compared to the control (18.3%).

There was no significant difference in the shear force, peptide and total free amino acid content and fatty acid composition between the whey and control group.

要 約

チーズホエーを給与した豚肉の理化学的特性を分析した。供試した豚は38頭で、同腹の仔豚をチーズホエー給与区(ホエー区)と給与しない区(対照区)に分けて飼育した。生体重が約110kgに達する生後137-172日目にと畜し、ロース肉(*M. longissimus thoracis*)を試料として理化学的分析を行った。

pH, 水分および色調値には両区間で差はなかったが、粗タンパク質では対照区(22.6%)がホエー区(21.7%)よりも有意に高い値であった($p < 0.05$)。加圧ドリップロスは、熟成日数に伴って両区ともに減少

したが、と畜後10日目において、ホエー区(25.4%)が対照区(27.1%)よりも有意に低い値であった($p < 0.05$)。と畜後5日目において、ホエー区のクッキングロス(16.3%)は対照区(18.3%)よりも有意に低い値であり($p < 0.05$)、ホエー区の肉質は多汁性の高いことが示唆された。一方、柔らかさの指標である剪断値には両区間で差は認められなかった。熟成に伴い増加するペプチド量や総遊離アミノ酸量あるいは脂肪酸組成については、いずれも区間で差はみられなかった。

緒 言

チーズホエーは、チーズの製造過程における副生物で、チーズとして得られた残りの液体部分であり、原

料乳の約85-90%の産出量となる。チーズホエーは原料乳の約55%の栄養素を保持し(清澤, 2002), 主成分は乳糖, ミネラル, ホエータンパク質およびビタミンなどで, さらにカードの分屑であるカゼインタンパク質なども含む。チーズホエーに含まれる乳タンパク質は良好なアミノ酸組成, すなわち必須アミノ酸をバランスよく含有する(REGISTER *et al.*, 1996)。ヨーロッパでは昔からチーズホエーはリコッタチーズの製造に用い, あるいは牛や豚などへ給与されている。特にイタリアのパルマハムでは, 原料となる豚にパルミジャーノ・レッジャーノのチーズホエーを給与することが求められている。また, 乾燥したホエーパウダーはヒトの食用あるいは家畜の飼料などにも用いられている。

わが国の平成15年におけるチーズ生産量は約3.5万トンで, チーズホエーの排出量は, チーズ生産量の約9倍であるので, 約30万トンとなる。ヨーロッパ諸国に比べるとわが国のチーズ生産量や消費量は少ないが, ここ数年, わが国におけるチーズの生産量は増加し消費も多くなると考えられるので, ホエーの排出量も増加することが予想される。

これまで大手乳業メーカーのチーズ工場では, チーズホエーはホエーパウダーなどに加工され, 育児粉乳, スポーツ栄養食品あるいは製菓などに利用されてきた。また, 最新の膜分離技術によりホエーの脱塩, ホエー成分の濃縮や分離が可能になったことにより, タンパク質濃度を75-80%まで高めたホエータンパク質濃縮物(Whey Protein concentrate; WPC), さらに90%以上に濃縮度を高めたホエータンパク質分離物(Whey Protein Isolate; WPI)も製造されている(越智, 1999)。

チーズホエーをパウダーなどに加工するためには多額の設備投資が必要であるので, 小規模なチーズ工房などでは, これを有効利用せずに廃棄することもあり, この際に河川への汚染などの環境問題の遠因ともなっている。このようにチーズホエーの処理は深刻な問題を含むために, 十勝ではチーズホエーを豚に給与した「ホエー豚」の生産が行われるようになった。ホエー豚の生産は, チーズの製造が盛んなヨーロッパなどでは古くから行われているが, わが国におけるチーズ製造は欧米に較べると歴史も浅く, また大手乳業メーカーのチーズホエーはパウダーに加工されていたので, これまでにホエー豚の飼育・生産を試みる養豚農家はほとんどなかった。

十勝は酪農が基幹産業の一つで, 近年, 原料乳の生産ばかりではなくチーズをはじめとする乳製品製造を行う小規模な工房が増加してきた。小規模チーズ工房ではホエーを加工するための設備がなく, その処理に苦慮してきたが, これを解決するために豚へ給与することが試みられた。チーズホエーを給与すると豚の下

痢が抑制され, 成長が促進し, さらにストレスの緩和などにも効果があると口伝えられてきた。しかし, 我が国において, チーズホエー給与による豚の肉質への影響に関する研究はほとんど行われていない。また, ヨーロッパでは昔から牛や豚等に与えられているために, 現在, あらためて実験は行われていない。

そこで, 今回, チーズホエーを給与して仕上げた豚の肉質を理化学的に分析し, 通常のものと比較検討した。

材料および方法

1 供試豚

北海道帯広農業高校で飼育した三元交配の豚(LDW)38頭を使用した。飼育は4回に分け, それぞれ同腹仔を任意に対照区, ホエー区に分けて飼育した。対照区には通常給与される飼料を与え, ホエー区にはこの他にチーズホエーを生後約30日(離乳後)~45日目までは0.4L/頭・日, 46日~60日目までは0.8L/頭・日, 61日~120日目までは1.6L/頭・日を給与した。対照区およびホエー区ともに生体重が110kg前後になる137日~172日齢, 平均150日齢で出荷して, と畜した。

第1期: と畜日 平成16年4月13日~5月6日
対照区5頭, ホエー区5頭

第2期: と畜日 平成16年6月2日~6月9日
対照区3頭, ホエー区3頭

第3期: と畜日 平成16年9月6日~9月29日
対照区5頭, ホエー区5頭

第4期: と畜日 平成16年11月25日~12月8日
対照区6頭, ホエー区6頭

2 試料

対照区(n=19)およびホエー区(n=16, 等外となった3頭: 体型不良・背奇形・もも削除は除外した)の豚ロース肉を用い, 分析は一般分析(水分, 粗タンパク質), pH, 加圧ドリップロス, 色調, クッキングロス, 剪断値, ペプチド量, 遊離アミノ酸量および脂肪酸組成について行った。一般分析, 加圧ドリップロス, ペプチド量および遊離アミノ酸量は, ロース芯部分(胸最長筋*M. longissimus thoracis*)を切り出し, ミンサーで挽肉にして分析試料とした。色調値はロース芯部分を厚さ1cmに切り出し, 試料とした。また, クッキングロスは背脂肪を含むロース肉を厚さ2.54cmに切り試料とし, 脂肪酸組成はロース芯周りの背脂肪を用いた。

3 理化学的分析

1) 水分の測定: 予め恒量を求めた秤量瓶に約2gの挽肉を精秤し, 125℃の恒温器に入れ, 約24時間乾燥させた後, デシケーターに入れ20分冷却した後, 秤量した。これを再び125℃の恒温器に入れ翌日まで乾燥させ, 秤量した。この操作を繰り返し, 前回との測定値の差が0.3mg以下となった時の値を恒量とした。

2) 粗タンパク質の測定: 挽肉約2gを精秤して葉包

紙に包み、ケルダール用分解瓶に入れ、濃硫酸約20ml、分解促進剤($K_2SO_4 : CuSO_4 = 9 : 1$)を約1g入れた後、ケルダール分解装置(VELP社多機能湿式分解装置DK6)を用い、420°C、130分で2-3回加熱し、硫酸溶液の色が透明青色となるまで行った。室温まで冷却後、蒸留水で100mlに定容したものを試料とした。また、ブランクは葉包紙だけを同様の手順で加熱分解し、100mlに定容して用いた。蒸留はUDK126D蒸留装置(アクタック社)を用いて行った。コンデンサー下の台上には混合指示薬を数滴入れた0.1N硫酸溶液10mlが入った200ml三角フラスコを取り付けた。希釈試料10ml、メチルレッド数滴、飽和水酸化ナトリウム約20mlを蒸留部に入れ、三角フラスコ内の留分が約150mlとなるまで蒸留した。

蒸留終了後、0.1N水酸化ナトリウムを用いて滴定し、タンパク質を算出した。

3) pHの測定: 100mlの三角フラスコに挽肉約5gに対して9倍量の蒸留水を加え、氷冷下でヒスコトン(NITI-ON NS-50)によりホモジナイズした。その試料は15分間静置し、東洋ろ紙No. 5Cでろ過した後、pHメーター(TOA HM-5S)で測定した。

4) 色調の測定: 分析試料はと畜後1および5日目のロース肉から厚さ約1cmに切り、周囲の脂肪層などを取り除いた後にシャーレに移して30分間冷蔵庫内でブルーミングさせた。その後、NEWクレラップ(呉羽化学工業)でしわにならないように密着させて測定面を一重に包んだ。測定は、分光測色計(MINOLTA CM-2600d)と測色計用解析ソフト(彩Check Ver4.13; コアサイエンス)を用い、15箇所 L^* 値、 a^* 値、 b^* 値を求めた。測定条件はUV成分を含まない光源、10°視野、測定径3mmで手動モードに設定し、結果の表示は L^* 、 a^* 、 b^* 表色系、SEC通常測定(正反射光除去)で行った。

5) 加圧ドリップロスの測定: と畜後1、5および10日目の挽肉を用いて測定した。挽肉約1gを精秤し、ミルパップ(安積ろ紙)で挟んだ。その外側から予め秤量済みのろ紙(東洋ろ紙No. 27)で上下二枚ずつ挟んで、精密力量測定器で10kg/cm²の加圧を1分間行った。測定は各試料につき15回行った。ドリップロス、加圧前後のろ紙4枚の重量差から算出した。

6) クッキングロスの測定: と畜後5日目の試料からロース肉を2.54cmの厚さに切り出し、試料を秤量し、食塩1%および胡椒0.5%を表面に塗布して、10分間室温に放置した。その後、約110°Cに熱したホットプレートで2分ごとに加熱面を変えて14分間加熱した。なお、この加熱で中心部の赤色は見られなかった。その後、10分間放冷後に表面を拭き取ってから秤量した。クッキングロスの測定は供試豚1頭につき4枚行い、加熱前後の重量差から算出した。

7) 剪断値の測定: 剪断値の測定には、クッキングロ

スの測定後の試料を真空包装用袋に入れ、翌日まで4°Cの冷蔵庫で保存したものを使用した。測定試料はロース芯部分から縦1cm、横2.5cm、高さ1cmの直方体をロース肉1枚から3-4個ずつ切り出し、供試豚1頭につき12-16個の試料を調製した。剪断値は、試料を試料台上に筋線維が垂直になるように載せ、装着したカミソリ刃が試料面と接触し始めてから切断し終えるまでの荷重(g)の最大値をレオメーター用解析ソフト(RHEO win Ver2.04, REOTECH)で制御されたレオメーター(FUDOH RHEO METER, 不動工業)で計測した。剪断値(g/cm²)は試料面積当たりの切断応力(g)として表した。

8) ペプチド量の分析: 試料の調製は、と畜後1、5、10日目の挽肉を用い、pH測定時と同様にホモジナイズし、得られたろ液4gに等量の4%TCA溶液を混合し、37°Cのインキュベータで40分間静置した。その後東洋ろ紙No. 5Cでろ過して、2%TCA可溶性画分を得た。これをペプチド量および次に述べる遊離アミノ酸量の分析試料とし、分析まで4°Cの冷蔵庫で保存した。分析は2%TCA可溶性画分を用いローリー法で行った。検量線の作成には牛血清アルブミン(生化学工業)を標準物質として用い、ペプチド量を求めた。

9) 遊離アミノ酸量の分析: 分析試料は前述の2%TCA可溶性画分を用い、約300 μ lをディスポチューブに入れ、オートサンプラーに設置し、分析は日本分光製アミノ酸分析システム(New8000シリーズ)を用い、カラムはAA pak Li⁺型(6 \times 100mm)で分析した。アミノ酸標準混合溶液には和光純薬のアミノ酸標準混合液(AN型およびB型)を用いた。

10) 脂肪酸組成の分析: 試料はロース芯周りの脂肪約0.5gを15 \times 100mmソビレル管に採取した。4mlのクロロホルム-メタノール混合液(クロロホルム:メタノール=2:1)を添加して、2°Cで一晩保持した。その後超音波処理を30分間行い、遠心分離(3,000rpm, 15分)した。この上澄み層0.5mlを13 \times 100mmのソビレル管に採取し、遠心エバポレート(37°C, 4,000rpm, 約45分)した。その試料にメタノール塩酸(5%塩酸アセチルクロライド)を2ml添加後、95°Cで約2時間保持しメチル化した。これに水0.2ml、ヘキサン2mlを加えて攪拌し、上澄みのヘキサン層を採取した。この操作を2回繰り返した。採取したヘキサン溶液(約4ml)に水2mlを加えて攪拌後に一晩静置し、上澄みを採取した。これに再び水2mlを加えて攪拌後数時間静置し、上澄みを採取した。この操作を更に2回繰り返した。採取したヘキサン層(約3ml)を遠心エバポレート(37°C, 4,000rpm, 約30分)した。その試料に2mlのヘキサンを加えて分析試料とした。分析は専用サンプル管に試料を入れ、ガスクロマトグラフィー(Shima dzu GC-14A)に供した(運転条件: 注入口温度250°C, 2 μ lを注入, 80 \rightarrow 220°C)。分析結果はガスク

ロマトグラフィー用解析ソフト (GC Solution) を用いて解析し、脂肪酸組成 (%) で表した。

結果および考察

1 pH, 水分および粗タンパク質

Table 1 に pH, 水分および粗タンパク質の値を示した。対照区の pH は 5.57, ホエー区は 5.55 であり, 両区間に差はなかった。これらの値は通常の豚肉の極限 pH である 5.4~5.6 の範囲にあった (DRANSFIELD and LOCKYER, 1985)。本実験では両区とも正常な範囲内の pH を示していたことから, 飼育環境が一般の養豚農家より広くゆったりとしたスペースであり, ストレスも少なく, と畜条件も正常であったことが推察された。

対照区の水分は 74.4%, ホエー区は 75.0% であり, 両区間に差はみられなかった。一般に報告されている豚肉の水分は 73.9~74.7% (YOUNG *et al.*, 2005) あるいは 74.3~74.5% (SHEARD *et al.*, 2005) であるので, 本実験で用いた供試豚も正常な範囲内の水分であった。

粗タンパク質において, 対照区は 22.6%, ホエー区は 21.7% と対照区が有意に高い値であった ($p < 0.05$)。しかし, その差は 1% 以内と小さいことから, 恐らく他の成分 (脂肪, 水分) などの変動が原因で差が生じたと考えられた。

Table 1 Water, crude protein content, and pH of pork

| | Control | Whey |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| pH | 5.57 ± 0.08 | 5.55 ± 0.07 |
| Water (%) | 74.4 ± 0.89 | 75.0 ± 1.40 |
| Crude protein (%) | 22.6 ± 0.82 ^a | 21.7 ± 1.02 ^b |

Sample; *M. longissimus thoracis*. Data were expressed as average ± SD.

^{a,b} Mean values in a same group with different superscript letters differ significantly ($p < 0.05$)

2 色調値

対照区およびホエー区の色調値を Table 2 に示した。対照区の L* 値, a* 値, b* 値は 1 日目 50.33, 2.23, 9.67, 5 日目には 51.01, 2.30, 10.53 であった。一方, ホエー区は 1 日目 50.07, 1.93, 9.60, 5 日目 49.87, 1.27, 9.53 であった。L* 値, a* 値, b* 値は, それぞれ明るさ, 赤さ, 黄色さに関係するものであり, と畜後 1 および 5 日目の値において対照区の方がホエー区より僅かに高い値であったが, 両区間に有意な差はなかった。OHENE-ADJEI *et al.* (2004) の報告によると, 豚ロース肉の L* 値は 58.4, a* 値は 7.8, b* 値は 16.8 と本実験の値とは異なっていた。一方, VITTADINI *et al.* (2005) による報告では, 本実験と類似した値であった。これは測定機器, 光源の種類, 品種あるいは飼料などによるのかも知れない。

消費者が生肉を評価する上で最も重要な項目の一つは色調である。食肉の色調に及ぼす要因は, と畜後の

解糖作用の速度, 筋肉内脂肪含量, ミオグロビン含量, ミオグロビンの酸化度合いなどが知られている。筋肉中のミオグロビンはと畜直後には還元型ミオグロビンとして存在し暗赤色を呈しているが, これを空気に触れさせると酸素分子が付加されて明るい鮮赤色となる。今回, 色調値に有意な差はなかったが, 肉眼的にはホエー区の色調において, 赤みのうすいものがしばしば観察された。

Table 2 Colour appearance of pork

| | Control | | Whey | |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 day | 5 days | 1 day | 5 days |
| L* | 50.20 ± 3.88 | 50.90 ± 4.30 | 50.07 ± 2.17 | 49.87 ± 2.49 |
| a* | 2.16 ± 1.00 | 2.24 ± 1.97 | 1.93 ± 1.24 | 1.27 ± 1.90 |
| b* | 9.56 ± 1.39 | 10.40 ± 2.37 | 9.60 ± 1.03 | 9.53 ± 1.28 |

Sample; *M. longissimus thoracis*. Data were expressed as average ± SD.

3 加圧ドリップロス

対照区およびホエー区の加圧ドリップロスの値を Table 3 に示した。加圧ドリップロスは加圧時に生肉から滲出する液体の損失量を表し, 数値が低いと損失量は少なく, 保水性が高いことを示す。対照区の加圧ドリップロスは 1 日目 32.9%, 5 日目 30.7%, 10 日目 27.1% であった。ホエー区は 1 日目 32.9%, 5 日目 30.2%, 10 日目 25.4% であった。このように対照区とホエー区の加圧ドリップロスは共に日数が経過すると減少した。1 日目および 5 日目の値で両区間に差は見られなかったが, 10 日目の加圧ドリップロスにおいては, ホエー区が対照区よりも有意に低い値となった ($p < 0.05$)。

加圧ドリップロスが多くなると保水性が悪いので, 食べた時の多汁性が少なく, 硬くておいしくないと感じる。即ち, 保水性は肉質を決定する上で重要な要因の一つである。保水力はと畜直後に最大で, 死後硬直に伴い減少し, 最大硬直期には最小となる。と畜から最大硬直期までの所要時間は, 通常, 0~4°C で貯蔵した時に豚では 12 時間程度である。その後, 生肉の保水力は熟成によって一部回復する (VAN MOESEKE and DE SMET, 1999)。本研究において対照区, ホエー区ともにと畜後 1, 5, 10 日と日数が経過するのに伴い加圧ドリップロスは減少したが, 保水力に改善がみられることは肉の熟成によるものである。と畜後 10 日目の損失量に両区間で差があることから, この時期におけるホエー区のロース肉は対照区に比べて保水力が高いことを示した。

4 クッキングロス

対照区およびホエー区のクッキングロスの値を Table 3 に示した。対照区は 18.3%, ホエー区は 16.3% で, ホエー区は対照区に比べて有意に低い値であった ($p < 0.05$)。クッキングロスは加熱時の損失量であり,

数値が低いと損失量が少なく、多汁性が高いことを示している。このことからホエー区の豚肉は加熱時の損失が少なく、多汁性の高い肉といえる。多汁性は見た目、柔らかさ、匂いと同様に食べた時のおいしさを決定する重要な要因である。豚肉におけるクッキングロスにはVITTADINI *et al.*, (2005) によると肉重量の26-30%、牛肉の場合(TOSCAS *et al.*, 1999)は22.6-35.6%で平均では32.2%と報告している。これらの値は加熱方法や加熱中心温度、生肉の性状などによって複雑に変化する。BIRCAN and BARRINGER (2002) によると、クッキングロスは加熱温度が70-80°Cの時に最も高く、これはコラーゲンが60°Cで収縮し始めることが主な理由であると報告している。本実験では中心温度を測定していないが、加熱条件は料理店等で調理されるような中心部の赤みが消える程度の温度と時間であったので、このことがクッキングロスにおいて両区ともに20%以下と低い値を示した要因と推定される。また、低い値でも加熱条件は同じであるので、両区間の比較において支障はないと考えられた。

Table 3 Drip loss, cooking loss and shear force of pork

| | Control | Whey |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Drip loss 1day (%) | 32.87±2.64 | 32.90±1.89 |
| 5days | 30.74±2.02 | 30.24±2.18 |
| 10days | 27.12±2.41 ^a | 25.39±2.44 ^b |
| Cooking loss(%) | 18.26±2.57 ^a | 16.33±2.86 ^b |
| Shear force(g/cm ²) | 859.1±169.52 | 847.8±192.69 |

Sample; *M. longissimus thoracis*. Data were expressed as average ± SD.

a,b Mean values in a same group with different superscript letters differ significantly (p<0.05)

5 剪断値

対照区およびホエー区の剪断値の値をTable 3に示した。剪断値は食肉の剪断応力を表し、柔らかさの指標となる。今回は最大の剪断値の平均値で表した。対照区およびホエー区はそれぞれ863.5g/cm²と847.8g/cm²であり、また、ばらつきが大きく対照区とホエー区の間には差はみられなかった。食肉の柔らかさは、消費者が求める肉質という点において重要である。本実験において、剪断値にばらつきが大きかったのは、個体間、個体内あるいは1cm角に切出した試料間において、結合組織の入り具合あるいは筋肉内脂肪の存在などによることが考えられた。

6 ペプチド量および総遊離アミノ酸量

対照区とホエー区のペプチド量および総遊離アミノ酸量をTable 4に示した。と畜後、時間の経過とともに対照区およびホエー区でともに増加した。ペプチド量はと畜後の日数に伴い、対照区およびホエー区でともに増加した。と畜後1日目では287.7-301.7mg/100g、5日目では389.1-407.9mg/100g、10日目では488.2-500.3mg/100gであったが、両区間に差はみられなかつ

た。

一方、総遊離アミノ酸量もと畜後の日数に伴い、対照区およびホエー区で増加した。両区の総遊離アミノ酸量は1日目では62.6-62.7mg/100g、5日目は84.1-86.9mg/100g、10日目は127.5-132.1mg/100gであり、いずれも両区間に差はみられなかった。

ペプチド量および総遊離アミノ酸量は、と畜後の日数に伴い増加した原因として熟成中にカルパインやカテプシンなどの内在性タンパク質分解酵素が作用したことが考えられるが、ホエー給与はこれらの酵素活性に影響を及ぼさなかったと考えられた。

Table 4 Peptide and total free amino acid content of pork

| | Peptides | | |
|---------|------------------------|------------|------------|
| | 1 | 5 | 10 days |
| Control | 293.6±67.6 | 396.8±86.9 | 495.9±94.3 |
| Whey | 301.8±51.5 | 407.9±54.7 | 500.3±77.9 |
| | Total free amino acids | | |
| | 1 | 5 | 10 days |
| Control | 63.6±7.4 | 87.6±15.4 | 132.5±11.9 |
| Whey | 63.9±10.4 | 87.1±16.8 | 130.0±21.1 |

Unit; mg/100g pork. Sample; *M. longissimus thoracis*.

Data were expressed as average ± SD.

7 脂肪酸組成

対照区およびホエー区の脂肪酸組成をTable 5に示した。両区の脂肪酸組成はC14:0 (ミリスチン酸)が1.3%、C16:0 (パルミチン酸)が25.5-25.9%、C16:1 (パルミトオレイン酸)が1.7-1.8%、C18:0 (ステアリン酸)が16.8-17.6%、C18:1 (オレイン酸)が45.2-45.6%、C18:2 (リノール酸)が7.3-8.0%、C18:3 (α -リノレン酸)が0.9-1.0%であった。これらの値から、いずれの脂肪酸組成も両区間に差はなかった。豚肉の構成脂肪酸は主にC18:1で、次いでC16:0、C18:0、C18:2の順で少なくなった。この脂肪酸組成の順はENSER *et al.* (2000)の報告と同様であった。しかし、Lo FIEGO *et al.* (2005)の報告では、品種による遺伝的なものあるいは生体重により、C18:0とC18:2の順が逆の場合もあった。

ホエー豚の脂肪は美味しいと言われているが、今回行った実験ではそれを裏付ける結果は見られなかった。単胃動物である豚肉の脂肪は、給与する飼料により影響を受けやすいので、市販されているホエー豚肉の脂肪が美味しいということは、養豚農家の飼料の違いによるものかも知れない。

本研究ではチーズホエーを給与した豚肉の理化学的性質について分析し、いくつかの特徴が明らかとなった。成分的にはたんぱく質含量に差はあったが、その他では差はなく、pHも正常で通常のものであった。生体成分である食肉(筋肉)の成分が大きく異なることは、見方を変えると、生体の異常体質を意味するが、

Table 5 Fatty acid composition of pork (%)

| | Control | Whey |
|-------|------------|------------|
| C14:0 | 1.34±0.16 | 1.30±0.12 |
| C16:0 | 26.07±1.22 | 25.69±1.18 |
| C16:1 | 1.70±0.23 | 1.85±0.28 |
| C18:0 | 17.62±1.42 | 16.91±2.04 |
| C18:1 | 45.46±1.65 | 45.64±2.01 |
| C18:2 | 7.36±1.31 | 8.00±1.71 |
| C18:3 | 0.45±0.23 | 0.64±0.33 |

Data are expressed as average ± SD.

Sample; Adipose tissue of outside on *M. longissimus thoracis*

そのような結果は幸いにも見られなかった。一般に、ホエー豚肉は柔らかくジューシーと言われているが、保水性とクッキングロスにおいて、これを裏付ける結果が得られた。これらのことから、チーズホエーの給与は肉質に上記のような良い影響を及ぼした。この他に、チーズホエーの給与により一般の養豚農家では成長が早いと言われているが、帯広農業高等学校で飼育したものは、ホエー区と対照区では発育における生体重に差は見られなかった(データ省略)。これはゆったりとした飼養環境で飼育していたので、ストレスなどがなく、成長においても一般の養豚農家のものよりも早く、110 kgの平均出荷日数は150日であった。しかし、一般の養豚農家では飼養頭数を多くするために、狭い空間で飼育するので、ストレスも多く、また病気も多い。しかし、チーズホエーを与えた養豚農家では、下痢なども少なく健康であるので、抗生物質などの薬剤の使用量が減少し、更に、毛艶も良く、ストレスによる尻尾の噛みつきもなく、成長も早いと説明している。

豚に生菌剤あるいは乳酸菌体製剤を投与すると、免疫活性が高まり、大腸における乳酸菌も増加すると言われている(塚原, 2004)。チーズホエー中の乳酸菌数を調べると、生菌剤よりも少ないが、 $2.8 \times 10^6 \sim 1.4 \times 10^7$ /ml程度存在した(山岸と文, 2004)。また、カゼインの分解産物(CGP; カゼイノグリコペプチド)はいくつかの生理活性があり、更にリンを含むペプチド(CPP; カゼイノホスホペプチド)は免疫力をつけ、あるいは成長促進すると言われているので、チーズホエー中のこれらの成分などが豚にとって有効に働いていることが推察される(根岸, 1996; 大谷, 2004)。このように豚が健康に育つことは、養豚農家や消費者にとっても福音である。今後チーズ生産量の増加により排出されるチーズホエーの増加が見込まれるので、この種の豚の増加に期待したい。

謝 辞

本実験は、北海道科学技術財団の補助金および文部科学省「21世紀COE」補助金(A-1)を用いて遂行された。ここに記して謝意を表す。脂肪酸分析の実施では帯広畜産大学木下幹朗助手に、また種々の実験補助

では、田原滋人、公門はるか並びに文 秀喜氏に協力を頂いた。また、豚の飼育では帯広農業高校食品科学科の生徒諸氏に多大な協力を頂いた。ここに深甚な感謝を表す。

参考文献

- BIRCAN C. and S.A. BARRINGER (2002) Determination of protein denaturation of muscle foods using the dielectric properties. *J. Food Sci.*, 67: 202-205.
- DANSFIELD, E. and K. LOCKYER (1985) Cold-shortening toughness in excised pork. *Meat Sci.*, 13: 19-32.
- ENSER, E., R.I. RICHARDSON, J.D. WOOD, B.P. GILL and P.R. SHEARD (2000) Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Sci.*, 55: 201-212.
- 清澤 功 (2002) ホエータンパク質濃縮物とその機能性に関する最近の研究動向. *Milk Sci.*, 51:13-26.
- LO FIEGO D.P., P. SANTORO, P. MACCHIONI and E. DE LEONIBUS (2005) Influence of genetic type, live weight at slaughter and carcass fatness on fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue of raw ham in heavy pig. *Meat Sci.*, 69: 107-114.
- 根岸晴夫 (1996) 栄養・健康面からみた乳素材の利用. *月刊フードケミカル*, No. 7: 95-101.
- 越智 浩 (1999) ホエータン白の研究動向と利用の現状. *月刊フードケミカル*, No. 7: 28-34.
- OHENE-ADJEL, S., T. BERTOL, Y. HYUN, M. ELLIS, F.K. McKEITH and M.S. BREWER (2004) Effect of vitamin E, low dose irradiation, and display time on the quality of pork. *Meat Sci.*, 68: 19-26.
- OTANI, H. (2004) ミルクたんぱく質の消化により生じる生体防御ペプチド. *F.F.I. Journal Jpn.*, 209: 112-120.
- REGSTER, G.O., G.H. McINTOSH, V.W.K. LEE and G.W. SMITHERS (1996) Whey proteins as nutritional and functional food ingredients. *Food Australia*, 48:123-127.
- SHEARD, P.R., G.R. NUTE, R.I. RICHARDSON and J.D. WOOD (2005) Effects of breed and marination on the sensory attributes of pork from Large White and Hampshire-sired pigs. *Meat Sci.*, 70: 699-707.
- TOSCAS, P.J., F.D. SHAW and S.L. BEILKEN (1999) Partial least squares (PLS) regression for the analysis of instrument measurements and sensory meat quality data. *Meat Sci.*, 52: 173-178.
- 塚原隆充 (2004) 生菌剤を超える? 乳酸菌菌体製剤の実力. *月刊Pig Journal*, 7月号; 33-39.
- VAN MOESEKE, W. and S. DE SMET (1999) Effect of time of deboning and sample size on drip loss of pork.

Meat Sci., 52: 151-156.

VITTADINI, E., M. RINALDI, E. CHIAVARO, D. BARBANTI and R. MASSINI (2005) The effect of different convection cooking methods on the instrumental quality and yield of pork *Longissimus dorsi*. Meat Sci., 69: 749-756.

山岸 真・文 秀喜 (2004) 「十勝ホエー豚」のブ

ランド化. 北豚, 36:11-13.

YOUNG, J.F., H.C. BERTRAM, K. ROSENVOLD, G. LINDAHL and N. OKSBJERG (2005) Dietary creatine monohydrate affects quality attributes of Duroc but not Landrace pork. Meat Sci., 70: 717-725.

