

地域食品製造副産物を利用した高機能畜産物の生産技術の開発 - 緑茶ガラによるジャージー牛乳黄色度の改善効果 -

田辺裕司・秋山俊彦・栗木隆吉・谷田重遠

Effects of green tea grounds feeding on the colour of Jersey's milk

Yuji TANABE, Toshihiko AKIYAMA, Takayoshi KURIKI and Shigetou TANIDA

要 約

ジャージー牛乳の特徴の一つである黄色度の向上を図るため、現地における実態調査と緑茶ガラの給与効果について検討を行った。

- 1 生乳黄色度は夏期に低下する季節変動が認められた。個体毎の黄色度はばらつきが大きく、乳成分の中では乳脂肪率との相関が最も強かった。
- 2 緑茶ガラ中 - カロチン濃度はサイレージ保存前に対して変化がなかった。
- 3 給与試験の結果、生乳およびクリームの黄色度に緑茶ガラ給与による明らかな改善効果が見られた。効果はホルスタイン種よりもジャージー種の方が強い傾向を示した。
- 4 現地農家における実証試験においても緑茶ガラ給与による黄色度上昇傾向が見られ、本試験が普及段階においても有効であることが示された。

キーワード： ジャージー種、生乳黄色度、緑茶ガラ

緒 言

ジャージー種の全国飼養頭数は増加傾向にあり¹⁾、蒜山地域では全国の1/4を占める2300頭が飼養されている。地元の蒜山酪農農業協同組合（以下、蒜酪）では「蒜山ジャージー」のブランド価値を高めるため本種の特長を活かした乳肉製品の開発を進めており、なかでも「蒜山ジャージーヨーグルト」は、黄色のクリーム層を大きな特徴として人気を集めている。この黄色のクリーム層は乳中の - カロチンが高いとされるジャージー種特有のものであるが²⁾、摂取飼料の影響を受けやすいことから季節的な変動が問題となっている。

岡山県総合畜産センター（以下、当センター）では平成8年から行っている食品残渣の飼料化研究において、その有効性を明らかにしてきた³⁾。また、一部の食品残渣にはビタミン、ポリフェノールなどの機能性成分が含まれることが知られており⁴⁾⁵⁾、緑茶ガラについても - カロチン等が高濃度に残存することが報告されている⁶⁾⁷⁾。そこで - カロチンの機能性に注目した緑茶ガラの活用方法を検討することとした。

ジャージー種の生乳色に関する報告はこれまでにほとんどみられないことから、季節的変動、個体間の差異などの実態を調査し、これまで報告されているように飼料による効果的な対策について検討した。

材料及び方法

1 供試緑茶ガラ

飲料製造工場から排出される煎茶ガラ、玉露ガラおよび緑茶ガラの3種を使用した。これらは同様に緑茶ガラとして取り扱った。

2 保存性試験

谷田ら³⁾の方法で乳酸菌を添加後、5kgを黒のポリ袋内で密封した。試験は平成15年6月5日から7月30日まで行い、期間中は日陰にて常温で放置した。測定項目はpH、生菌数、 - カロチン濃度、飼料成分および有機酸組成とした。

3 黄色度実態調査

年間の推移は、蒜酪が全組合員46戸のバルク乳を対象として毎月2回黄色度調査しているデータ

を使用した。また、個体間の調査では同一管理下の搾乳牛50頭を対象として、搾乳時にサンプリングした。

4 給与試験

(1) 試験方法

表1に示す当センター内の泌乳中～後期ホルスタイン種8頭を使用し、3週間（平成15年7月10～31日）の給与を行った。なお、ジャージー種2頭による試験も同条件で実施した。

(2) 飼料給与

緑茶ガラ添加量を乾物中10%として表2のTMRを配合し、乳酸菌を加えて2～4週間発酵させた。飼料は朝夕の2回給与とした。

(3) 試験サンプルの採取

生乳は毎週2日間のサンプリングにより、平均値を使用した。血液および体重は給与前後に調査した。飼料摂取量は期間中毎日記録した。

5 農家実証試験

(1) 試験方法

真庭郡川上村のジャージー種飼養農家（搾乳牛20頭飼育）において4週間（平成15年10月17～11月12日）の給与試験を行った。試験牛は表3に示した6頭を搾乳牛の中から繋ぎ順に無作為選抜した。

(2) 飼料給与

濃厚飼料との混合により水分50%に調整した緑茶ガラサイレージ（発酵期間2～6週間）を分離給与した。給与量は表4に示すように給与飼料乾物中5%以内とした。

(3) 試験サンプルの採取

生乳は給与試験同様に採取した。飼料摂取量は週1回記録した。

6 黄色度の測定

黄色度の測定は分光測色計（CM-2600d、ミノルタ）で行い、表色系はYI（ASTM D1925、 $YI = 100 \times (1.28x - 1.06z) \div y$ ）を使用した。生乳は5～10の低温条件下で測定した。クリームは4に冷却した状態で3000rpm、15分間遠心分離した後、常温に戻して測定した。なお、測定にはプラスチック製セルおよび専用の固定台を使用した（図1）。

7 ビタミン類の測定

測定は日本食品標準成分表に定める方法で行った⁸⁾。

生乳および血清は測定時まで4の暗所で保存し、採取後3日以内に測定した。緑茶ガラおよび飼料は真空包装した後、測定まで-20で凍結保存した。

8 統計処理

給与期間の経過に伴う変化はDunnetの多重比較検定で行った。

結果及び考察

1 緑茶ガラ原料の飼料成分および飼料品質

緑茶ガラの飼料成分は表5のとおりで、水分は80%を超えており、乾物中CPは平均32.0%と高い値を示した。β-カロチン濃度は乾物中40.6mg/100gであり、2001年版日本標準飼料成分表⁹⁾に示

表1 給与試験開始時の牛概要

	頭数	産次数	産後日数
試験区	4	2.0(1～3)	244(144～308)
対照区	4	1.5(1～2)	271(158～340)

表2 給与試験TMRの設計内容

飼料名	試験区	対照区
緑茶ガラ (%DM)	10.4	-
市販濃厚飼料	30.5	41.2
ビートパルプ	14.3	9.2
大麦圧片	11.0	9.3
オツハイ	14.9	14.3
スダハイ	19.0	24.2
大豆粕	-	1.9
水分 (%)	38.0	39.0
TDN (%DM)	74.6	75.0
CP (%DM)	16.6	16.5
NDF (%DM)	41.1	39.8
-加チン(mg/100gDM)	2.9	0.1

表3 農家実証試験開始時の牛概要

	頭数	産次数	産後日数
試験区	3	6.3(5～8)	297(277～324)
対照区	3	2.7(2～4)	234(153～347)

表4 農家実証試験の飼料内容

飼料名	試験区平均	対照区平均
緑茶ガラ (%DM)	4.0	-
市販濃厚飼料	28.6	35.9
オチャート主サイレージ	62.0	58.6
チモシー乾草	5.4	5.5
-加チン(mg/100gDM)	30.2	20.5



図1 黄色度測定機器

す1番草出穂後の牧草含量を大きく上回っていた。

緑茶ガラはサイレージ処理によりpH4前後まで低下したが、酪酸および酢酸含量が高く、表6に示したようにフリーク評価は「劣」であった。しかし、給与試験のTMRおよび実証試験の緑茶ガラサイレージではいずれもpH4.0~4.1、フリーク評点で90点以上を示しており、水分調整等により良質発酵を得ることは十分可能と思われた。 - カロチンを含め飼料成分値に保存期間中の大きな変動はなかった。

- カロチンは光、酸素、熱および植物酵素により容易に減少し、牧草においてはサイレージ期間中にも約50%の - カロチンが損失する¹⁰⁾¹¹⁾。しかし、今回の試験に使用した緑茶ガラでは過去の報告⁶⁾⁷⁾と同様に、サイレージ期間中の損失はほとんど見られなかった。これは、サイレージ調製段階では遮光および脱気により光と酸素の影響が除去されていること、さらに緑茶抽出時の熱処理過程で緑茶ガラ中の植物酵素が失活していることなどが推察された。しかし、給与試験のTMR中 - カロチンは緑茶ガラ添加量から6.0mg/100gと推計されたが、サイレージ後の値は2.9mg/100gで約50%の損失が認められた。蔡ら¹²⁾は他飼料との混合時でも大きな変化はないとしており、この要因としてTMRでは完全な遮光ができなかったことなど、調製時の技術的な問題が考えられた。

表5 緑茶ガラ中飼料成分およびビタミン含量

項目	測定値
水分 (%)	83.0 ± 1.3
CP (%DM)	31.7 ± 1.0
EE (%DM)	6.1 ± 1.3
NFE (%DM)	47.4 ± 3.3
CF (%DM)	11.6 ± 2.0
CA (%DM)	3.1 ± 0.1
ADF (%DM)	27.6 ± 1.1
NDF (%DM)	45.5 ± 3.9
-加矽 (mg/100gDM)	39.3 ± 15.5
ビタミンE (mg/100gDM)	77.4 ± 16.6

平均値 ± 標準偏差

表6 保存による緑茶ガラ発酵品質の変化

項目	保存前	4週保存	8週保存
pH	5.6	4.1	4.2
乳酸菌数 (×10 ⁶ cfu/g)	540	71	10
一般生菌数 (×10 ⁶ cfu/g)	710	45	7
有機酸組成			
酢酸 (%)	-	41	44
酪酸 (%)	-	30	17
乳酸 (%)	-	28	39
フリーク評点 (点)	-	4	17
-加矽 (mg/100gDM)	54.8	59.4	57.2
ビタミンE (mg/100gDM)	92.0	88.3	92.4

2 ジャージー種生乳黄色度の実態調査

地域内46戸について調査した黄色度平均値の年間推移を図2に示す。最も高い値を示したのは11月で21.2度であった。全体に春～夏期に低下する傾向が見られ、7月に19.1度で最低値を示した。この変化は、秋山ら¹³⁾の報告した年間の脂肪率推移と同様の傾向であった。

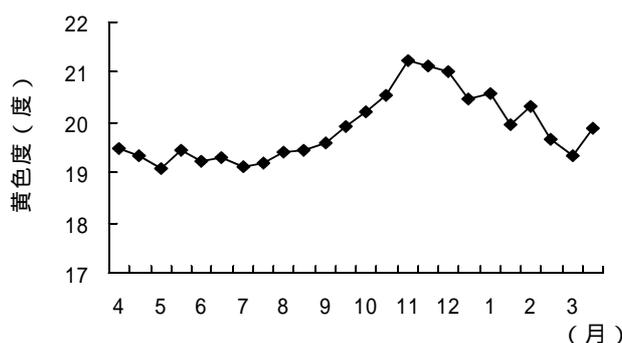


図2 バルククーラーから採取した生乳黄色度の季節変化

次に、現地調査農家のジャージー種50頭における生乳黄色度を図3に示す。平均値は17.8度であったが、全体では最大13.9~23.1度の広い範囲で黄色度が分布していた。これは、同一飼料で管理されている牛群内の違いを見たものであるが、生乳黄色度と乳量および乳成分との関係について調べた結果、乳脂肪率との間で最も高い相関が得られた (r=0.58、図4) ものの乳量との相関はなかった (r=-0.16)。

調査個体において、乳脂肪率は5.3~7.7%の範囲であったのに対して乳量は3.0~10.1kgと大きくばらついていた。一般に、遺伝的な影響力は、乳量よりも乳質に強く表れると言われていたが²⁾、ジャージー種において重視される生乳の黄色度に関しても遺伝的な影響が強くでているように思われた。

このように、実態調査から黄色度推定において乳脂肪率が一定の指標となりうることを示された。

乳中の黄色度は乳脂肪に溶存するβ-カロチン量が強く影響する。そのため、調査した成分の中で乳脂肪率が最も高い相関を示したことはある程度予想された結果といえる。

しかし、今回認められた相関は決して強いものではなく、個体間のばらつきも大きかった。β-カロチンは体内摂取後、一部がビタミンAに転換するが、ジャージー種ではこの転換率が低いために乳中への排出量も相対的に高いとされる¹⁴⁾。したがって、この転換率の差異が今回見られたばらつきの原因となったことも考えられる。

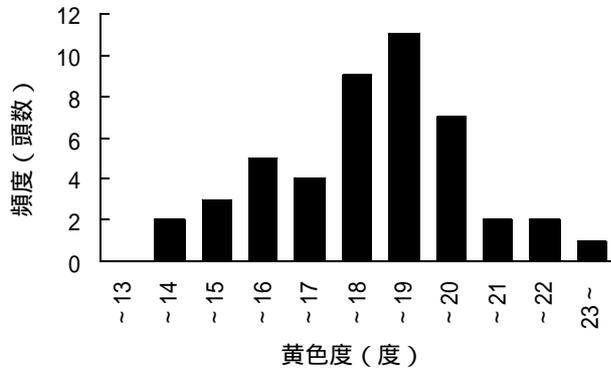


図3 個体毎の黄色度分布状況

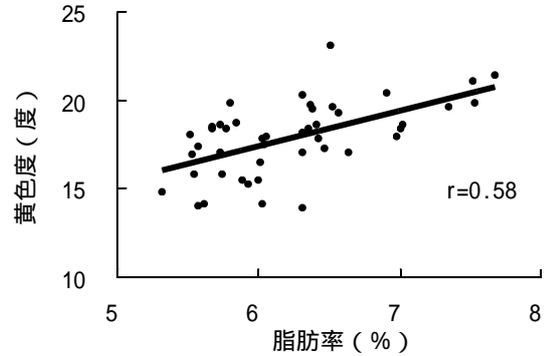


図4 生乳黄色度と乳脂肪率の相関

3 緑茶ガラとの給与効果

(1) 緑茶ガラ給与による生産性への影響

当センターで行った給与と試験の乳量、乳成分および血液性状等を表7に示した。実乳量、4%FCM乳量ともに両区間に差はなかった。また、実証試験においても産乳量は試験区と対照区に差はなかった。ただ、全体に乳量は減少傾向を示した。

TMR採食率は試験区95.1%、対照区98.2%で両区に差はなかったが、試験区では第1週で86.5%と低い採食率 ($p < 0.01$) を示した。緑茶ガラの牛に対する嗜好性は、過去の報告^{15) 16)}と同様に個体差が大きかった。ただ、試験終了時にはほぼ問題ない状態まで採食率が上がっており、実際の給与ではTMR方式が望ましいと考えられた。

表7 緑茶ガラ給与が生産性に及ぼす影響

	試験区	対照区
TMR採食率 (%)	95.1 ± 3.7	98.2 ± 0.8
体重(給与前を100とする、%)	99.5 ± 1.9	101.6 ± 3.7
乳量 (kg)	25.2 ± 7.5	25.2 ± 4.8
乳成分		
脂肪率 (%)	4.4 ± 0.4	4.1 ± 0.2
蛋白質率 (%)	3.5 ± 0.2	3.5 ± 0.2
乳糖率 (%)	4.3 ± 0.1 ^a	4.5 ± 0.1 ^b
血清中濃度		
アルブミン (g/dl)	3.5 ± 0.1	3.6 ± 0.1
尿素態窒素 (mg/dl)	17.5 ± 3.3	17.5 ± 4.5
総コレステロール (mg/dl)	186.3 ± 60.4	174.3 ± 27.1

平均値 ± 標準偏差、異符号間に5%水準で有意差あり

(2) 緑茶ガラ給与による黄色度の改善効果

茶ガラ給与後の生乳黄色度の推移を図5に示した。給与前は11.6度であったが、1週目以降12.3、12.5、13.1と上昇し、3週目で1%の有意差が認められた。生乳中β-カロチン濃度も同様に推移し、給与前の7.0 μg/100gから、12.8、15.5、14.8と、2、3週目でそれぞれ有意な ($P > 0.01$) 増加を示した。このように給与に対する反応は比較的速やかであった。給与3週目で対照区と比較しても生乳黄色度は有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した(図6)。また、遠心分離により回収したクリームではさらに高い効果が現れた。表8に両区の差を示したが、生乳で2.5度に対し、クリームでは6.7度まで広がっていた。また、乳中および血清中のβ-カロチン濃度も有意 ($P < 0.05$) に増加していた。

給与試験と同条件で当センターで行ったジャージー種の試験結果でも、緑茶ガラ給与後の生乳黄色度は平均18.2度で給与前に比べ3.7度上昇していた。また、クリーム黄色度でも同様の傾向

にあり、乳中 β -カロチン濃度も3倍近く増加した。このことから、緑茶ガラ給与に対する反応は、ホルスタイン種より効果的であった。

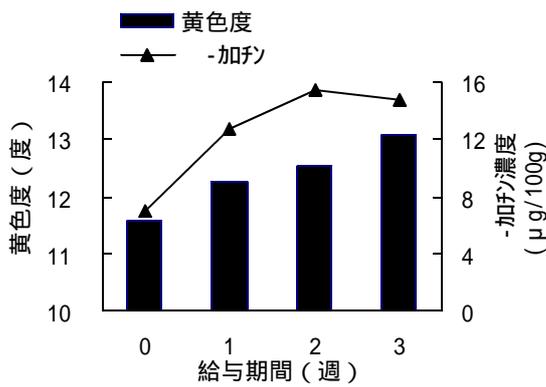


図5 給与試験の試験区における生乳黄色度と乳中 β -カロチン濃度の推移

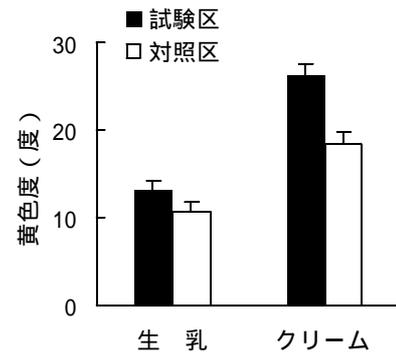


図6 給与試験における生乳およびクリーム黄色度の変化
 平均値 \pm 標準偏差

表8 緑茶ガラ給与後の黄色度等の比較

	試験区	対照区
生乳黄色度 (度)	13.1 \pm 1.1 ^a	10.6 \pm 1.1 ^b
クリーム黄色度 (度)	24.9 \pm 2.4 ^c	18.2 \pm 1.3 ^d
生乳中 β -カロチン濃度 ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	14.8 \pm 1.7 ^c	6.0 \pm 1.4 ^d
血清中 β -カロチン濃度 ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	745 \pm 260 ^a	238 \pm 59 ^b

平均値 \pm 標準偏差
 a-b間に5%、c-d間に1%水準で有意差あり

ジャージー種の牛乳は脂肪率の高さに加えて脂肪球が3.9 μm と大きいためにクリーム層を分離しやすく²⁾、このことが蒜山ジャージーヨーグルトにおける表面のクリーム層形成要因となっている。本研究はこのクリーム層の色調改善を主目的にしており、遠心分離により採取したクリームでより強い効果が現れたことは大きな成果であった。

(3) 実証試験における効果

実証試験での生乳黄色度の推移について表9、図7に示す。前述のように個体間差が大きく、給与前を100%とした。給与開始2週目以降108、107、108%と推移し、有意な差はなかったものの給与期間内に着実に改善が図れた。分離給与で嗜好性を考慮して緑茶ガラ給与量を乾物中5%以内に抑えたことから効果は緩やかであった。以上のように、4週間の短期間ではあったが、生産現場でも生乳黄色度の増加に一定の成果が得られた。

表9 実証試験における生乳黄色度の推移

	0週	1週	2週	3週	4週
試験区	100.0	104.1	107.5	106.7	107.8
対照区	100.0	102.4	100.7	100.9	101.3

給与前(0週)を100%で示す

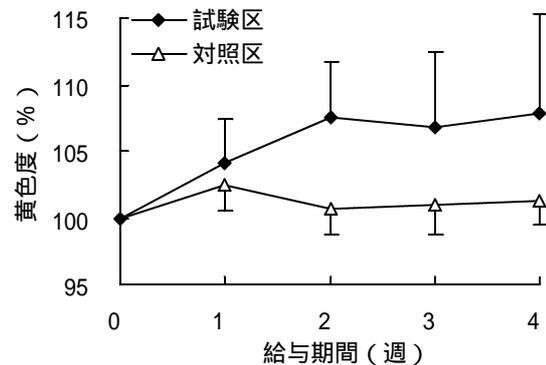


図7 実証試験における生乳黄色度の推移
 (給与前を100%で示す)
 平均値 \pm 標準偏差

今回の研究は、生乳の黄色度改善を目的として実施したが、緑茶ガラには乾物中2%程度のカテキン類も残存する⁶⁾⁷⁾。これらは人間に対して様々な有用効果が認められており¹⁷⁾、 β -カロチン同様に乳中への移行が確認されれば、健康面に効果のある機能性牛乳として、消費拡大につながるものと期待できる。また、今後の課題としては緑茶ガラの安定的な入手と、黄色度の低下する夏期など適正な時期に給与を行うための原料保存などへの体制づくりが必要である。

引用文献

- 1)岡山県酪農振興協議会・岡山県発行(2002)：おかやまデーリィ・データ平成14年度版．16-17.
- 2)新編畜産大事典(1996)，養賢堂，397-413.
- 3)谷田重遠・難波博一・関 哲生・森 尚之・山下政道・行森美枝・早瀬文繁(1998)：微生物等による食品副資源の有効利用技術の開発．岡山総畜セ研報，9，21-30.
- 4)栗木隆吉・黒岩力也(2004)：地域食品製造副産物を利用した高機能畜産物の生産技術の開発 - 地域食品製造副産物に含まれる機能性成分と飼料特性について - ．岡山総畜セ研報，15.
- 5)阿部 亮・吉田宣夫・今井明夫・山本英雄(2000)：未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック．サイエンスフォーラム．
- 6)蔡 義民・増田信義・藤田泰仁・河本英憲・安藤 貞(2001)：茶飲料残渣の飼料調製・貯蔵技術の開発．日畜会報，72，536-541.
- 7)徐 春城・蔡 義民・藤田泰仁・河本英憲・佐藤崇紀・増田信義(2003)：乳酸菌およびアクレモニウムセルラーゼ添加緑茶飲料残渣サイレージの化学組成と栄養価．日畜会報，74，355-361.
- 8)（財）日本食品分析センター編(2001)：分析実務者が書いた五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの解説．中央法規出版．
- 9)（独）農業技術研究機構編(2001)：日本標準飼料成分表2001年版，194-195.
- 10)小林亮英・山崎昭夫・三上 昇・蔦野 保(1986)：アルファルファとオーチャードグラスの - カロテン含量に及ぼす貯蔵方法の影響．日畜会報，57，881-886.
- 11)Y.W.Park, M.J.Anderson, J.L.Walters, and A.W.Mahoney(1983)：Effects of processing methods and agronomic variables on carotene contents in forages and predicting carotene in alfalfa hay with near-infrared-reflectance spectroscopy. J.Dairy Sci., 66, 235-245.
- 12)蔡 義民・藤田泰仁・徐 春城・小川増弘・佐藤崇紀・増田信義(2003)：緑茶飲料残渣とトウモロコシとの混合サイレージ調製と発酵品質．日畜会報，74，203-211.
- 13)秋山俊彦・黒岩力也・吉元和明・谷田重遠(2003)：蒜山地方におけるジャージー種飼養管理改善に関する研究 - (1) ジャージー種飼養管理実態調査 - ．岡山総畜セ研報，14，17-22.
- 14)F.M.Cremin, and P.Power(1985)：Vitamins in bovine and human milks. , Developments in Dairy Chemistry-3, Elsevier Appl.Sci.Pub., 337-398.
- 15)額爾敦巴雅爾・西田武弘・細田謙次・塩谷 繁・蔡 義民(2003)：泌乳牛の飼料消化、ルーメン発酵および血液性状に及ぼす緑茶飲料製造残渣サイレージ給与の影響．日畜会報，74，483-490.
- 16)鈴木秀歌・土屋聖子・加藤雅通(1999)：酪農分野における茶の有効利用法について（第2報）．静畜研報，27，12-19.
- 17)食品と開発編集部(1999)：第7の栄養“ポリフェノール” - 植物ポリフェノールの機能性・開発動向を探る - ．食品と開発，34(6)，21-29.