

## 黒毛和種肥育牛に対する温州ミカンジュース粕飼料添加給与が肉質に及ぼす影響

岡幸宏\*、織田一恵

### 要約

黒毛和種去勢牛の出荷前 68 日間の温州ミカンジュース粕飼料（ミカンジュース粕）の添加給与効果を調査するため、ミカンジュース粕を 1 日 2kg 給与した 2kg/日給与区（MJ2kg 区）、4kg 給与した 4kg/日給与区（MJ4kg 区）及び無給与の 0kg/日給与区（MJ0kg 区）の 3 試験区分（各 2 頭ずつ計 6 頭）を設定し、肉質等を調査した。ミカンジュース粕添加により、リブローズ及びウチモモの一般成分組成（水分含量、粗タンパク質含量、粗脂肪含量）、物理的性質（保水性、加熱損失、剪断力価）及び pH 等については、影響が認められなかった。ビタミン E 及び  $\beta$ -カロテンについては、影響が認められなかったものの、ビタミン A、 $\beta$ -クリプトキサンチンについては、給与量に伴って増加する傾向が見られた。ミカンジュース粕に多量に含まれている  $\beta$ -クリプトキサンチンが体内に吸収、蓄積されたものであると考えられたが、移行分量は少なく、ミカンジュース粕給与量及び給与日数について検討が必要と考えられた。また、色差計による肉色、脂肪色については、脂肪色において、やや黄色方向（b 値＋方向）に移行する傾向が見られた。

キーワード：黒毛和種肥育牛、ミカンジュース粕、 $\beta$ -クリプトキサンチン、肉質成分

### 緒言

愛媛県は、晩柑類を含めた柑橘生産では国内第 1 位の生産量を占める有数のミカン・柑橘産地であり、ミカンジュースの製造販売も盛んである。搾汁後のミカンジュース粕は、一部は飼料・燃料資材として利用されているものの、大半は廃棄処分されており、その廃棄コストも高額である。現在の県内畜産でのミカンジュース粕利用は、陳皮の鶏や豚用配合飼料原料としての利用及び嗜好性向上等の粗飼料利用として若干量使用されている程度である。

一方、肥育牛生産では、飼料価格の高止まり、生産物価格の低迷等が継続し、経営が逼迫している状況にあり、飼料費の低減、付加価値による収益の向上等が必要な状況にある。そのため、最近ブランド・特殊銘柄等の通常の生産物と異なる特別な付加価値を有する商品が流通するなど、多様化が広がっている。

そこで、温州ミカンに豊富に含まれている  $\beta$ -クリプトキサンチンに注目し、機能性を持った牛肉の開発を目指し、ミカンジュース粕の給与が及ぼす影響を調査することとした。

また、ミカンジュース粕等柑橘類の製造粕を肉用牛

に給与した報告<sup>1) 2) 3)</sup>はいくつか見られるが、肉質成分、理化学検査等を検討したものではない。そこで、黒毛和種肥育牛に対する出荷前の給与が肉質に及ぼす影響について検討した。

### 材料及び方法

#### 1 試験区分および供試飼料

ミカンジュース粕サイレージ（以下ミカンジュース粕）無給与区（MJ0kg 区）、並びに肥育出荷前 68 日間ミカンジュース粕を 1 日当たり 2kg（MJ2kg 区）及び 4kg（MJ4kg 区）給与した 3 区を設け（表 1）、各区に黒毛和種去勢肥育牛 2 頭を割り振り、計 6 頭を供試した。

今回供試したミカンジュース粕は、温州ミカンジュース搾汁後、フレコンバッグに密封されたもので、成分は表 2 に示した。

飼養管理は、当センターの常法により行い、ミカンジュース粕以外の給与飼料は、濃厚飼料（成分値保証値で後期 11.9%、75.1%）並びに粗飼料（イタリアン乾草 5.6%、58.3%）を栄養成分摂取量が同じとなるように給与した。

表1 試験区分

項目	MJ2kg区	MJ4kg区	MJ0kg区
試験区分	ミカンジュース粕 2kg給与区	ミカンジュース粕 4kg給与区	ミカンジュース粕 無給与区
給与内容	出荷前68日間ミカンジュース粕2kg/日給与	出荷前68日間ミカンジュース粕4kg/日給与	ミカンジュース粕給与無し
供試頭数	2頭	2頭	2頭

表2 ミカンジュース粕成分

成分名	成分量
水分	77.9
粗タンパク質	7.4
粗脂肪	1.7
粗繊維	17.1
粗灰分	8.7
NFE	65.0
TDN	76.8
カルシウム	2.49
リン	0.13
マグネシウム	0.08
カリウム	0.49
ビタミンA(レチノール)	— <sup>1)</sup>
原物中 ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	
ビタミンE(トコフェロール)	40
$\beta$ -カロテン	11
$\beta$ -クリプトキサンチン	298

1): 検出限界以下を示す

肉質調査に当たり、と畜後6日後のリブローズ(第6-7肋間~第10-11肋間)、ウチモモを採取した。リブローズについては、筋肉(胸最長筋)、皮下脂肪、筋間脂肪を試料とし、ウチモモについては、筋肉(半膜様筋)と皮下脂肪を試料とした。

## 2 肉質調査

理化学分析は、「食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル」(家畜改良センター2010)に準じて表3の項目について実施した。

水分含量は、試料を105°Cで24時間加熱乾燥させ、加熱乾燥前後の重量差により算出した。粗脂肪含量は、水分含量測定後の試料をソックステック脂肪抽出装置(フォスジャパン(株) SOXTEC SYSTEM 1043)によりジエチルエーテル還流後、得られた抽出物の重量から算出した。粗タンパク質含量は試料に硫酸を添加、加熱分解後、窒素蒸留装置(フォスジャパン(株) Kjelttec 2200)を用い、窒素量を滴定し算出した。

保水性は、遠心保水性とし、試料0.5gを遠心分離さ

表3 肉質調査項目

区分	項目
一般成分組成	水分
	粗タンパク質
物理的性質	粗脂肪
	保水性
	加熱損失
理化学分析	剪断力価
	ビタミンA
	ビタミンE
	$\beta$ -カロテン
機能性成分	$\beta$ -クリプトキサンチン
	脂肪酸組成
脂肪の質	脂肪融点
	PH
食肉性状	肉色・脂肪色

せ、その前後の重量差により算定した。加熱損失は、試料約50gを70°C温水加温前後の重量差により算出し、剪断力価は、加熱損失後の肉片を1cm厚に切り出し、レオメーター(株)サン科学 RHEO METER CR-500DX 20mm幅歯型プランジャー)で測定した。

ビタミン類については、「日本食品標準成分表分析マニュアル」<sup>5)</sup>に準じた。ピロガロール-エタノール溶液と水酸化カリウムでけん化後、酢酸エチル-n-ヘキサン混液等で抽出を行い、高速液体クロマトグラフィー(株)日本分光 紫外吸光度検出器 UV-2070 カラム CrestPak C18S)による分析を行った。

脂肪の質のうち、脂肪酸組成については、試料の脂肪抽出後、水酸化カリウム-エタノール溶液でけん化を行い、3-フッ化ホウ素メタノールでメチルエステル化し、n-ヘキサンにより抽出し、ガスクロマトグラフィー(日立 G3900 キャピラリーカラム Omegawax320: 30m×0.32mm×0.25 $\mu\text{m}$ )で測定した。脂肪融点は、105°Cの恒温乾燥器で4時間加熱抽出した脂肪をガラス製キャピラリーに詰め凍結後、5°Cの水を入れたビー

カー内で水温を徐々に上昇させ、脂肪が融解した温度を測定した。

食肉性状のpH測定は、突き刺し式のpHメーター(株テストー testo 205)を使用し、肉色・脂肪色は、色彩色差計(株MINOLTA CR-300)により測定した。

結果及び考察

1 一般成分組成

一般成分を表4に示した。個体間のバラツキが大きく、脂肪交雑の状態は、ロースとウチモモ間でも大きく異なっていた。脂肪交雑は、牛体内の各組織の発育性<sup>5)</sup>、肥育前中期の飼養管理の関与が大きく、また血統・個体能力等遺伝的な要素に左右されることが多い<sup>6)</sup>と言われている。

今回もミカンジューズ粕給与は、25カ月齢以降で、筋肉・脂肪の発達がある程度完了した段階であるため、ミカンジューズ粕給与の影響はないものと思われた。

したがって、区間の一般成分の相違は、飼養管理が同一であったことから、個体の脂肪交雑能力によるものと考えられた。

2 物理的特性

肉の物理性を示す指標として、肉の多汁性を表す保水性、加熱損失及び肉の柔らかさを示す剪断力価について調査した(表5)。

各物理性項目において、若干差異は認められているが、一般成分組成と関係が深く、BMSや一般成分値等の個体差の影響が大きく、個体のばらつきも大きいと考えられた。

3 ビタミン類

ビタミンAは、リブロースではミカンジューズ粕給与量に従って筋肉・脂肪中の含有量は増加し、ウチモモでもリブロースほど顕著ではないが、給与量に従って増加する傾向を示していた(表6)。

ビタミンEは、リブロース、ウチモモともにミカン

表4 各試験区の一般成分

部位	項目	試験区分		
		MJ0kg区	MJ2kg区	MJ4kg区
リブロース	水分含量	53.8	48.1	51.8
	粗脂肪含量	28.3	36.1	30.8
	粗タンパク質含量	16.5	13.8	16.4
ウチモモ	水分含量	65.0	61.5	65.7
	粗脂肪含量	14.1	19.1	13.0
	粗タンパク質含量	19.1	17.6	20.2

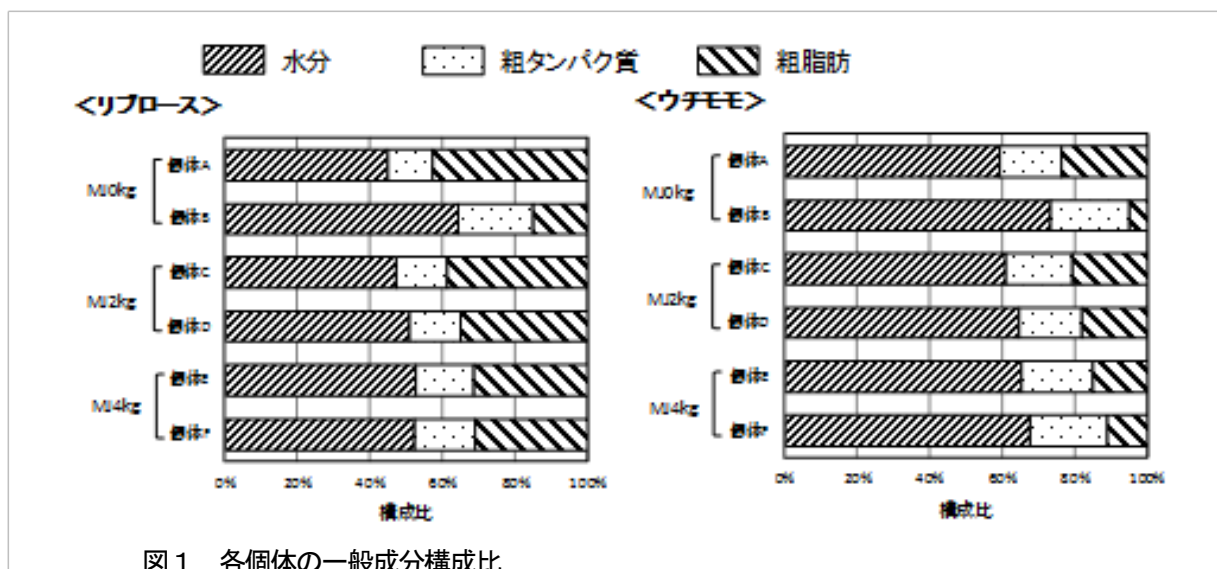


図1 各個体の一般成分構成比

表5 各試験区の物理的性質

部位	項目	試験区分		
		MJ0kg区	MJ2kg区	MJ4kg区
リブローズ	保水力 (%)	78.5	81.2	77.9
	加熱損失 (%)	17.1	16.4	18.5
	剪断力価(kg/cm <sup>2</sup> )	2.2	2.7	3.1
ウチモモ	保水力 (%)	78.4	79.1	78.7
	加熱損失 (%)	21.5	18.1	21.0
	剪断力価(kg/cm <sup>2</sup> )	3.3	2.3	3.4

表6 牛肉中のビタミンA含量

(単位:  $\mu\text{g}/100\text{g}$ )

部位	試験区分	試験区分		
		MJ0kg区	MJ2kg区	MJ4kg区
リブローズ	筋肉	3.4	7.1	8.9
	筋間脂肪	11.0	27.5	34.0
	皮下脂肪	8.6	21.6	39.0
ウチモモ	筋肉	1.5	6.2	6.3
	皮下脂肪	13.6	21.6	21.5

表7 牛肉中のビタミンE含量

(単位:  $\mu\text{g}/100\text{g}$ )

部位	試験区分	試験区分		
		MJ0kg区	MJ2kg区	MJ4kg区
リブローズ	筋肉	219	191	311
	筋間脂肪	429	531	577
	皮下脂肪	417	522	694
ウチモモ	筋肉	138	157	175
	皮下脂肪	391	447	370

ジュース粕給与量に従って含有量は増加する傾向が見られたが、個体差やばらつきが大きかった (表7)。

$\beta$ -カロテンは、リブローズ、ウチモモともに含有量は微量であり、区間の差も認められなかった (表8)。

$\beta$ -クリプトキサンチンは、リブローズ、ウチモモともに筋肉・脂肪中の含有量は微量であるものの、ビタミンAと同様、給与量に従って増加していた。但しMJ4kg区においてばらつきが大きく、蓄積における個体差も大きいものと思われた (表9)。

$\beta$ -カロテン及び $\beta$ -クリプトキサンチンは、それぞれカロテン類、キサントフィル類に分類され、これらをカロテノイドと称している。ミカンジュース粕は特に $\beta$ -クリプトキサンチンが豊富であり、 $\beta$ -カロテンは少ない。このカロテノイドは、ヒトの場合、摂取後、

ビタミンA活性を有するレチノールに変換されるか、もしくは、そのままカロテノイドとして吸収され、最終的に内臓や脂肪等に蓄積するとされている<sup>7)</sup>。牛においても同様な機序が考えられ、ミカンジュース粕摂取後に $\beta$ -クリプトキサンチンがレチノールとして吸収・蓄積される一方、そのままカロテノイドとして蓄積されたものもあると推定されることから、筋肉・脂肪中のビタミンA及び $\beta$ -クリプトキサンチンが段階的に増加したことが考えられる。一方、 $\beta$ -カロテンは、摂取量が少ないこと、レチノールに変換されたことが考えられ、蓄積までには至らなかったものと考えられる。

$\beta$ -クリプトキサンチン添加による畜産物としては、肉用鶏及び採卵鶏に温州ミカン果皮を飼料添加給与し

表8 牛肉中のβ-カロテン含量

(単位: μg/100g)

部位	試験区分	試験区分		
		MJ0kg区	MJ2kg区	MJ4kg区
リブローズ	筋肉	0.16	0.06	0.29
	筋間脂肪	0.62	0.54	0.41
	皮下脂肪	0.47	0.91	0.29
ウチモモ	筋肉	0.18	0.06	0.11
	皮下脂肪	0.23	0.46	0.35

表9 牛肉中のβ-クリプトキサンチン含量

(単位: μg/100g)

部位	試験区分	試験区分		
		MJ0kg区	MJ2kg区	MJ4kg区
リブローズ	筋肉	0.09	2.00	4.87
	筋間脂肪	0.18	3.33	6.79
	皮下脂肪	0.24	4.75	8.92
ウチモモ	筋肉	0.03	3.03	4.21
	皮下脂肪	0.09	3.12	4.68

表10 リブローズ中の脂肪酸組成及び脂肪融点

調査項目	試験区分				
	MJ0kg区	MJ2kg区	MJ4kg区		
脂肪酸組成 (%)	筋肉	飽和脂肪酸	39.3	38.2	42.9
		一価不飽和脂肪酸	58.7	59.0	54.5
		多価不飽和脂肪酸	2.0	2.8	2.5
	筋間脂肪	飽和脂肪酸	39.1	39.7	35.3
		一価不飽和脂肪酸	58.8	57.5	62.3
		多価不飽和脂肪酸	2.1	2.8	2.5
	皮下脂肪	飽和脂肪酸	35.8	35.1	34.5
		一価不飽和脂肪酸	62.0	61.8	63.1
		多価不飽和脂肪酸	2.2	3.1	2.3
脂肪融点 (°C)	筋肉	32.8	29.1	30.8	
	筋間脂肪	28.0	27.7	27.8	
	皮下脂肪	27.6	25.7	25.0	

た報告では、鶏肉、鶏卵のβ-クリプトキサンチン含量がそれぞれ概ね4~5倍程度増加した<sup>8)</sup>としている。乳牛に対してミカン粕サイレージを乾物あたり20%含有する泌乳牛用混合飼料を給与した報告では、泌乳牛の血中成分や乳量及び主要乳成分含率に影響を及ぼさない一方、血中及び生乳中乳脂肪画分において、β-クリプトキサンチンが顕著に増加したとしており、差別化商品としての可能性を示している<sup>9)</sup>。

本試験では、最大のミカンジュース粕給与は4kgで

あり、乾物あたりでは全飼料乾物量の概ね10%未満である。付加価値的にβ-クリプトキサンチンを増加させるには、1日の給与量を増加するか給与期間を延長させる必要がある。しかし、極端な1日の給与量増加は、濃厚飼料の摂取量を減少することが考えられ、一方、給与期間の延長として若い時期から給与することは、β-クリプトキサンチンがビタミンAの前駆物質であること、また、β-クリプトキサンチンそのものが脂肪低減作用として働く場合があること<sup>10) 11) 12)</sup>から脂肪

表11 ウチモモ中の脂肪酸組成及び脂肪融点

調査項目		試験区分			
		MJ0kg区	MJ2kg区	MJ4kg区	
脂肪酸組成 (%)	筋肉	飽和脂肪酸	37.1	36.2	37.4
		一価不飽和脂肪酸	60.9	61.1	60.2
		多価不飽和脂肪酸	2.0	2.7	2.4
	皮下脂肪	飽和脂肪酸	34.0	32.6	33.0
		一価不飽和脂肪酸	64.0	64.5	64.9
		多価不飽和脂肪酸	2.0	2.9	2.1
脂肪融点 (°C)	筋肉	—	—	—	
	皮下脂肪	26.1	26.4	27.4	

表12 各試験区のpH値

試験区分	試験区分		
	MJ0kg区	MJ2kg区	MJ4kg区
リブローズ	5.69	5.63	5.76
ウチモモ	5.46	5.45	5.44

表13 各部位の色調

部位	項目	試験区分			
		MJ 0 kg区	MJ 2 kg区	MJ 4 kg区	
筋肉	リブローズ	L値	45.7	45.2	48.5
		a値	21.2	21.3	19.8
		b値	5.6	5.7	5.6
	ウチモモ	L値	38.6	39.8	38.6
		a値	22.1	23.8	22.1
		b値	2.2	4.1	2.0
皮下脂肪	リブローズ	L値	78.9	79.9	78.5
		a値	2.4	2.0	2.2
		b値	5.7	6.7	4.8
	ウチモモ	L値	78.4	77.2	75.7
		a値	1.6	3.4	2.4
		b値	4.4	6.1	6.0

※L値:明度(+L 白方向、-L 黒方向) a値:色方向(+a 赤方向、-a 緑方向)  
b値:色方向(+b 黄方向、-b 青方向)

交雑に影響を及ぼすことが考えられる。

#### 4 脂肪の質

各試験区の脂肪酸組成及び脂肪融点を表10及び表11に示した。脂肪酸組成については、飽和脂肪酸及び一価不飽和脂肪酸で顕著な試験区の影響は見られなかったが、多少数値がばらつく傾向が見られた。一方、多価不飽和脂肪酸は、MJ2kg区で高い傾向が認められた。しかし、MJ4kg区とMJ0kg区において差が認められないことから、ミカンジュース粕給与による影響で

はないものと考えられた。

脂肪融点については、かなりばらつきが大きいものの、各試験区間の差は見られなかった。

#### 5 食肉性状

表12に肉のpH及び表13に肉色・脂肪色の影響を示した。

筋肉中のグリコーゲン含量の減少に伴ってpHが上昇し、6を超えると異常肉とされる。MJ4kg区のうち1頭が5.8を超えていたものの、飼養期間通じて飼料摂

取量が少ない個体であり、ミカンジュース粕の影響ではないと考えられた。

色差計による肉色・脂肪色についても、表14のとおり、顕著な影響は見られなかった。但し、皮下脂肪のb値は、MJ4kgのリブローズを除いて+（黄）方向へ傾く傾向が見られており、出荷前に給与したミカンジュース粕による影響ではないかと推察された。

肉色については、トウモロコシや粗飼料の多給<sup>13)</sup>により、デンプンや鉄分の増加により肉色は濃くなることが報告されているが、今回の試験では肉色の濃淡への影響は認められなかった。また、脂肪色については、トウモロコシを給与することにより黄色度が高くなると報告<sup>15)</sup>しており、ミカンジュース粕もカロテノイドを有することから、給与することにより脂肪色の黄色度が増すものと思われた。

#### 参考文献

- 1) 谷口喜代次, 宮澤寿広, 水上清. みかん乾燥果皮給与による乳用去勢牛肥育試験. 畜産の研究 30(7), 885-886. 1976.
- 2) 圓山繁, 酒見武典, 中島宜好, 田口耕太郎, 赤星達正, 井迪. ミカンジュース粕利用による肥育試験. 九州農業研究 40, 184-185. 1978.
- 3) 原田佳典, 野村利定, 関谷正男, 大城健一郎. ミカンジュース粕を用いたコンプリートフィードによる肥育技術. 山口畜産研報 9, 21-28. 1991.
- 4) 安本教博, 竹内昌昭, 安井明美, 渡邊智子. 日本食品標準成分表分析マニュアル. 建帛社. 2006.
- 5) 山崎敏雄. 肥育度と月齢が肉牛の肉量及び肉質に及ぼす影響 (第1報) 黒毛和種去勢牛の体諸器官, 諸組織の発育について. 中国農業試験場報告 B23, 53-85. 1977.
- 6) 向井文雄. アニマルモデル (BLUP 法) による育種価評価. 和牛 175. 16-29. 1991.
- 7) 眞岡孝至. カロテノイドの多様な生理作用. 食品・臨床栄養 2, 1-12. 2007.
- 8) 佐々木健二, 巽俊彰, 西康裕. 温州みかん粕の利用による高β-クリプトキサンチン鶏卵肉の生産技術の開発. 平成19年度三重県科学技術振興センター畜産研究部試験成績報告書, 131-138. 2007.
- 9) Tanaka M, Kamiya T, Suzuki T, Nakai Y. Effect of citrus pulp silage feeding on concentration of beta-cryptoxanthin in plasma and milk of dairy cows. J Anim Sci 81(5), 569-573. 2010.
- 10) 河田照雄, 大山夏奈, 高橋信之. β-クリプトキサンチンによる抗メタボリックシンドローム作用機序の解明. 果樹試験研究推進協議会報 10, 9-11. 2008.
- 11) 大山夏奈. β-クリプトキサンチンと脂肪細胞分化. 果樹試験研究推進協議会報 8, 11-12. 2008.
- 12) 向井克之, 土田隆. うんしゅうみかん由来β-クリプトキサンチンによるヒト体脂肪低減作用について. FOOD Style 21 12(4), 28-32. 2008.
- 13) 道後泰治, 鳥飼善郎, 岡章生. 給与飼料の違いが肥育牛の肉色に及ぼす影響. 兵庫農技研報 31, 53-56. 1995.
- 14) 三橋忠由, 北村豊, 三津本充, 山下良弘, 小沢忍. 黒毛和種去勢牛の脂肪組織における脂肪酸組成並びに色調に及ぼす給与飼料の影響. 中国農研報 3, 71-79. 1988.