

# 放牧や粗飼料多給で生産された牛肉中の遊離アミノ酸や脂肪酸組成の特徴

誌名	肉用牛研究会報
ISSN	03868419
著者名	常石,英作 中西,雄二 平野,清 折戸,秀樹 小路,敦 神谷,充 加藤,直樹 中村,好徳
発行元	肉用牛研究会
巻/号	86号
掲載ページ	p. 22-25
発行年月	2008年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



〔事例報告〕

## 放牧や粗飼料多給で生産された牛肉中の 遊離アミノ酸や脂肪酸組成の特徴

Free amino acids and fatty acid composition in the rib eye muscle from Japanese  
Black steers fattened by grazing or roughage-rich rations

常石英作・中西雄二・平野 清・折戸秀樹・小路 敦・神谷 充・加藤直樹・中村好徳  
Eisaku Tsuneishi, Yuji Nakanishi, Kiyoshi Hirano, Hideki Orito,  
Atsushi Shoji, Mitsuru Kamiya, Naoki Kato, Yoshinori Nakamura

九州沖縄農業研究センター 熊本県合志市 〒861-1192

National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, Koshi-shi, Kumamoto 861-1102

キーワード：放牧，肥育，牛肉，遊離アミノ酸，脂肪酸

Key words : Pasturing, Fattening, Beef, Free amino acid, Fatty acid

### 緒 言

これまでの牛肉評価は脂肪交雑が中心であったが、第九回全国和牛能力共進会鳥取県大会において、脂肪酸の1つであるオレイン酸割合が審査項目になったことを契機に、化学成分に対する関心が高まってきた。一方多様な消費ニーズを背景に、牧草多給や放牧飼養による生産方式が注目されるようになってきた<sup>1)</sup>。そして放牧のみで生産された牛肉の特徴として、抗酸化成分カルノシンや呈味成分である遊離アミノ酸含量の高いことが、半棘筋の調査から明らかにされている<sup>2)</sup>。

消費者を意識した牛肉生産を目指した飼養法の選択において、飼養条件と生産される牛肉の化学成分との関連の解明が不可欠である。ところが、放牧後に自給飼料主体の仕上げ肥育を行った場合の、牛肉中化学成分への影響はほとんど明確になっていない。そこで、放牧終了後にトウモロコシサイレージ主体の仕上げ肥育を行った肉牛のロース芯について、遊離アミノ酸含量と脂肪酸組成を調査し、他の飼養条件で生産されたものと比較し、それぞれの牛肉の化学成分における特徴を紹介する。

### 材料および方法

黒毛和種去勢牛を供試し、1区（慣行区）4頭は濃厚飼料多給で、2区（粗多給区）4頭はオーツヘイ給与による粗飼料多給型飼養で、3区（放牧肥育区）5頭は26.4ヵ月齢まで放牧後に約6ヵ月間のトウモロコシサイレージ主体の仕上げ肥育で、4区（放牧のみ区）7頭は育成期からの周年放牧で、それぞれ出荷まで飼養した。1~4区の出荷月齢は、それぞれ28.0, 27.4, 32.5, 27.1ヵ月齢、出荷体重は723, 677, 550, 500 kgであった。放牧期間中は濃厚飼料無給与とした。出荷前約6ヵ月間のDM粗飼料摂取割合は1区が約10%、2区が28%、3区が73%、4区が100%であった。これら供試牛から屠畜4~6日目にロース芯を採取し、遊離アミノ酸含量と脂肪酸組成を測定した。

遊離アミノ酸類（各種遊離アミノ酸、タウリン、ジペプチドであるカルノシンとアンセリン）の測定方法は以下の通りである。肉1gに対して1.2%スルフォサリチル酸12mlを加え、除蛋白を兼ねた抽出を行い、その上清を分析試料として日立アミノ酸分析計L-8800により定量した。ニンヒドリン試液および緩衝液は和光純薬のL-8500形用の製品を用いた。水分含量は135℃×2時間の通風加熱乾燥によって測定した。脂肪酸組成の測定方法は、ロース芯からクロロホルムで中性脂質を抽出後、0.5 N ナトリウムメトキシドのメタノール溶液を加え50℃×10分間反応させてメチルエステル化

受付 2008年5月16日 受理 2008年10月28日

し、キャピラリーカラムCP-Sil 88 for FAME (0.25mm×50 m, Chrompack) をセットしたガスクロマトグラフGC-2010 (島津製作所) で測定した。脂肪酸割合は、表2に示す合計26種類の脂肪酸ピークより算出した。

各測定値について一元配置分散分析を行った後、各区間をそれぞれt検定(両側分布)で比較した。

### 結果および考察

各区のロース芯における遊離アミノ酸類と水分含量を表1に示した。放牧のみの4区は甘味や旨味を呈するほとんどのアミノ酸で高い値を示したが、代表的なうま味成分であるグルタミン酸含量は低く、半棘筋<sup>2)</sup>と同様の傾向を示した。これに対し3区的全遊離アミノ酸総量は、4区よりも低い値となったが、1,2区との間に違いは見られなかった。一方、3区のグルタミン酸は4区よりも有意に高く、1,2区との間で差が認

められなかった。すなわち、放牧後の仕上げ肥育によってグルタミン酸は高くなったが、アンモニア代謝を通じて相互変換するグルタミンは1区と4区に対して有意に低い値となった。

放牧のみの4区において、コレステロール代謝に関連するタウリンの含量は低かったものの、抗酸化性を有するカルノシンでは高い値を示し、半棘筋<sup>2)</sup>と同様の傾向を示した。タウリンについて3区は、4区よりも有意に高く、2区との間で差が認められなかったが、1区よりは有意に低い値であった。約6歳の去勢山羊を90日間飽食条件で飼育したところ、ロース芯タウリン含量は116mg/100gと維持飼料給与の25mg/100gと比較して有意に高い値を示したことから(未発表:日畜107回大会講演要旨p151)、各区のタウリン含量については栄養条件の反映が考えられる。一方カルノシンについて3区は、4区と同様に高い値を示し、2区、1区の順に低い値となり、タウリンと逆の傾向を示した。

表1 各区の牛ロース芯中遊離アミノ酸、タウリン、ジペプチド含量 (mg/100 g) および水分含量 (%)

平均値±SEM

アミノ酸	略称	<1>慣行 n=4	<2>粗多給 n=4	<3>放牧肥育 n=5	<4>放牧のみ n=7	分散 分析
スレオニン	Thr	3.8 ± 0.2 <sup>b</sup>	4.8 ± 0.2 <sup>a</sup>	4.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	4.6 ± 0.3 <sup>ab</sup>	*
セリン	Ser	3.9 ± 0.3 <sup>b</sup>	5.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	6.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	7.0 ± 0.5 <sup>a</sup>	**
アスパラギン	Asn	4.7 ± 0.4	6.2 ± 0.5	6.2 ± 0.5	5.6 ± 0.4	ns
グルタミン酸	Glu	8.5 ± 0.5 <sup>ab</sup>	9.9 ± 0.5 <sup>a</sup>	8.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	6.4 ± 0.7 <sup>b</sup>	**
グルタミン	Gln	55.1 ± 5.1 <sup>a</sup>	43.8 ± 6.0 <sup>ab</sup>	36.5 ± 5.0 <sup>b</sup>	58.0 ± 3.5 <sup>a</sup>	*
グリシン	Gly	7.4 ± 0.3	7.8 ± 0.4	8.2 ± 0.2	8.9 ± 0.6	ns
アラニン	Ala	33.4 ± 2.1	37.6 ± 1.8	37.1 ± 2.0	41.7 ± 1.9	ns
バリン	Val	4.5 ± 0.3 <sup>c</sup>	5.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	5.8 ± 0.2 <sup>b</sup>	8.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	**
メチオニン	Met	1.1 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.2 <sup>b</sup>	4.2 ± 0.3 <sup>a</sup>	**
イソロイシン	Ile	3.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	4.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	4.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	5.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	**
ロイシン	Leu	5.4 ± 0.2 <sup>b</sup>	7.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	8.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	9.0 ± 0.5 <sup>a</sup>	**
チロシン	Tyr	3.2 ± 0.2 <sup>b</sup>	5.0 ± 0.2 <sup>a</sup>	5.7 ± 0.3 <sup>a</sup>	5.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	**
フェニルアラニン	Phe	3.0 ± 0.1 <sup>b</sup>	4.8 ± 0.1 <sup>a</sup>	5.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	5.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	**
リジン	Lys	7.2 ± 0.5	7.9 ± 0.3	8.2 ± 0.5	7.1 ± 0.5	ns
ヒスチジン	His	2.9 ± 0.2 <sup>c</sup>	3.9 ± 0.3 <sup>ab</sup>	4.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.2 ± 0.2 <sup>bc</sup>	**
全遊離アミノ酸		148 ± 10 <sup>b</sup>	158 ± 10 <sup>ab</sup>	153 ± 6 <sup>b</sup>	182 ± 7 <sup>a</sup>	*
甘味を有するアミノ酸		108 ± 8 <sup>ab</sup>	105 ± 8 <sup>b</sup>	99 ± 6 <sup>b</sup>	128 ± 5 <sup>a</sup>	*
うま味を有するアミノ酸		102 ± 8 <sup>ab</sup>	99 ± 9 <sup>ab</sup>	90 ± 6 <sup>b</sup>	118 ± 5 <sup>a</sup>	*
タウリン	Tau	22.1 ± 1.8 <sup>a</sup>	18.5 ± 1.3 <sup>ab</sup>	16.5 ± 0.7 <sup>b</sup>	9.9 ± 0.8 <sup>c</sup>	**
アンセリン	Ans	82 ± 7 <sup>ab</sup>	79 ± 2 <sup>b</sup>	94 ± 4 <sup>a</sup>	69 ± 4 <sup>b</sup>	**
カルノシン	Car	346 ± 21 <sup>c</sup>	460 ± 16 <sup>b</sup>	547 ± 12 <sup>a</sup>	520 ± 22 <sup>a</sup>	**
水分 (%)		61.8 ± 1.0 <sup>b</sup>	64.6 ± 1.1 <sup>b</sup>	63.1 ± 1.6 <sup>b</sup>	69.8 ± 1.5 <sup>a</sup>	**

甘味 = Thr + Ser + Gly + Ala + Val + Gln  
\*\* : p<0.01 \* : p<0.05 ns : p>0.05

うま味 = Ser + Gln + Glu + Ala + Met + Asp  
同一行内の異符号間に有意差有り (a>b>c)

赤色筋線維割合の高い筋肉部位において、タウリン含量は高く<sup>3)</sup>、カルノシン含量は低いこと<sup>3,4)</sup>が知られている。ところが、3区はBCSが4.6と2区の3.5よりも有意に高く、肉色が濃かったものの、タウリンは低い傾向を、カルノシンは有意に高い値を示した。4区についてはBCSデータがないものの、他の区と比較して肉色は濃かったものと考えられるが、タウリンは他の区よりも有意に低い値を示した。すなわち、赤色度の高い筋肉部位ではタウリンが高くカルノシンが低いものの<sup>3,4)</sup>、飼養条件の違いによって赤色度が高まった場合にはタウリンの低下とカルノシンの増加が認められた。

これらの筋肉中含量に対する影響要因として、鶏のヒナへのβアラニン投与が、カルノシンとβアラニンの上昇とタウリンの低下を導くと報告されている<sup>5)</sup>。本試験における1~4区のβアラニン含量 (mg/100g) はそれぞれ0.97, 1.06, 1.09, 1.25となり、1区と4区の間で有意差が認められた。カルノシンとβアラニンの高い4区でタウリンが低く、1区は4区と対照的な傾向を示した。供試牛20頭について各成分間の相関

係数を求めたところ、βアラニンとタウリン間で-0.526、βアラニンとカルノシン間で+0.514、タウリンとカルノシン間で-0.631と、いずれも統計的に有意となった。βアラニンを投与したわけではないが、鶏の報告<sup>5)</sup>と一致する傾向を示した。

水分含量は4区で高かったが、他の区では有意差が認められなかった。水分含量は脂肪含量と高い負の相関を示し、かつて牛ロース44検体の測定結果から回帰式「粗脂肪%=101.7-1.35×水分%」を算出した(未発表データ)。この回帰式を当てはめると、1~4区の脂肪含量(%)はそれぞれ18.3, 14.5, 16.5, 7.5となり、放牧のみの4区が極端に少なかった。慣行肥育の1区は高い値であったが、近年の慣行肥育牛と比較するとかなり少なめであったと思われる。

各区のロース芯中性脂質画分における脂肪酸組成を表2に示した。放牧のみの4区ではオレイン酸をはじめとする不飽和脂肪酸割合が極めて低く、放牧牛の脂肪酸組成に関する報告<sup>6)</sup>と一致した。放牧後の仕上げ肥育を行った3区のオレイン酸割合は4区よりも有意に高く、1, 2区との間で差が認められなかった。仕上

表2 各区の牛ロース芯中性脂質画分における脂肪酸組成 (%)

脂 肪 酸	通 称	平均値±SEM				分散分析
		<1>慣行 n=4	<2>粗多給 n=4	<3>放牧肥育 n=5	<4>放牧のみ n=7	
C 14:0	ミリスチン酸	2.8 ± 0.3	2.8 ± 0.4	2.7 ± 0.1	2.4 ± 0.1	ns
C 15:0	(ペンタデカン酸)	0.4 ± 0.0 <sup>bc</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	**
C 16:0	パルミチン酸	27.0 ± 1.2	28.4 ± 1.2	26.5 ± 0.8	25.9 ± 0.5	ns
C 17:0	マルガリン酸	0.9 ± 0.1 <sup>bc</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.9 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	**
C 18:0	ステアリン酸	10.0 ± 0.3 <sup>d</sup>	11.7 ± 0.3 <sup>c</sup>	14.2 ± 0.6 <sup>b</sup>	18.3 ± 0.9 <sup>a</sup>	**
C 14:1	ミリストレイン酸	0.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>c</sup>	**
c 9-C 16:1	パルミトレイン酸	4.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.4 ± 0.1 <sup>b</sup>	**
c 11-C 16:1	(ヘキサデセン酸)	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>c</sup>	**
C 17:1	(ヘプタデセン酸)	0.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	**
c 9-C 18:1	オレイン酸	45.3 ± 1.3 <sup>a</sup>	44.9 ± 1.8 <sup>a</sup>	42.4 ± 0.7 <sup>a</sup>	38.1 ± 1.2 <sup>b</sup>	**
c 11-C 18:1	シスバクセン酸	2.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>	1.6 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.4 ± 0.1 <sup>b</sup>	**
t 9-C 18:1	エライジン酸	0.3 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>	**
t 11-C 18:1	トランスバクセン酸	0.9 ± 0.1 <sup>c</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.8 ± 0.3 <sup>a</sup>	**
C 18:2 (n-6)	リノール酸	1.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>c</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>c</sup>	**
C 18:3 (n-3)	αリノレン酸	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	**
c 9 t 11-C 18:2	共役リノール酸 (CLA)	0.3 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	**
側鎖脂肪酸	(脚注参照)	1.3 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.4 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	**
全不飽和脂肪酸		57.5 ± 1.7 <sup>a</sup>	54.5 ± 1.8 <sup>ab</sup>	53.3 ± 0.7 <sup>b</sup>	48.7 ± 1.0 <sup>c</sup>	**
n-6/n-3 比率		15.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	9.0 ± 0.3 <sup>b</sup>	1.9 ± 0.2 <sup>c</sup>	1.3 ± 0.2 <sup>c</sup>	**

側鎖脂肪酸 = isoC 15:0 + anteisoC 15:0 + isoC 16:0 + isoC 17:0 + anteisoC 17:0 + isoC 18:0

その他に C 10:0, C 12:0, C 20:0, C 20:1

\*\* : p<0.01 \* : p<0.05 ns : p>0.05 同一行内の異符号間に有意差有り (a>b>c)

げ肥育によって不飽和脂肪酸割合が上昇するという報告<sup>7,8)</sup>と一致した。

穀物中に多く含まれるリノール酸は、濃厚飼料依存度の高い1区や2区で高い値を示したのに対し、 $\alpha$ リノレン酸は牧草摂取量の多い3,4区で高くなった。その結果、現在の食生活において低いことが推奨されているn-6/n-3比率は3区と4区で低い値を示した。ただし、n-6, n-3それぞれの構成割合は1~2%と極めて少なく、n-3不飽和脂肪酸を多量に含む魚肉を考慮した場合、牛肉でn-6/n-3比率を強調することは適当ではない。

反芻胃内微生物の働きで産生される側鎖脂肪酸やトランス脂肪酸は、3区と4区で高い値を示した。これらは反芻胃内での微生物が合成したものであり、牧草などの繊維質飼料の多量摂取に起因するものと考えられる。近年トランス脂肪酸は、ヒトの血中LDLコレステロールを増加させるとして、摂取量の低減が勧告されている。しかし表2に示すとおり、ヒト体内で不飽和化酵素の作用を受けずトランス脂肪酸として留まるt 9-C 18:1 (エライジン酸)は少なく、不飽和化されて共役リノール酸c 9, t 11-C 18:2に変換されるt 11-C 18:1 (トランスバクセン酸)が主体である。

また、この共役リノール酸も3区と4区で高い値を示した。共役リノール酸は抗ガン作用や脂質代謝への効果が期待されている<sup>9)</sup>。しかし、脂質代謝への効果については異性体であるt 10, c 12-C 18:2に起因し、c 9, t 11-C 18:2には効果がないことが明らかにされている<sup>10,11)</sup>。また抗酸化性や抗ガン作用についても否定する報告が多く<sup>12,13)</sup>、牛脂肪における共役リノール酸であるc 9, t 11-C 18:2の機能性については明確になっていない<sup>14)</sup>。したがって、側鎖脂肪酸、トランス脂肪酸、共役リノール酸c 9, t 11-C 18:2は、n-6/n-3比率の低さと同様、牧草給与の検証手段としての利用の方に意義があるものと思われる。

以上の結果から、飼養条件の違いによる牛肉中化学成分への影響が認められた。放牧のみ区は遊離アミノ酸やカルノシンは多いものの、グルタミン酸、タウリン、オレイン酸は少なかった。放牧肥育区では、放牧

のみ区と比較してカルノシン含量の高さは維持したまま、グルタミン酸などは多くなり、他の飼養方法と差がなくなった。慣行区はタウリンやオレイン酸が多く、粗飼料多給区は慣行肥育と放牧肥育の中間的な特徴を示した。

## 文 献

- 1) 畜産コンサルタント編集部. 畜産コンサルタント, 2008-2月号:39-44. 2008.
- 2) 常石英作・中西雄二・平野 清・小路 敦・松崎正敏・柴 伸弥・神谷 充・折戸秀樹. 西日本畜産学会報, 49:103-105. 2006.
- 3) 渡辺 彰・滝本勇治・西村宏一・常石英作. 日本畜産学会報, 60:303-305. 1989.
- 4) 渡辺 彰・上田靖子・樋口幹人. 畜産草地研究成果情報, 4:175-176. 2005.
- 5) Tomonaga S, Kaji Y, Tachibana T, Denbow DM, Furuse M. *Animal Science Journal*, 76:249-254. 2005.
- 6) Miller GJ, Masor ML, Riley ML. *Journal of Food Science*, 46:1333-1335. 1981.
- 7) 常石英作・西村宏一・滝本勇治. 日本畜産学会報, 60:315-320. 1989.
- 8) Dinius DA, Cross HR. *Journal of Animal Science*, 47:1109-1113. 1978.
- 9) 原 健次. 生理活性脂質—共役リノール酸の生化学と応用. 幸書房, 東京. 2000.
- 10) Park Y, Storkson JM, Albright KJ, Liu W, Pariza MW. *Lipids*, 34:235-241. 1999.
- 11) Brown JM, Halvorsen YD, Lea-Currie YR, Geigerman C, McIntosh M. *Journal of Nutrition*, 131:2316-2321. 2001.
- 12) Leung YH, Liu RH. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48:5469-5475. 2000.
- 13) Cho HJ, Kim EJ, Lim SS, Kim MK, Sung MK, Kim JS, Park JHY. *Journal of Nutrition*, 136:893-898. 2006.
- 14) Raff M, Tholstrup T, Sejrsen K, Straarup EM, Wiinberg N. *Journal of Nutrition*, 136:992-997. 2006.