

黒毛和種牛肉中に含まれるイノシン酸およびグルタミン酸の含有量に 及ぼす各種要因と向上させる飼養条件の検討（第 2 報）

遠藤 彰・田賀 千尋・笹木 教隆

要 約 牛肉中に含まれるイノシン酸およびグルタミン酸含量に影響を及ぼす要因を解明するため、県内で肥育された黒毛和種269頭の胸最長筋を採取し分析を行った。その結果、イノシン酸において雌は去勢に比べ高かった($P < 0.05$)。出荷月齢別のイノシン酸の傾向では24, 25ヵ月齢が27, 28ヵ月齢に比べ高かった。グルタミン酸は24ヵ月齢から26ヵ月齢間で高く、その後28ヵ月齢まで低い傾向にあった。系統間の比較では、イノシン酸とグルタミン酸含量に差はみられなかった。このことから雌牛を25ヵ月齢時に出荷することで、イノシン酸とグルタミン酸の両方が高くなる可能性が示唆された。次に黒毛和種雌牛を用いて飼養条件の違いによってイノシン酸およびグルタミン酸の向上を目的とした肥育試験を行った。試験区は早期肥育区、運動区および対照区の3区を設定し、早期肥育区は11ヵ月齢から肥育飼料の給与を開始し、運動区は500㎡のパドックを併設し、移動距離を計測した。16ヵ月齢時点の体重は早期肥育区が他の2区に比べ高く推移していた。移動距離は運動区が対照区に比べ2倍多かった。

キーワード： イノシン酸，グルタミン酸，出荷月齢，早期肥育

緒 言

近年牛肉のおいしさに関する研究が進められ、牛肉中の不飽和脂肪酸、特にオレイン酸の含有率が注目されている。本県でもオレイン酸含有率等に一定の基準を設け、ブランド牛「若狭牛」の上位ブランドとして平成26年に「三ツ星若狭牛」の販売を開始した。しかし牛肉に対する消費者の嗜好は常に変化しており、オレイン酸の含有率などの脂肪部分だけでなく、赤身部分の美味しさに対する評価が高まってきている。赤身の美味しさの指標としては核酸関連物質である「イノシン酸」や遊離アミノ酸の一種である「グルタミン酸」などが知られており、この2つは食肉の味の中心を形成し、特にグルタミン酸の量が味に大きく影響する。近年、飼養条件と生産される牛肉の化学成分との関連についての研究（常石，2006；常石，2008）がなされているが、その向上因子やメカニズムは解明されていないことが多い。本研究は、イノ

シン酸やグルタミン酸含量に影響を及ぼす要因を調査、分析することを目的として行っており、昨年度は途中経過として平成29年3月までの分析結果を報告した。本年度はさらに分析頭数を増やしたため追加報告するとともに、その分析結果から黒毛和種雌牛を導入し、飼養管理方法によってイノシン酸、グルタミン酸を向上させることを目標とした肥育試験も開始した。

材料および方法

1 イノシン酸とグルタミン酸の分析

(1) 供試牛

県内で肥育され、平成28年4月～平成29年7月までに金沢食肉センターに出荷された黒毛和種の中から屠畜解体後のサンプル採取が可能な枝肉を対象とした。その中から県内での使用頻度の高い種雄牛15頭（気高系6頭、藤良系5頭、兵庫系4頭）を一代祖に持つ枝肉について屠畜後5日から7日目までに

サンプルを採取し真空パック後、15日目まで冷蔵保存(0~2℃)し、15日目以降は-80℃で冷凍し分析に用いた。なお気高系は気高を祖先とする種雄牛とし、兵庫系は田尻・菊美土井・茂金波を祖先とする種雄牛、藤良系は第6藤良を祖先とする種雄牛とした。

(2) 分析方法

サンプルは凍結状態のまま、胸最長筋を切り出し、細かく切断したものを約5g計量し、蒸留水を加え、ホモジナイザー(エースホモジナイザーAM-3; 日本精機製作所, 東京)を用いてホモジナイズした。これを蒸留水で100mLにメスアップし、それぞれ遊離アミノ酸および核酸関連物質の分析に用いた。アミノ酸は島津製作所製のアミノ酸分析HPLCシステムを用い、ポストカラム蛍光誘導体化検出法により分析した。核酸関連物質は島津製作所のHPLCを用いて分析した。カラムにはCOSMOSIL packed column 5C18-PAQ 4.6IDx250mmを用いた。

また、切り出した胸最長筋を細かく刻んだもの5gを用いて水分および粗脂肪含量を分析した。分析方法は牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアル Ver.2 (社団法人畜産技術協会, 2003)に従った。

統計処理にはJMP 11 (SAS Institute)を用いた。

2 肥育試験

(1) 供試牛

宮崎県産の黒毛和種雌牛を9ヵ月齢で導入し、試験に供試した。供試牛の一代祖は耕富士とし、早期肥育区6頭、運動区4頭、慣行区3頭の3つの区を設定した(表1)。

(2) 給与飼料と飼養条件

表1 供試牛の試験区分と血統

NO	試験区	生年月日	父	母の父
1	早期肥育	2016/11/5	耕富士	福桜
2	早期肥育	2016/11/12	耕富士	福桜
3	早期肥育	2016/11/14	耕富士	勝平正
4	早期肥育	2016/11/19	耕富士	美穂国
5	早期肥育	2016/11/19	耕富士	安平
6	早期肥育	2016/11/23	耕富士	福之国
7	運動	2016/11/1	耕富士	福桜
8	運動	2016/11/6	耕富士	安平
9	運動	2016/11/12	耕富士	福桜
10	運動	2016/11/15	耕富士	福之国
11	対照	2016/11/6	耕富士	福安照
12	対照	2016/11/15	耕富士	福之国
13	対照	2016/11/16	耕富士	福桜

配合飼料は県内で普及している飼料を利用し、肥育前期飼料(CP15.0%以上, TDN67.0%以上)、肥育後期飼料(CP12.0%以上, TDN74.0%以上)をそれぞれ用いた。肥育後期飼料給与時は飼料用籾米も併せて給与した。また、加糖加熱処理大豆油かすを9ヵ月齢から16ヵ月齢まで0.2kg/日/頭給与した。

① 早期肥育区

導入後(9ヵ月齢(以下同じ)), 11ヵ月齢まで肥育前期飼料を給与し、11ヵ月齢から肥育後期飼料へ切り替えて肥育を開始した。

② 運動区

常時出入りできる500㎡のパドックを併設し、活動量を計測するため活動量計(AM500N; 株式会社アコズ, 長野)を前肢に装着した。給与飼料は導入後、13ヵ月齢まで肥育前期飼料を給与し、13ヵ月齢から肥育後期飼料へ切り替えて肥育を開始した。

③ 対照区

導入後、13ヵ月齢まで肥育前期飼料を給与し、13ヵ月齢から肥育後期飼料へ切り替えて肥育を開始した。また、運動区と同様に前肢に活動量計を装着し、活動量を計測した。

なお、粗飼料については3区とも12ヵ月齢まで輸入乾牧草(チモシー, クレイングラス, スーダングラス)を飽食, 12ヵ月齢から14ヵ月齢は輸入乾牧草と稲わら(福井県産)を合計4.0kgから2.0kgまで漸減し、16ヵ月齢以降は稲わらを最低1.5kg/日/頭給与した(表2)。

飼料給与は粗飼料, 濃厚飼料ともに毎日2回行った。残飼は毎朝量り, 前日の給与量から残飼量を差し引いた値を飼料摂取量とした。

表2 各試験区の給与飼料体系表

早期肥育区		9	10	11	12	13	14	15	16
月齢									
乾牧草	飽食				3.0	1.5			
稲ワラ			0.5	1.0	1.5		2.0		1.5
前期飼料		4.0			2.5	1.0			
中・後期飼料			0.5	1.5	3.0	5.5	6.5	7.5	
籾米				0.5	1.0		2.0		2.5
ソイプラス		0.1				0.2			
ルーサンベレット				0.1					
運動区、対照区		9	10	11	12	13	14	15	16
月齢									
乾牧草	飽食				3.0	1.5			
稲ワラ				0.5	1.0	1.5	2.0		1.5
前期飼料		3.5	4.0	4.5	5.0	2.5	1.5	1.0	
中・後期飼料						2.5	3.0	4.0	6.0
籾米						1.0	2.0		2.5
ソイプラス		0.1				0.2			
ルーサンベレット				0.1					

運動区と対照区の運動量は活動量計で移動距離を計測した。

(3) 体測および血液生化学検査

体測は月に 1 回実施し、体重、体高、胸囲、体長を測定した。血液検査も月に 1 回実施し、生化学分析装置（富士ドライケム 7000V；富士フィルム株式会社、東京）を用いて総コレステロール、血糖値、GOT、尿素態窒素（BUN）、リン濃度、カルシウム濃度、アンモニア濃度、アルブミン濃度を測定した。

結 果

1 イノシン酸とグルタミン酸の分析

(1) 各諸条件での比較

① 雌雄

イノシン酸では雌が去勢に比べ高かった（ $P < 0.05$ ）ものの、グルタミン酸は雌雄間で差は見られなかった（表 3）。

表3 雌雄別のイノシン酸およびグルタミン酸比較

	n	イノシン酸	グルタミン酸
去勢	193	0.459±0.033 ^a	0.423±0.012
雌	76	0.764±0.053 ^b	0.460±0.019

② 種雄牛の系統間

イノシン酸およびグルタミン酸は三系統間で差はみられなかった。（表 4）

表4 種雄牛別のイノシン酸およびグルタミン酸比較

	n	イノシン酸	グルタミン酸
気高系	108	0.792±0.120	0.459±0.031
但馬系	116	0.585±0.104	0.441±0.034
藤良系	45	0.919±0.149	0.482±0.038

③ 出荷月齢

出荷月齢の傾向をみるために出荷月齢を1ヵ月齢毎に分けて比較したところ、イノシン酸は24、25ヵ月齢が27、28ヵ月齢に比べ高かった（図 1）。グルタミン酸では有意差がなかったものの25、26ヵ月齢で高い傾向にあった（図 2）。

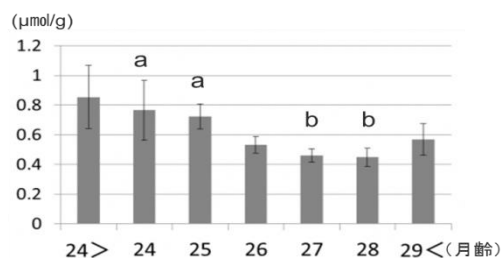


図1 各月齢別のイノシン酸量

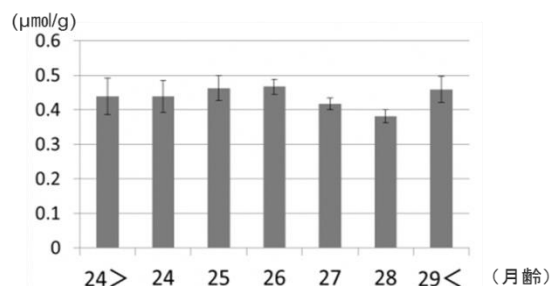


図2 各月齢別グルタミン酸量

2 肥育試験

(1) 体測および運動量

16ヵ月齢時点での平均体重および通算増体量（kg/日）に差は見られなかった（表 5）が、10ヵ月齢から16ヵ月齢において、常に早期肥育区が運動区および対照区に比べ高い傾向にあった（図 3）。体高、胸囲および体長については差は見られなかった。移動距離は運動区が対照区の約2倍多かった（表 6）。

表5 16ヵ月齢時点での体測結果

	早期肥育区	運動区	対照区
体重(kg)	442.8±15.5	423.5±34.7	426±13.9
通算増体量(kg/日)	0.89	0.75	0.79
体高(cm)	123	123	122
胸囲(cm)	182	181	179
体長(cm)	149	148	145

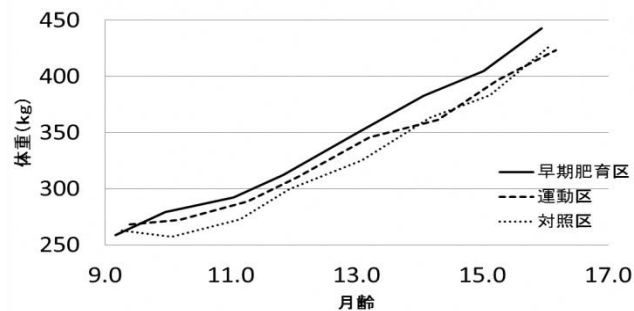


図3 試験区ごとの体重の推移

表6 16ヵ月齢時点での一日当たりの移動距離

	運動区	対照区
移動距離 (m/日)	430	210

(2) 血液生化学検査

総コレステロールは運動区が他の2区に比べて低く推移していたが、14ヵ月齢から差が見られなくなった(図4)。アンモニア濃度も上昇傾向にあり、肥育後期飼料の摂取量の増加に伴い上昇する傾向にあった(図5)。その他の血液成分に関しては各区とも横ばいで推移していた。

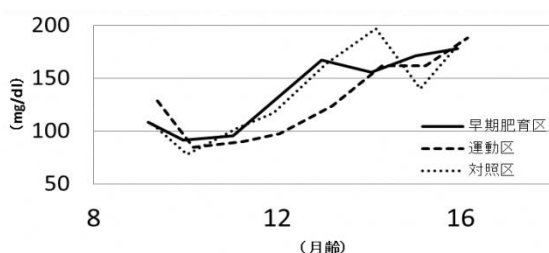


図4 血中総コレステロール濃度の推移

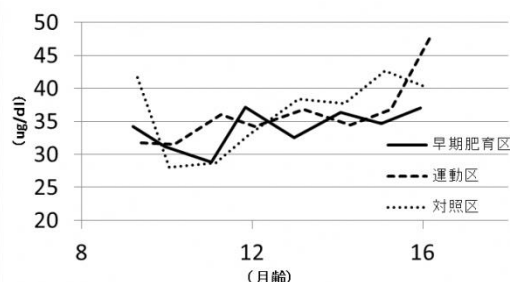


図5 血中アンモニア濃度の推移

考 察

昨年度と同様、性別間はイノシン酸において雌の方が去勢よりも高かった。古賀ら(2009)の報告では雌のサンプル数が少なかった(n=3)ため有意差は見られなかったものの、雌72.0mg/100g、去勢57.5mg/100gで雌の方が高い傾向にあり、今回の結果と同様の傾向にあった。

系統間の比較では差は見られなかったが、齋藤ら(2002)の報告では種雄牛間において僧帽筋中のイノシン酸およびアミノ酸に差が見られたと報告されており、今回の結果と異なった。肉用鶏では脚部と胸部でイノシン酸およびグ

ルタミン酸含量が異なることが報告(唐澤ら, 1989)されており、黒毛和種についても僧帽筋と胸最長筋でイノシン酸およびグルタミン酸含量が異なる可能性が示唆された。

月齢別比較では、イノシン酸は24, 25ヵ月齢が27, 28ヵ月齢よりも高く、出荷月齢が若い方が高い傾向にあった。イノシン酸はAMP-デアミナーゼによってAMPから生成されるが、そのAMP-デアミナーゼの活性は鶏肉では部位による差はなく(Abele et al., 1968)、豚肉でも品種および部位による差はない(Tsai et al., 1972)ことが報告されており、イノシン酸含量はイノシン酸生成の出発物質であるATP生成量の差異によるものと推察される。つまり、月齢が若い個体の方が胸最長筋をより活発に動かすためにATPを生成するので、屠畜後胸最長筋のイノシン酸含量が高かったと考えられる。

次にグルタミン酸については、アミノ酸が生成される過程から考えると、食肉の蛋白質からペプチドを生成するカテプシンB, Lとペプチドから遊離アミノ酸を生成するアミノペプチターゼC, H, Pなど内在性のプロテアーゼが知られている(沖谷, 1996)。このカテプシンとアミノペプチターゼの活性が高い方が遊離アミノ酸は高くなる。渡辺ら(2001)は10ヵ月齢の子牛の方が27ヵ月齢の肥育牛よりも屠殺後の牛肉中アミノペプチターゼの活性が高かったと報告しており、筋肉中のアミノ酸量は成長期に増加することを示唆している。また、鶏においては50%の制限給与により屠畜後の鶏肉中グルタミン酸が29.6%有意に低下したと報告されている(Fujimura et al., 2001)。以上を考慮し、今回24ヵ月齢から26ヵ月齢間で増加傾向にあったのは肥育中期のビタミンA制限期間から、ビタミンAが再添加された肥育後期に移行し採食量が増加したことで栄養状態が改善された。その結果、代償性の発育が促されカテプシンやアミノペプチターゼの活性が高まり、グルタミン酸が増加したと考えられた。

肥育試験では体重の推移において、肥育開始を早めた早期肥育区が他の区よりも高く推移しており、肥育開始時期の異なる区を設定して試験した中武ら(2014)の報告と同様の傾向が見られた。

血液成分では総コレステロールが肥育開始後150mg/dlを超え180mg/dl前後を推移しており, 木村ら (2014) や高橋ら (2001) の報告と同様の傾向を示していた。

Food Sci.,37,612-616.1972
渡辺彰・上田靖子・篠田満・甫立孝一・新宮博行・
櫛引史郎. 牛の品種及び月齢の差が牛肉の
アミノ酸量に及ぼす影響. 東北農業研究成
果情報369-370.2001

文 献

- Aberle, E.D and Merkel, R. A. 5'-Adenylic acid deaminase in porcine muscle. J. Food. Sci.,33, 27-29.1968
- Fujimura S, Sakai F and Kadowaki M. Effect of restricted feeding before marketing on taste active components of broiler chickens. Anim. Sci.j.,72(3):223-229.2001
- 唐澤豊・青木邦之・平方明男. 異なる鶏種の脚筋と胸筋の遊離アミノ酸とプリン化合物. 日本家禽学会誌26巻1号. 1989
- 木村仁徳・内山保彦・佐藤香代子・後藤靖行・金子周義・渡辺誠市. 血液検査成績に基づく管内のいがた和牛肥育の現状分析と課題. 平成26年度新潟県家畜保健衛生業績発表会集録. 2015
- 古賀照章・中島純子・近藤君夫・唐沢秀行. 牛肉の脂肪酸組成およびアミノ酸組成に及ぼす各種要因について. 長野県畜産試験場研究報告. 2009
- 中武好美・鍋倉弘良・竹之山慎一. 肥育開始月齢および出荷月齢の違いが黒毛和種肥育牛に及ぼす影響. 宮崎県畜産試験場試験研究報告第26号. 2014
- 沖谷明紘編. 肉の科学. 朝倉書店59-87.1996
- 齋藤真希・菅和寛・小林正人. 黒毛和種における筋肉遊離アミノ酸組成の遺伝的改良の可能性. 東北農業研究成果情報343-344.2002
- 高橋千賀子・菅原真哉・木村有一・小野秀弥・早坂久範・川名晶子. 黒毛和種去勢牛における1日当りの増体量別の肥育効率および血液成分値. 日本家畜臨床学会誌24 巻 1 号 3-8.2001
- Tsai, R., Cassens, R. G., Briskey, E. J. and Grieser, M. L. Studies on nucleotide metabolism in porcine Longissimus muscle postmortem. J.

**Determination of the factors influence on the content of inosinic acid and glutamic acid
in Japanese Black beef and condition of fattening to improve them
(the 1st report)**

Akira Endo, Chihiro Taga and Kiyotaka Sasaki

Abstract

The aim of this study was to investigate the factors influence on the inosinic acid and glutamic acid contained in beef. The longissimus thoracis muscles of 262 Japanese black carcasses were sampled and used for analysis of inosinic acid and glutamic acid. As the result of this analysis, the carcasses of heifer contained more inosinic acid than that of steers ($P < 0.05$), whereas there was no significant difference within pedigree. The carcass of cattle slaughtered at age 24 and 25 months showed higher content of inosinic acid than that at age 27 and 28 month. The content of glutamic acid was high in the carcass of cattle slaughtered at age between 24 and 26 months, and was less as slaughtered age increased up to age of 28 months; therefore this might indicate that the content of both inosinic acid and glutamic acid in carcass of heifer slaughtered at age 25 months could be high. Following that, we examined whether the conditions of fattening have influences on the content of inosinic acid and glutamic acid in carcass. 3 groups of heifer were set in this study; the earlier fattening group, the exercise group and the control group. The heifer in the earlier fattening group were started feeding fattening fodder at 11 months old and the heifer in the exercise group could move freely in the barn and 500 m² of paddock. The average weight of heifer in the earlier fattening group was the highest in 3 groups at age 16 months. The moved distance of heifer in the exercise group was twice as long as that in the control group.

Keyword: inosinic acid, glutamic acid, slaughtered age, earlier fattening