

飼料学(48)

生産物の品質(4)栄養素による鶏食肉の品質の制御

誌名	畜産の研究 = Animal-husbandry
ISSN	00093874
著者名	藤村,忍 石橋,晃
発行元	養賢堂
巻/号	62巻5号
巻号補足	
掲載ページ	p. 587-594
発行年月	2008年5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



飼料学 (48)

—生産物の品質 IV 栄養素による鶏食肉の品質の制御—

藤村 忍*・石橋 晃**

食肉を始めとして、第一次生産品における低価格の海外製品の輸入が増加し、国内生産者の脅威となっている。多くの場合、価格差が大きく、同一品質での価格競争は難しい。

一方、消費者の立場として製品などに求める価値の多様化が進み、食品においても安全性や独自の品質にこだわった食材には多少の出費は惜しまないという傾向も増えてきている。こうした背景から、高品質化による食肉の差別化は国内生産者にとって有効な手段の一つである。また BSE、口蹄疫、鳥インフルエンザなど家畜に絡んだ一連の問題に消費者は敏感になり、品質への保証がより一層求められている。

これまで食肉生産分野の主たる改良は、遺伝的改良を主体とし、増体重、飼料効率、抗病性といった生産性に重点をおいて進められてきた。このことは蛋白質供給という面で本質的であるが、消費水準の高くなった現在の日本では、食肉が多く生産できたとしても、風味などの品質が他に劣っているのは消費者の購買意欲を高めることは難しい。そこで特殊鶏肉、高品質鶏などの生産が行われている。高品質鶏は素雛生産の両親または父親に日本在来の種鶏を用いて雛の素質そのものから差別化して生産するもの、特殊鶏肉は素雛は通常の素雛を用いるが、自然環境下での放し飼い、飼育日数の延長(出荷日齢)など通常のブロイラー飼育法とは異なる方法によって肉質の改善を図ろうとするものである。

牛肉においては脂肪交雑の観点から育種を中心とした肉質が改良されてきた。高品質の食肉の作出について、一部は実用化されている栄養的制御も少しずつ科学的に解明されてきている。

1 鶏肉の特性

日本の畜産物、特に家禽肉の消費は1日1人当たり50gで、それは全食肉の26%を占めるに至っている。

家禽肉は他の食肉に比べてエネルギーが低い、栄養価が高い。そして他の食肉同様生物価も20~30と高い。さらに、鉄、銅の利用性が高い、またビタミン(V)Dの他にカロシフェロールの5倍の活性のあるハイドロキシコレカロシフェロールは多い。一方、多くのVB群の含量は高いが、VE、パントテン酸、葉酸、ビオチンの含量は低い。

一般的な慢性的疾病の予防として脂肪量、飽和脂肪酸、コレステロールの摂取を減らすことが推奨されている。他の食肉に比べて脂肪含量は少ないが、家禽肉の脂肪の含量は部位によって異なる。100g当り胸肉では2.8、全屠体では10、皮付き脚肉では13、皮膚では70gである。1価不飽和脂肪酸(MUFA)および多価不飽和脂肪酸(PUFA)の含量は多い。

豚肉に見られるPSE(Pale, Soft, and Exudative)は鶏肉でも報告されており、淡く、軟質で滲出性が高い肉は評価が低い。これは見栄えが悪く、加工や保存に適さず、味も劣る。この発生要因として屠畜前のストレスや屠畜後の処理が挙げられている。屠畜前では、飼養環境(温度、湿度、密度など)や輸送方法などが要因であり、VCには暑熱ストレスの緩和効果が報告されており、効果が期待される。またグリコーゲン含量の高い肉はPSEになり易いとする報告もあり、出荷前の飼養・栄養管理による改善の余地がある。

2 食肉の美味さ

図1に示したように食品の美味しさは種々の要因の影響を受ける。しかし、基本的に食品の味は、甘味、塩味、酸味、苦味、うま味の5基本味に、渋味、金属味などの付加的な味が加わって形成される。食肉の味は、グルタミン酸(Glu)とイノシン酸が主体となって形成され、鶏肉での両者の含量は牛肉や豚肉よりも高い。嗜好性試験においても鶏肉は豚肉や牛肉に比べて高い評価をうけている。その他に胸肉ではカリウム、もも肉では乳酸、リンも味の発現

*新潟大学農学部応用生物化学科(Shinobu Fujimura)

** (社)日本科学飼料協会(Teru Ishibashi)

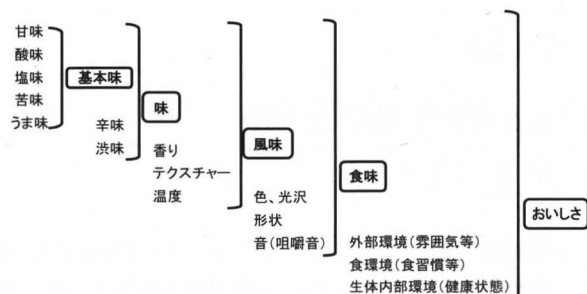


図1 食品の「おいしさ」に関わる要因

に影響する。脂質や脂肪酸はそれ自体は呈味を持たないが、香気に影響する。Gluとイノシン酸は旨味や肉様味という食肉独特の風味に関与する。この2成分の濃度には生時での濃度の他に屠畜後の熟成の進行が関与し、Gluは屠畜後の熟成に伴って増加する。イノシン酸はATP分解により急増し、その後、減少する。鶏肉でイノシン酸の最大濃度に達する時間は、屠殺方法や保存温度などに影響されるが、4℃貯蔵下では半日程度で最大に達する。このように熟成時の呈味成分とテクスチャーなどの変動があるために可食適期(食べ頃)があり、その指標として鮮度(新鮮さ)が用いられている。鮮度の指標であるK値の増加抑制は味の良さに有効であり、K値を調節する飼養・栄養方法の開発が必要である。

3 鶏肉の香気と臭気

鶏肉の香気は、脂肪酸、糖、アミノ酸などにより、メイラード反応などが関与して独特の香気が形成される。鶏肉の脂肪組織の脂肪酸組成は飼料の影響を受け易い。脂肪酸は、飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸からなり、不飽和脂肪酸は融点が低く、中でも不飽和結合を多く含む高度不飽和脂肪酸は融点が低い。そのため、飼料成分によって肉の脂肪酸組成が変動することにより、風味や食感に影響を受け易い。

また、香気は生肉よりも調理加工時や保存後により明確になるため、生肉で風味に影響が生じなくとも、調理後や冷凍保存後に味と香りが低下する場合がある。食肉には獣臭や魚臭がある。肉での不飽和脂肪酸の増加は魚臭発生の一要因となっているが、飼料中の魚油が高水準になると肉のPUFAが増加し、魚臭が発生する。

魚臭はフィッシュミール由来のトリメチルアミ

ンとされる。また、飼料中の塩化コリン、菜種粕のシナピンもその前駆体となる。調理直後の肉の風味が影響されない場合でも、調理から一定時間経過後に風味が低下し、酸敗臭が増加することがある。これらのことから、まず飼料原料における魚臭の発生要因を抑えることが重要である。

また最近、飼育成績や畜産環境の改善などを目的としてハーブなどの新規の飼料原料が利用されてきているが、獣臭の低減効果など、生産物の品質向上の効果も注目されているようである。しかし安全性の観点から含有成分が調べられた例はあるが、肉の風味に対する効果についての報告は少ない。これら新規の原料の中で薬効を有するものは、薬事法によって使用が規制される。そのため飼料には「医薬品の効能効果を標榜しない限り食品と認められる成分本質(原材料)」が原料として使用することができる。ただし、飼料原料としての使用経験のないものについては飼料の安全性評価基準に基づく試験を行った後に使用できることになる。

4 鶏肉の呈味有効成分の調節

化学的分析のみでは味の良否を判定できない。そこで官能試験に頼らざるを得ない。官能評価によって肉の風味を確認する際には前処理(調理)や供試方法などに十分な配慮をすることが必要である。

1) 飼料エネルギーの影響

生体においてアミノ酸は、肝臓、腎臓、脳、腸管、筋肉などの各組織で代謝される。このアミノ酸代謝には組織特異性があり、それにより生体の恒常性を保ち、また機能を発現する。筋肉は体容量の約40%を占め、生体のアミノ酸プールの約80%を有している。またGluは筋肉遊離アミノ酸の中で比較的高濃度に存在するアミノ酸の一つであり、可欠アミノ酸であるが多くの重要な代謝に関与する物質である。まず、鶏肉のGluへの影響する要因についての研究例をみてみたい。

49日齢Cobb系雌ブロイラーに蛋白質、アミノ酸、ビタミンおよびミネラル要求量(NRC 1994)を充足し、ME3.2kcal/g、CP17.6%の基礎飼料を10日間給与した。その後、基礎飼料を100%とし、ME量を80, 100, 120%に設定した区と基礎飼料の50%制限給与区を設けた。

筋肉ではGluはME100%区の135.3μg/gに比較

して、ME80%区は $99.6 \mu\text{g/g}$ 、ME120%区は $132.9 \mu\text{g/g}$ であり、ME80%区は有意に26%低下したが、ME120%区は変動が見られなかった。ME80 および 120%区においても Gln は有意な低下を示したが、他のアミノ酸には有意な変動は見られなかった。

制限区では $74.2 \mu\text{g/g}$ となり、有意に45%低下した。その他 Gln は39%、Arg は64%の有意な低下が見られた。

血漿では、Glu はME100%区の 149.9nmol/mL に対し、ME120%区は 173.7nmol/mL であったが、いずれも有意差は見られなかった。ME80%区では、Phe および His に増加が見られ、ME120%区では、Pro および Phe に減少が見られた。ME80%区は 147.4 、制限区は 148.8nmol/mL であった。

肝臓において最も多いアミノ酸は Glu であった。ME80 と 100%区間に有意差は見られないものの、ME120%区は有意な減少を示した。制限区の Glu は28%の増加を示した。これらは筋肉および血漿とは全く異なる挙動であった。

腎臓においても最も多く検出されたアミノ酸は Glu であった。ME80, 100, 120%区および制限区と間に有意差は見られなかった。また十二指腸においても Glu は最も多いが、区間に有意差は見られなかった。

血漿においては、ME 区間に変動は認められなかった。制限区では必須アミノ酸の低下が見られたが、Glu に変動は認められなかった。また、肝臓遊離 Glu は筋肉と逆の傾向を示し、ME120%区で有意に減少した。

このように ME レベルによる影響は、腎臓および十二指腸では見られず、筋肉および肝臓で示された。これらの結果から、飼料 ME 量の変動によって影響された筋肉 Glu 量は、筋肉と他の臓器では異なる挙動を示し、筋肉での Glu 代謝は他の臓器とは異なる可能性が示された。

Glu は生体に豊富に存在するアミノ酸であり、glutamate dehydrogenase (GDH) により α -ケトグルタル酸 ($\alpha\text{-kg}$) を基質として、またアミノトランスフェラーゼにより各アミノ酸を基質として産生される。飼料中の Glu は、小腸でエネルギー基質として利用されることから、血中に食餌由来の Glu はほとんど出現しない。したがって、飼料 ME 量および飼料制限における筋肉 Glu の変動は、直接的な食

餌 Glu の影響ではなく、生体内に調節機構があることが示された。

また先の Glu の変動が食肉の呈味に影響するか否かを用いて分析型官能評価試験をすると、制限給与および ME100%の鶏肉は2点識別法で、訓練した24名のパネラー24名中23名が呈味の差を認めた ($P<0.001$)。一対比較法から、その差は総合評価およびうま味の差によることが示された。

一方、食肉の呈味には熟成も関与する。そこで熟成前後の物性および pH、レオメーターにより浅胸筋の剪断応力を測定したが、差は見られなかった。このことから ME および制限給与が熟成の進行に対する影響はない、つまり、屠殺直後で見られた Glu などの差は熟成後もそのまま維持されていた。このことから飼料が食肉の呈味に影響することが明らかとなり、食餌制限および ME 量の調節は、呈味の低下を招くことが示された。実用レベルにおいても、低 ME および食餌制限は、呈味の低下を生じる要因と考えられた。

2) 飼料蛋白質による呈味有効成分の調節

28 日齢 Cobb 系雌ブロイラーに基礎飼料は ME3.2kcal/g、CP は 17.6% (100%) とし、基礎飼料の ME 量を維持したまま CP を要求量の 50, 75% に設定した飼料を 10 日間給与した。その結果 CP レベルが 50, 75, 100% と段階的に異なっても、筋肉 Glu 量に変動は見られなかった。このことから CP は非調節性因子と推察された。

しかし、CP を要求量の 150, 175, 200% を給与した場合、総ての高 CP において有意に Glu 量が増加した。特に、CP175%では Glu は64%増加した。他

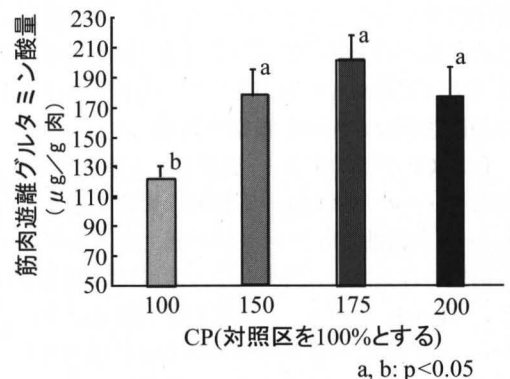


図2 異なる蛋白質レベルの飼料を給与した時の筋肉遊離 Glu 濃度

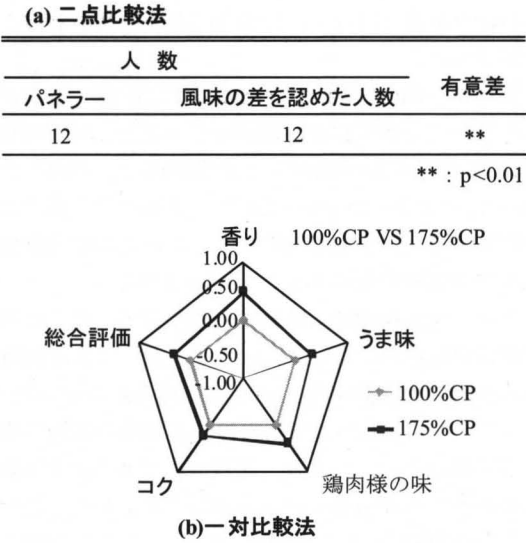


図3 異なる飼料蛋白質量による肉の風味の分析型官能評価

の遊離アミノ酸は、定量した 30 成分の中で Ala, Val, Ile および Lys が有意な増加を示した。血漿中遊離 Glu および筋肉中核酸関連物質には変動が見られなかった。

官能評価試験の結果、二点識別法では、被験者の全員が差を認めた。その差の要因を一対比較法で検討したところ、CP175%はうま味、味の濃さ、酷および総合評価が優るという結果が得られた。呈味有効成分である核酸関連物質に差は認められず、呈味の相違は主に Glu 量の差を反映した。

これらの結果、CP は要求量以下では非調節性であるが、高 CP では効果的に Glu を増加させることが明らかとなった。つまり要求量付近を境界として調節は異なることが明らかとなった。この観点から改めて先述の ME の結果を見ると、飼養標準の基準以下では遊離 Glu の低下要因であるが、基準以上では調節性がないものと推察される。

飼料 CP が増加すると、摂取 Glu も増加するから、筋肉 Glu への食餌 Glu の直接的な影響も考えられる。しかし、食餌性 Glu の 96%は小腸でエネルギーとして消費されるため、門脈血中の濃度に反映されないこと (Reeds ら 1996) 、血漿 Glu も変化しないことから、筋肉 Glu の変動は食餌性 Glu に由来せず、食餌を起因とする蛋白質・アミノ酸代謝の変動によって増加したものと推定された。

3)食餌性アミノ酸による呈味有効成分の制御

食餌蛋白質が Glu 調節に関する可能性が示されたが、それでは調節性アミノ酸ペプチドは存在するのであろうか。分枝アミノ酸 (BCAA) は動物の必須アミノ酸であり、主に筋肉にて代謝される。BCAA は筋肉 Glu 代謝に関与する GDH 活性の調節因子である。食餌性 BCAA、特に鶏筋肉において高い調節性が示された Leu の段階的な給与が、筋肉遊離 Glu 量に与える影響が検討された。

試験飼料の Leu 含量は、NRC (1994) の要求量の 100% (1.09%)、ME3.20kcal/g、CP18%、他のアミノ酸、ビタミンおよびミネラルは要求量を充足するよう調製し、Leu は要求量の 100、130 および 150% に設定した飼料を 28 日齢 Cobb 系雌ブロイラーに給与した。

Leu 含量の増加に伴い、血漿遊離 Leu 量は有意に増加したが、血漿遊離 Glu 量は一定であった。一方、筋肉および血漿遊離 Leu は食餌性 Leu 量を反映し、食餌性 Leu 量の増加に伴い有意に増加した。また、呈味有効成分である筋肉遊離 Glu 量は食餌性 Leu 量の減少に伴い、有意に増加した。市販飼料レベルである Leu130%区に対し、Leu100%区では、Glu 量が 16.6%増加した。Leu150%区では減少し、食餌性 Leu は筋肉遊離 Glu 量に抑制的な効果を持つことが示された。多くの飼料原料には Leu が多量に含まれており、これを用いて配合した一般的な飼料中の Leu 含量は、要求量の 130 から 150%程度となっている。しかし、呈味向上を目的とした食肉生産においては、食餌性 Leu 量を厳密に制御し、低レベルとすることが有効である。ただし現在流通している原料では、現実的には難しい。

筋肉 Glu 量増加が示された Leu100%区と Leu130%区を比較した官能評価試験の二点識別法では、被験者の全員が味の差を認め、一対比較法での評価では、Leu100%区では、うま味、鶏肉様の味

表 1 飼料中の Leu 含量が血漿中のグルタミン酸およびロイシンの濃度に及ぼす影響 (nmol/mL)

アミノ酸	飼料中Leuレベル (NRC要求量の充足率、%)		
	100	130	150
Glu	154.9±5.1	142.6±12	165.4±12.2
Leu	161.7±18.6 ^b	231.4±7.0 ^{ab}	267.7±34.5 ^a

^{ab} 異符号間に有意差 p<0.05

表2 飼料中の Leu 含量が、呈味成分である筋肉中のグルタミン酸および他のアミノ酸量に及ぼす影響 ($\mu\text{g/g}$ 肉)

アミノ酸	飼料中ロイシンレベル (NRC要求量の充足率, %)		
	100	130	150
Asp	34.5 $\pm$ 5.7	38.1 $\pm$ 5.2	35.5 $\pm$ 3.0
Thr	101.4 $\pm$ 7.7	92.0 $\pm$ 22.8	70.0 $\pm$ 5.9
Ser	88.8 $\pm$ 8.4	88.6 $\pm$ 10.1	64.5 $\pm$ 4.3
Glu	168.7 $\pm$ 7.2 ^a	144.7 $\pm$ 7.3 ^b	126.9 $\pm$ 7.3 ^b
Gln	224.5 $\pm$ 13.4	220.4 $\pm$ 12.4	187.5 $\pm$ 16.7
Gly	28.3 $\pm$ 2.6	31.0 $\pm$ 4.1	27.9 $\pm$ 3.1
Ala	132.2 $\pm$ 12.6	123 $\pm$ 15.7	102.2 $\pm$ 11.8
Val	32.0 $\pm$ 5.3 ^a	18.4 $\pm$ 2.1 ^b	9.3 $\pm$ 2.4 ^b
Met	12.6 $\pm$ 1.7	10.2 $\pm$ 1.1	10.1 $\pm$ 1.2
Ile	11.4 $\pm$ 1.3 ^a	6.9 $\pm$ 0.7 ^b	5.1 $\pm$ 0.7 ^b
Leu	13.5 $\pm$ 1.8 ^b	21.3 $\pm$ 1.5 ^a	19.3 $\pm$ 1.4 ^a
Tyr	56.9 $\pm$ 13.4	51.0 $\pm$ 11.7	55.2 $\pm$ 4.3
Phe	17.2 $\pm$ 0.9	16.6 $\pm$ 1.0	15.5 $\pm$ 1.2
His	19.1 $\pm$ 1.4	19.1 $\pm$ 1.7	15.7 $\pm$ 1.5

a,b 異符号間に有意差 $p<0.05$

表3 異なる飼料 Leu 量 (100 と 150%) による肉の分析型官能評価 (二点比較法)

人 数		有意差
パネラー	風味の差を認めた人数	
12	12	**

** : $p < 0.01$

表4 異なる飼料 Leu 量 (100 and 150%) の肉の分析型官能評価 (一対比較法)

	スコア ¹	F-値	有意差 ²
香り	-0.43	4.5	
うま味	0.64	13.5	**
コク	0.14	0.3	
鶏肉様の味	1	84	**
総合評価	0.64	9.72	**

¹ 150%を0とした時の100%の5段階評価 (-2~+2) でのスコア² **: $P<0.01$.

および総合評価の評点が有意に高かった。

4) 調節メカニズムの検討

Glu の増加のメカニズムを検討するため、CP を要求量の 100 および 175% の飼料を給与したときの筋肉の Glu 代謝関連酵素である GDH, glutaminase (GA), glutamine synthetase (GS) および Alanine

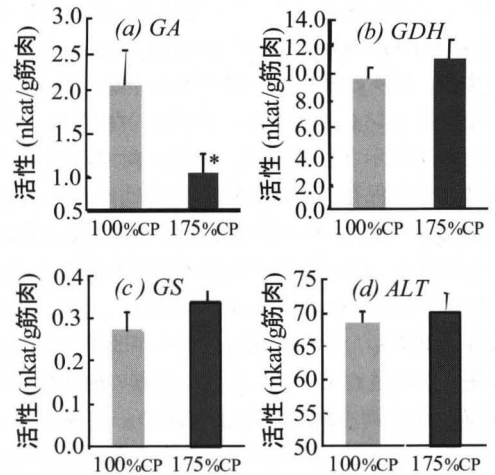
* : $p < 0.05$

図4 異なる蛋白質量の飼料を10日間給与したときの筋肉の Glu 代謝関連酵素の活性

transaminase (ALT) 活性のうち GA は高 CP で活性が有意に低下したが、GA 以外の酵素活性は有意ではないが増加傾向を示した。GA は Gln から Glu への反応の触媒するが、この時、GA の低下と遊離 Glu の増加という矛盾した結果になった。GA 活性の変動は、高 CP 飼料を給与したことにより、遊離 Glu 量が増加することによって GA がフィードバック阻害を受け、活性が減少したと考えられる。

このことを踏まえると、高 CP 飼料により増加した遊離 Glu 量によって GA 活性が阻害を受ける以前の段階において、より好ましい結果が得られる可能性がある。そこで、これまで仕上げ期 10 日間で想定した飼養期間をより短縮し、短期間での遊離 Glu 量の変動を検討すると、より短期間の高 CP 飼料給与で、筋肉中遊離 Glu 量は有意に増加し、その後次第に減少した。

5 脂肪および脂肪酸の影響

DHA や EPA は飼料の含量や組成に応じて腹腔内脂肪や筋肉脂肪での比率が高まることが報告されている。また、脂肪酸の酸化によって風味や栄養価が低下することから、飼料への抗酸化作用を持った原料の利用は風味に影響する。飼料のビタミン E は肉や皮下脂肪の脂質の酸化を抑制するとともに、筋繊維構造を保持して組織構造の安定化をもたらし、

ドリッブを低減させる。また脂質酸化の指標となるTBARS(thiobarbituric acid reaction substance)値を抑制する。各々の効力は一様ではないが、カロテノイドやビタミンC(アスコルビン酸)などにも抗酸化作用効果が示されている。風味に対する影響では、厳密な低温保存下での短期貯蔵ではビタミンEを添加しなくても肉に酸敗臭が発生することはないが、無添加では長期の冷蔵や冷凍保存後の肉の風味が影響され易い。ビタミンEの添加により、脂肪酸敗臭が低下し、肉の嗜好性や香りが改善されることが明らかにされている。一方、脂質の酸化促進作用を持つ鉄や銅を飼料から出荷前の一定期間減少させることにより、調理時のも肉の酸化安定性が向上することも報告されている。

(1) 家禽肉中のPUFAの強化

総ての肉類の組成のうちで蛋白質は遺伝子コードによって決められるが、脂肪は最も変動し易い成分である。家禽の屠体や肉の脂肪の質を改善するために多くの研究がなされてきた。特に、人の健康に良いといわれる不飽和脂肪酸やn-3系の脂肪酸を増やすことに向けられた。しかし、不飽和脂肪酸が増え、脂肪の酸化や栄養面に問題が生じてきた。そこで家禽肉中のVEとPUFAの関係が注目されるようになった。

動物の組織中の脂肪酸は体内での合成による内因性のものと飼料に由来する外因性のものである。PUFAの蓄積のほとんどは飼料に由来するものである。無脂肪の飼料を給与すると脂肪組成は比較的一定になるが、それは種によって違う。脂肪を添加した飼料を給与すると飼料由来の脂肪の蓄積が増え、その組成も飼料由来の脂肪に似てくる。

非反芻動物、特に家禽では飼料中の脂肪組成が体脂肪の組成に影響することが明らかにされている。しかし、飽和脂肪酸は不飽和脂肪酸に比べて変動し易いが、MUFAとPUFAでは応答の仕方は逆である。筋肉内脂肪酸組成は腹腔内脂肪や皮下脂肪のような分離し易い脂肪に比べて少ない。

飼料中の脂肪含量を0から10%に増やすと新生される飽和脂肪は35と17%、MUFAは53と7%に変化した。胸筋では、飽和脂肪酸は39から23%に、全脂肪中のMUFAは42から10%に減少した。

脂肪酸の応答が見られるのには一定の期間が必要である。ブロイラーでは1~2週間かかる。

(2) 飼料中のPUFAによるブロイラーの脂肪蓄積の低減

PUFA含量の多い飼料を給与すると、同水準の飽和脂肪酸含有飼料を給与した場合に比べてブロイラーの体蓄積脂肪が少なくなる。不飽和脂肪酸の方が飽和脂肪酸より代謝エネルギーが高いことを考えると不思議である。

PUFAの含量の多い飼料を給与すると皮下や筋肉内脂肪の脂肪蓄積が減少することは多くの研究者によって観察されている。しかし、胸筋のような組織では脂質画分の修飾能が低いので筋肉内脂肪量は変わらない。結果として、飼料脂肪は組織中の脂肪の蓄積パターンを変える。また、PUFAは肝臓での脂肪新生を減少させ、代謝のリズム特に β 酸化を亢進させる。

(3) 機能性食品としての家禽肉：n3PUFAと共役リノール酸(CLA)の強化

近年、人の健康面から動物由来の動物性食料中のn3, CLA, PUFA含量が注目されている。n3系には必須脂肪酸であり、長鎖脂肪酸、特にエイコサペンタエン酸やドコサヘキサエン酸の前駆体となるリノレン酸が注目されている。家禽の組織では植物由来の脂肪、特にアマニ油を給与するとn3系のリノレン酸からの長鎖脂肪は増加するが、長鎖PUFAは増加しない。肝臓ではリノレン酸はn3長鎖に転換するが、その蓄積は筋肉では栄養的価値はない。長鎖のn3PUFAのエイコサペンタエン酸とドコサヘキサエン酸に富んでいるのは海水魚である。しかし、その利用は最終産物の分解物のために制限される。飼料中の両者とも肉中の含量は飼料中の飽和脂肪酸量(X mg)に比例する($0.51X-0.66$, $0.71X-0.57$)。

脂肪の分解産物の問題を回避するために屠殺前1~2週間飼料中の魚油をアマニ油に切り替えると肉の味が改善され、重要な長鎖n3PUFA量が保持される。

CLA(共役リノレン酸)はリノレン酸の同属のcis-9-trans-11C18:2のプールである。これは活性が高く極めて高く重要である。人の健康、特に石灰沈着の予防、免疫反応の改善、体脂肪含量の低減などにとって効果がある。飼料中のCLAと家禽の肉のCLA含量は直線的な相関がある。

(4) 家禽の肉の不飽和脂肪酸の酸化と分解

PUFAの多い鶏肉では肉の酸化に対する感受性を高める2重結合の多い長鎖脂肪酸の含量が多い。酸化による損傷は貯蔵や調理の条件(時間と温度)によって増加する。脂肪の酸化によって栄養価や嗜好性が減少するだけでなく、有害な物質が生成される。しかし、脂肪の酸化による損傷は抗酸化剤によってある程度は阻止できる。

6) ビタミンの影響

(1) VE

酸化に対する感受性を低下させ、肉質を保持させるために抗生物質が飼料に添加されてきた。近年になってカロチノイド、ビタミンC、セレン、植物からの抽出物など種々の抗生物質に代わりうる物質が検索された。その中で α トコフェロール(α T)が脂肪の酸化防止に最も効果があることが示された。飼料にVEを添加しても別の効果、すなわち栄養素の不足を補うこと、ブロイラー肉の酸化を予防し、食料のVEの良い給源となることなどの効果が見られた。

飼料の脂肪酸の不飽和の程度とVEがそれらの吸収と蓄積および家禽の各組織での酸化の程度に及ぼす影響をPUFAを15~60g/kgと α T 0~400mg/kgを組み合わせて給与して調べたところ、 α Tの見かけの吸収率は変化した、平均42%であった。また、VEと長鎖飽和脂肪酸(PUFAでなく)が増加するとそれらの見かけの吸収率は減少した。これらのことから α Tが小腸で分解されることが α Tの吸収の制限因子であることが示唆された。

家禽肉中の α T含量は飼料への α T添加量が増加すると増加した。脚筋のVE含量は胸筋の1.8~2倍である。

しかし、鶏肉へのVEの蓄積は飼料中のPUFAの含量の影響を強く受ける。飼料中のPUFAが増加すると、鶏肉中の α Tは減少した。PUFAが15~61g/kgの範囲では α Tが10mg/kg増えるごとに鶏肉中の α T含量は1.14mg/kgの割合で増加した。しかし、高PUFA飼料では脚筋での増加は0.6mg/kgであった。 α Tが飼料中に200mg/kgあるとき、PUFAを1g/kgまで増加させると脚筋の α Tは0.42mg/kgの割合で減少した。この結果は吸収、蓄積される間に高PUFAのために α Tが破壊されることを示すもの

である。

α Tは脂肪の酸化を阻止し、酸化の問題を少なくする。 α Tを添加するとTBAS値で見たときの脂肪酸酸化を84~88%予防できるが、200mg/kg以上あってもそれ以上の効果は見られない。

PUFAが酸化の過程で感受性の高いところでVEは保護的な役割を果たす。したがって、不飽和脂肪酸の多い飼料では α Tは欠かせないが、試料中の不飽和の程度によってその添加量を調節する。飼料中のPUFA 1mg当り3.7mg増加する。PUFAが低い場合(15g/kg)脂肪を安定化させるためには飼料中に60mg/kgの α Tが必要である。PUFAが30mgある場合には200mgが必要になる。

6) ミネラル

以上のまとめとして、家禽肉中の脂肪含量ならびにその脂肪酸組成を変えることは可能である。高付加された鶏肉100gでエイコサペンタエン酸+ドコサヘキサエン酸の推奨量の90%を賄うことができる。しかし、飼料中のPUFAが多ければ、鶏肉中でも多くなる。そのときPUFAは酸化されるので α Tの添加が必要になる。しかし、飼料中のPUFAが増えると鶏肉中の α T含量が減る。鶏肉の品質をPUFAを増やすことによって改善するのは逆の結果、特に脂肪の酸化を伴うことになる。

これまで、飼料により肉の味やGlu量は変化しないという知見が一般的であった。これは脂肪酸組成や脂溶性ビタミンなどにより、脂溶性成分の調節、香りや融点、脂質酸化が制御できることとは全く異なるものと考えられてきた。しかし、実際の食肉生産場では、ブロイラーの出荷直前に餌抜きを行っているが、経験的にそれによる体重の減少、および風味の低下が生じると考えている生産者もあり、一部では餌抜きを行う直前に、これらを防ぐ目的で、高栄養価の飼料を給与している例もある。高CP飼料はこれら経験的手法と合致する部分がある。これまでの経験的手法も考慮しつつ、高CP飼料は、環境問題に関わる窒素排泄の減少や、コストの面から適切ではないが、長期間ではなく出荷直前の短期間(10日間以内)で大きな効果を有するという特徴を有する。

栄養素による食肉の呈味制御が明らかとなり、その解析により、これまでの効率のみではなく、代謝と食肉品質の面から動物栄養の最適条件(栄養要求

量)を考慮するという新たな可能性も示され、さらなる鶏肉の高品質化が進み、それが生産者、消費者等の利益となることを期待されている。

参考文献

- 秋葉征夫, 藤村 忍. 2004. 飼料と生産物の品質. 日本飼養標準・家禽 (2004年版). 61-66. 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構.
- Curthoys N. P., and M. Watford, 1995. Regulation of glutaminase activity and glutamate metabolism. *Annu. Rev. Nutr.*, 15:133-159.
- Edmonds M. S., and D. H. Baker, 1987. Effects of fasting on tissue amino acid concentrations and urea-cycle enzymatic in young pigs. *J. Anim. Sci.*, 65:1538-1552.
- 江口淳史・小林希之・丹野史典・伊藤紀美子・酒井史彰・門脇基二・藤村 忍. 2004. 食肉の呈味性向上における飼料蛋白質の効果とその調節機構. 第102回日畜講演要旨, 164.
- Farmer L. J., 1999. Poultry meat flavor. In *Poultry meat science*. Richardson R. I., and G. C. Mead eds. 127-158. CABI Publishing. Wallingford. UK.
- Fujimura S., S. Kawano, H. Koga, H. Takeda, M. Kadowaki, and T. Ishibashi, 1995. Identification of taste-active components in the chicken meat extract by omission test - Involvement of Glu, IMP and potassium ion. *Anim. Sci. Technol.*, 66:43-51.
- Fujimura, S., T. Muramoto, I. Do-ura, H. Koga, H. Itou, N. Tone, M. Kadowaki, and T. Ishibashi, 1997. Effects of feeding area and feed intake on meat compositions and taste relating components of broiler chickens. *Jpn. Poult. Sci.*, 34:373-381.
- Fujimura S., S. Sakai, and M. Kadowaki, 2001. Effect of restricted feeding before marketing on taste active components of broiler chickens. *Anim. Sci. J.*, 72:223-229.
- 藤村 忍・今成麻衣・門脇基二, 2003. 食肉中の遊離グルタミン酸量の増加方法およびそのための飼料. 特許出願第2003-208474号, 新潟 TLO.
- 藤村 忍・今成麻衣・門脇基二, 2004. 家禽又は家畜の食肉中の遊離グルタミン酸量の増加方法およびそのための飼料. 特願第2004-358051号, 新潟 TLO.
- Fujimura, S., A. Eguchi, T. Kobayashi, F. Sakai, and M. Kadowaki, 2004. Regulation of taste-active components of meat by dietary protein levels. *Proc. 50th Int. Cong. Meat Sci. Technol.*, 1280-1281.
- 藤村 忍・渡邊裕也・門脇基二, 2005b. 食肉の呈味成分および/又は風味の増加方法とそのための飼料および飲水. 特願第2005-079375号. 国立大学法人新潟大学.
- Fujimura S., A. Eguchi, T. Kobayashi, F. Sakai, and M. Kadowaki, 2005. Regulation of taste-active components of meat by dietary protein levels-effect of short-time feeding of high protein Diet. *Proc. 51st Int. Cong. Meat Sci. Technol.*, 93.
- 花森清子・門脇基二・藤村 忍, 2000. 飼料制限およびエネルギー量が鶏の筋肉および肝臓アミノ酸に及ぼす影響. 家禽会誌春季大会号, 37: 24.
- 花森清子・門脇基二・藤村 忍, 2001. 飼料エネルギーによる鶏筋肉グルタミン酸量調節機構. 家禽会誌春季大会号, 38: 8.
- 今成麻衣・門脇基二・藤村 忍, 2003. 食餌性分枝アミノ酸による食肉呈味成分量の調節-異なる蛋白質レベルにおける検討-. 日畜第103回講演要旨. 164.
- 家畜改良センター2005 食肉の官能評価ガイドライン 日本食肉消費総合センター. 東京
- Imanari M., M. Kadowaki, and S. Fujimura, 2005. Regulation of taste-active components of meat by dietary branched-chain amino acids: application of branched-chain amino acids antagonism. *Proc. 51st Int. Cong. Meat Sci. Technol.* 52.
- Kato H., M. R. Rhue, T. Nishimura, 1989. Role of amino acids and peptides in food taste. In *Flavor chemistry. Trends and developments*, Teranishi, R., R. Buttery, and F. SHAHIDI eds. 157-174. American Chemical Society. Washington DC.
- 小林希之・門脇基二・藤村 忍, 2002. 鶏筋肉グルタミン酸量の飼料エネルギーによる調節機構. 日畜第100回講演要旨. 199.
- 小林裕之・江口淳史・高野 渉・門脇基二・藤村 忍, 2006. 食肉呈味性に及ぼす飼料蛋白質およびアミノ酸の効果. 日畜第106回講演要旨. 33.
- Linda J. B., R. R. Dale, S. B. Paul, G. B. Werner, A. L. Gilbert, 1978. The effects of fasting on body composition, glucose turnover, enzymes and metabolites in the chicken. *J. Nutr.*, 108:648-657.
- Nishimura T., M. R. Rhue, A. Okitani, H. Kato, 1988. Components contributing to the improvement of meat taste during storage. *Agric. Biol. Chem.*, 525:2323-2330.
- National Research Council, 1994. Nutrient requirements of poultry, 9 ed, National Academy Press. Washington, DC.
- 沖谷明紘 1996. 肉の科学. 沖谷明紘編. 59-87. 朝倉書店. 東京.
- Reeds P. J., D. G. Burrin, F. Jahoor, L. Wykes, J. Henry, and E. M. Frazer, 1996. Enteral glutamate is almost completely metabolized in first pass by the gastrointestinal tract of infant pigs. *Am. J. Physiol.*, 270: E413-418.
- 酒井史彰・門脇基二・藤村 忍, 2002. 仕上げ期ブロイラーにおける鶏肉品質に及ぼす飼料中蛋白質およびエネルギーの影響. 日畜第100回講演要旨. 200.
- 鈴木敦士. 1989. 食肉成分とその機能: 細野明義, 鈴木敦士. 畜産加工. 朝倉書店. 東京.
- Swierczynski J., Z. Bereznowski, and W. Makarewicz, 1993. Phosphate-dependent glutaminase of rat skeletal muscle. Some properties and possible role in glutamine metabolism. *Biochimica et biophysica acta*, 1157: 55-62.
- 竹内拓郎・門脇基二・藤村 忍, 2002. 鶏もも肉の呈味有効成分の特定および飼育条件に伴う変動性の検討. 日畜第100回講演要旨. 200.
- Watanabe, Y., M. Ikeda, M. Kadowaki, and S. Fujimura, 2005. Regulation of Taste-Active Components of Meat by Dietary Lysine Levels. *Proc. 51th Int. Cong. Meat Sci. Technol.*, 34.
- Yamaguchi S., 1967. The synergistic taste effect of monosodium glutamate and disodium 5' - inosinate. *Journal of Food Science*, 32: 473-478.
- Yamaguchi S., 1998. Basic properties of umami and its effects on food flavor. In *Food reviews international*. Teranishi R, I. Hornstein, and K. H. Engel eds. 139-176, Marcel Dekker, New York.
- Zhou, X., and J. R. Thompson, 1996. Regulation of glutamate dehydrogenase by branched-chain amino acids in skeletal muscle from rats and chicks. *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, 28: 787-793.