

長野県産の食肉の遊離アミノ酸

近藤 君夫

長野県工業技術総合センター 食品技術部門

要約

鶏肉、豚肉及び牛肉の遊離アミノ酸としては、グルタミンが畜種を問わず最も豊富なアミノ酸であった。次にアラニン、グリシン及びセリンなど甘味系のアミノ酸が多く、肉のおいしさの基となっていることが推察された。また、鶏肉はタウリンが203mg/100gと魚介類に準じて豊富に含まれていた。抗酸化力のあるジペプチドであるアンセリンとカルノシンも豊富で、アナセリンは鳥類の鶏肉に多く、カルノシンは哺乳類の豚肉と牛肉に多く含まれていた。

はじめに

おいしさに対する人間の欲望には、計り知れないものがある。科学が発達した現在においても、おいしいということは科学的に解明され尽くされたとは言いきれない。食経験とか体調といった個別的な点はさておき、おいしいということの必要条件には、「うまみ成分が豊富」又は「うまみ成分のバランスがいい」ということがあげられる。うまみは日本人が発見し、世界に提起したおいしさに関係する味のひとつであり、うまみ成分として、グルタミン酸のようなアミノ酸系のものと、イノシン酸に代表される核酸系のものが主要な成分として知られている。動物性タンパク質源である食肉は、うまみアミノ酸であるグルタミン酸やアラニンなどを豊富に含んでいる食品として広く認識されているが、十分なデータがあるわけではない。そこで、安全・安心こだわり畜産サポート事業の一環として、鶏肉、豚肉、牛肉について、その遊離アミノ酸を調査することとなり、畜種や飼育齢などについて興味ある結果を得たので報告する。

材料および方法

1 分析試料

畜肉の遊離アミノ酸は、屠殺後の時間により激しく変化することが知られているので、今回の調査では死後の変化の少ない試料を対象とすることとし、屠殺後できる限り短い時間で前処理を行った。

2 試料の前処理

生の畜肉に4倍量の2%スルホサリチル酸を加え、ホモゲナイズし凍結保存した。ここまでの処理は、松本家畜保健衛生所で分担し、凍結試料を宅配便にて工業技術総合センター食品技術部門（平成16年度当時は組織改革前の食品工業試

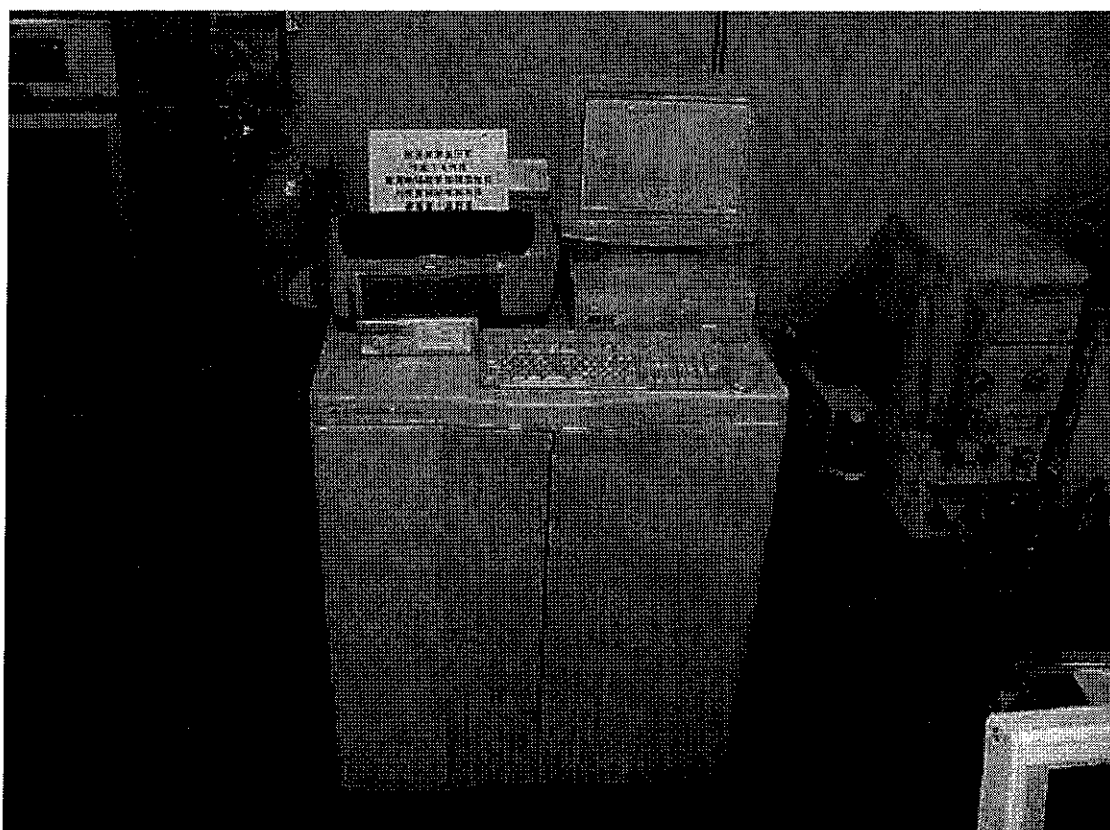


写真1 分析に使用した L-8800 形アミノ酸分析計（日立製）

験場）に冷凍移送し-20℃以下にて保存した。分析直前に室温で解凍し、3000rpmで 10 分間遠心分離して変性タンパク質や脂肪を含まない中間層を、さらに 10000rpm で遠心分離して得られる透明層を、5 倍抽出液としてアミノ酸分析の試料とした。

3 アミノ酸分析

遊離アミノ酸分析は、(株)日立ハイテクノロジーズ製アミノ酸分析計 L-8800 形（写真 1）を使用した。前処理で得られた 5 倍抽出液の 5 μ l を、アミノ酸分析計に注入し、得られたクロマトグラムの各アミノ酸のピーク強度を標準アミノ酸のピーク強度と比較算出した。なお、アミノ酸分析は、加水分解物用及び生体液遊離アミノ酸分析用の専用分離カラムとそれぞれ専用分離プログラムがあり、分析目的により選択できるようになっている。1 試料あたりの分析時間は、加水分解物用プログラムでは 51 分（溶出時間 30 分）と短時間であるのに対し、生体液遊離アミノ酸用プログラムでは 150 分（110 分）と長時間を要するものの、生体中のほぼ全ての遊離アミノ酸の分析が可能となっている。食肉の遊離アミノ酸が、加水分解物の条件で可能であるならば、分析時間や経費の点から好ましいことであるのでその可能性を検討した。

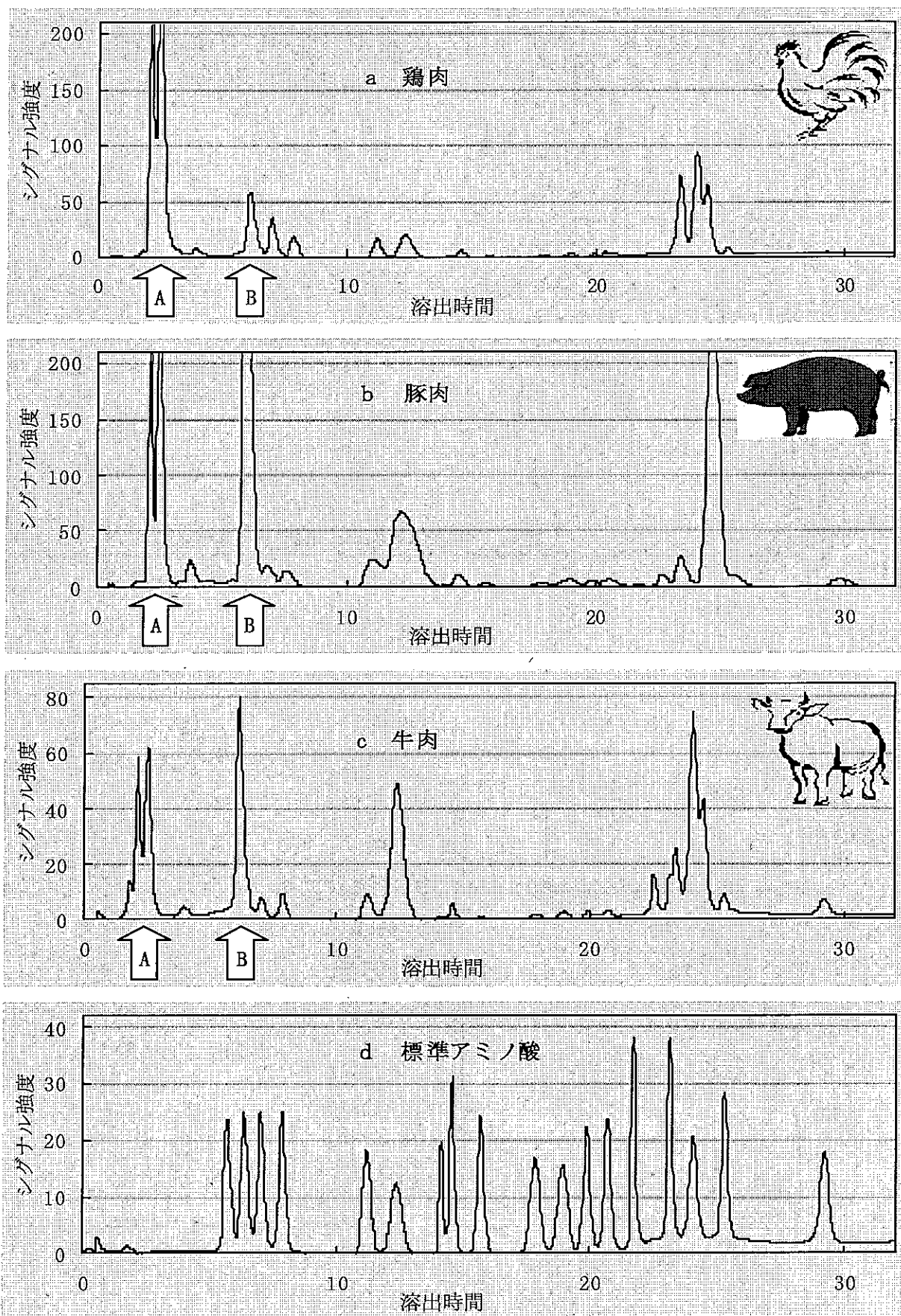


図1 鶏肉、豚肉、牛肉の加水分解物カラム・プログラムによる分析例

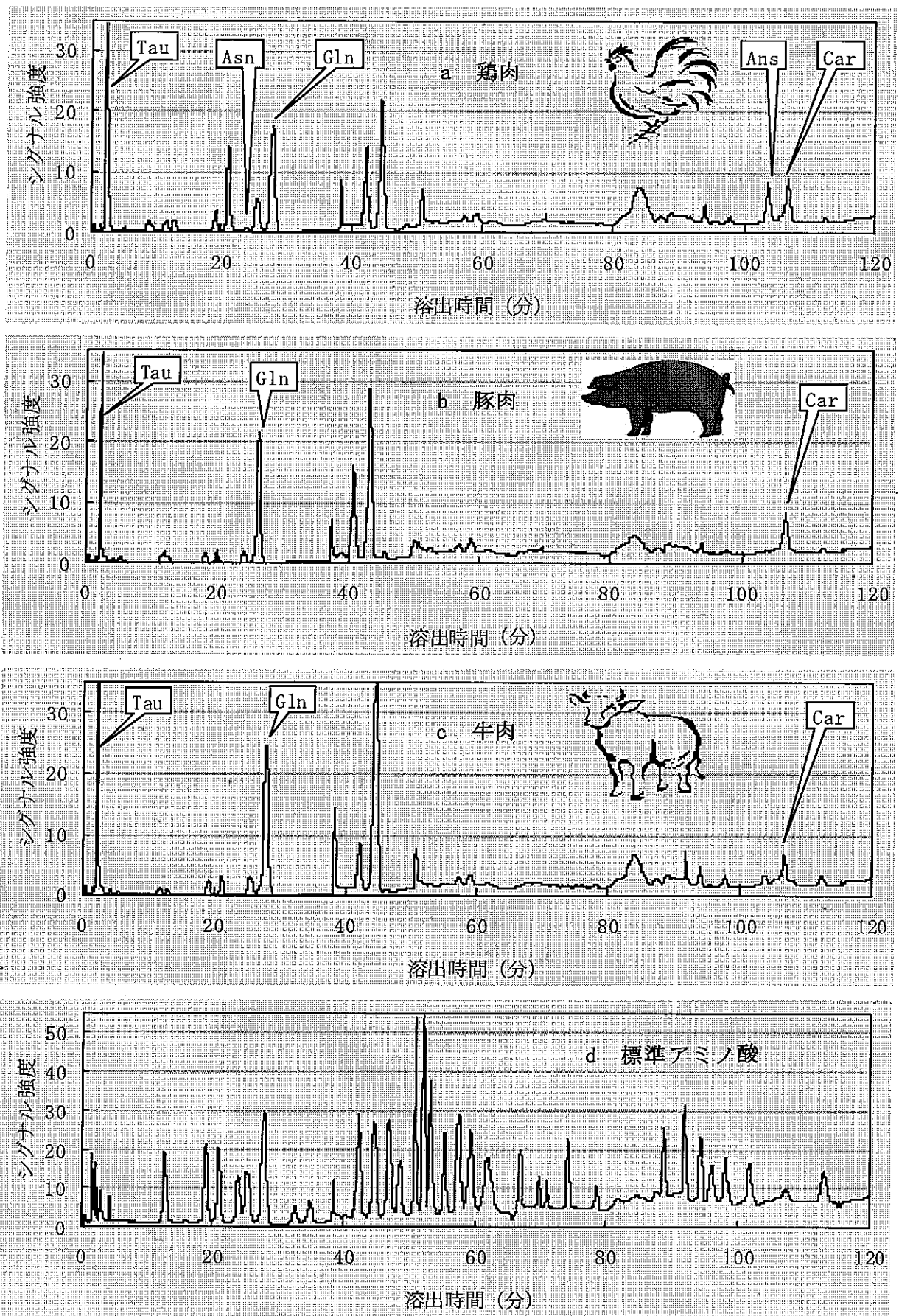


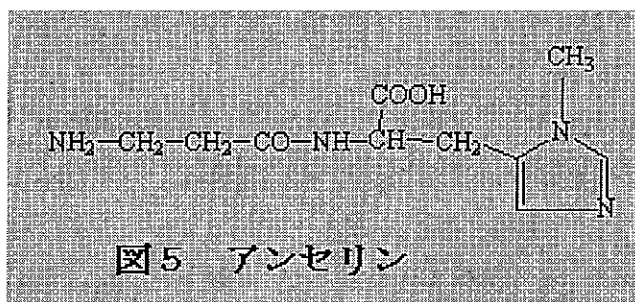
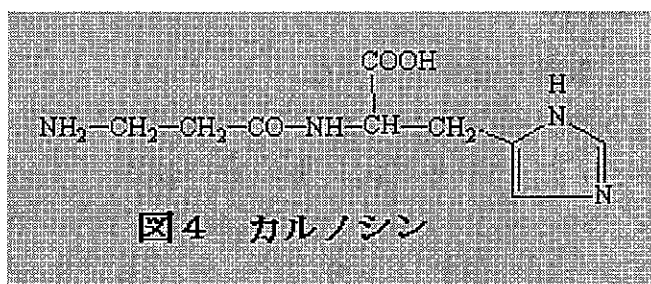
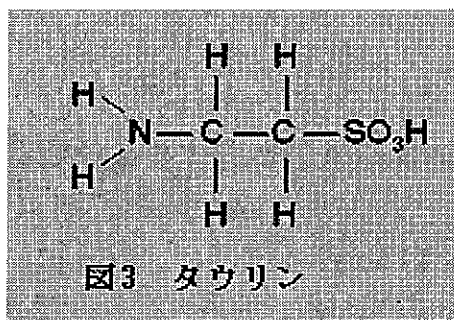
図 2 鶏肉、豚肉、牛肉の生体液遊離アミノ酸分析条件による分析例

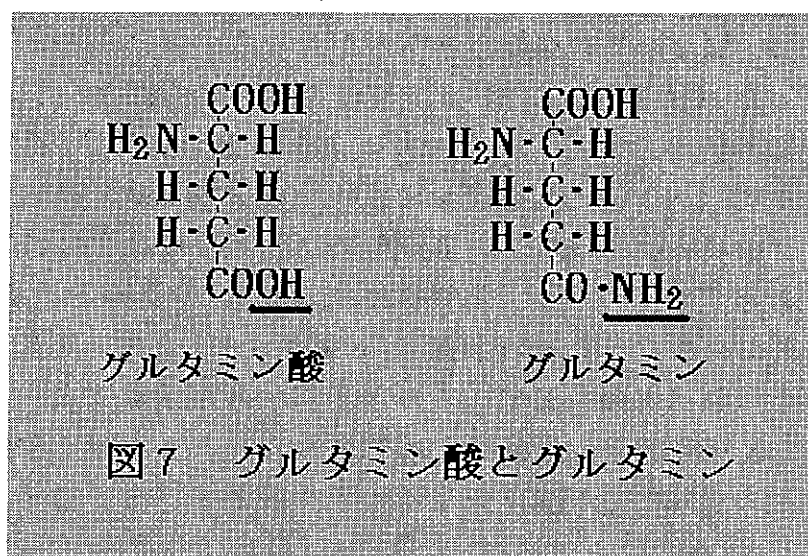
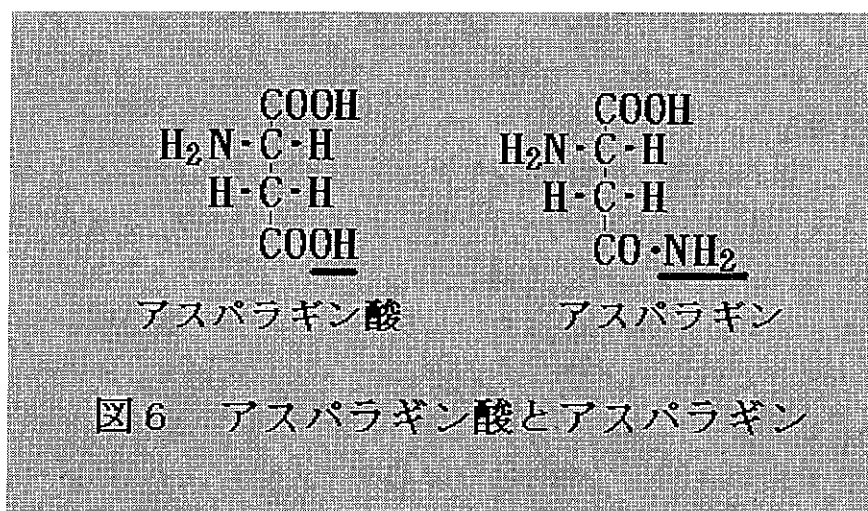
成 績

1 分析法の検討

鶏肉、豚肉、牛肉の加水分解物用カラム・プログラムによる分析例を図1 a～bに、標準アミノ酸の溶出パターンを図1 dに、また、生体液遊離アミノ酸分析用カラム・プログラムによる分析例を図2に示した。

鶏肉、豚肉、牛肉とも加水分解物用の分析条件では、2分付近に溶出する酸性の強いアミノ酸（ピーク A）や、スレオニン、セリン付近に溶出するアスパラギンやグルタミン等のアミド体のアミノ酸（ピーク B）の分離が不完全で、その含有量が多いにも拘わらず、この条件では測定できないことが明らかとなった。一方、生体液遊離アミノ酸用の分析条件では、酸性アミノ酸は保持時間からタウリン（化学構造式：図3）であることが明らかとなり、特に鶏肉には多く含まれていることが判った（図2 Tau）。また、遊離アミノ酸ではないが、この条件でアルギニンの前に溶出するジペプチド（アミノ酸が2つ結合した化合物）であるカルノシン（化学構造式：図4）やアンセリン（化学構造式：図5）が検出されることが判った（図2 Car、Ans）。加水分解物用の条件では分離できないアミド体のアミノ酸であるアスパラギン（化学構造式：図6）やグルタミン（化学構造式：図7）もグルタミン酸のそれぞれ前後に分離溶出するので、定量分析が可能であることが判った（図2 Asn、Gln）。このように生体液遊離アミノ酸用の分析法を適用すると、加水分解物用の分析法では得られない多くの成分に関する情報が得られることが判ったので、本調査事業では生体液遊離アミノ酸分析法を採用することとした。





2 鶏肉の遊離アミノ酸

鶏肉試料 48 点の遊離アミノ酸の分析値を、試料 100 g 当たりの mg 数で表 1 に示した。鶏肉で含有量の多い遊離アミノ酸は、タウリン (203mg)、グルタミン (39mg)、アラニン (20mg)、グルタミン酸 (15mg)、セリン (10mg) などであった。また、ジペプチドであるアンセリン (306mg)、カルノシン (71mg) も多く、特にアンセリンがカルノシンの 4 倍以上含まれていた。

3 豚肉の遊離アミノ酸

豚肉試料 49 点の遊離アミノ酸の分析値を、試料 100 g 当たりの mg 数で表 2 に示した。豚肉で含有量の多い遊離アミノ酸は、グルタミン (42mg)、タウリン (31mg)、アラニン (18mg) などであった。また、ジペプチドであるアンセリン (14mg)、カルノシン (402mg) も多く、豚肉の場合は、アンセリンよりカルノシンが 30 倍近く含まれていた。

表1 鶏肉の遊離アミノ酸含有量

(mg/100g)

略号	成分名	最大	最小	平均	標準偏差	バラツキ CV%
Tau	タウリン	368.02	69.77	203.21	79.98	39.4
Asp	アスパラギン酸	11.79	1.17	3.17	1.94	61.2
Thr	スレオニン	10.06	3.05	4.69	1.43	30.5
Ser	セリン	21.90	4.77	10.31	3.78	36.7
Asn	アスパラギン	6.64	1.68	3.24	1.09	33.7
Glu	グルタミン酸	39.44	6.14	14.51	6.93	47.8
Gln	グルタミン	81.63	13.49	38.78	13.41	34.6
a-AAA	α -アミノ安息香酸	1.94	0.00	0.08	0.37	485.3
Gly	グリシン	22.03	5.45	9.90	3.72	37.6
Ala	アラニン	49.76	12.50	20.11	6.26	31.1
a-ABA	α -アミノ酪酸	1.62	0.00	0.34	0.41	119.2
Val	バリン	4.80	1.09	3.46	0.75	21.8
Cys	シスチン	2.37	0.00	0.16	0.57	345.0
Met	メチオニン	2.03	0.00	0.39	0.55	141.0
Cysthi	シスタチオニン	1.50	0.00	0.66	0.59	90.4
Ile	イソロイシン	2.79	0.75	1.37	0.38	28.0
Leu	ロイシン	4.73	0.00	2.24	0.69	30.8
Tyr	チロシン	4.48	0.00	2.03	0.82	40.4
Phe	フェニルアラニン	3.02	0.00	0.06	0.44	692.8
b-Ala	β -アラニン	21.13	0.00	6.12	4.70	76.7
g-ABA	GABA	1.40	0.00	0.06	0.27	485.0
NH3	アンモニア	25.39	4.89	8.44	3.40	40.3
Hylys	ヒドロキシリジン	2.69	0.00	0.18	0.60	340.2
Lys	リジン	10.63	0.00	4.65	2.43	52.3
His	ヒスチジン	5.61	0.00	2.28	1.52	66.8
Ans	アンセリン	783.28	171.27	305.72	114.40	37.4
Car	カルノシン	167.98	42.97	70.89	23.79	33.6
Arg	アルギニン	8.81	0.00	3.54	1.75	49.3
Hypro	ヒドロキシアロシン	0.00				
Pro	プロリン	0.00				

4 牛肉の遊離アミノ酸

牛肉試料 27 点の遊離アミノ酸の分析値を、試料 100 g 当たりの mg 数で表 3 に示した。牛肉で含有量の多い遊離アミノ酸は、グルタミン (78mg)、タウリン (48mg)、アラニン (31mg) などであった。また、ジペプチドであるアンセリン (61mg)、カルノシン (110mg) も多く、牛肉の場合は、カルノシンがアンセリンの 2 倍程度であった。

5 畜肉間の比較

3 種類の畜肉を比較すると、鶏肉のタウリン (Tau) の含有量が高いのが目立つ。また、ジペプチドであるアンセリン (Ans) とカルノシン (Car) が、鶏肉

表2 豚肉の遊離アミノ酸含有量

(mg/100g)

略号	成分名	最大	最小	平均	標準偏差	バラツキ CV%
P-Ser	ホスホセリン	2.29	0.00	0.86	0.35	40.1
Tau	タウリン	137.61	6.43	31.44	27.21	86.5
PEA	叔ヒタルアミン	0.50	0.00	0.04	0.13	301.0
Urea	尿素	32.12	0.00	10.76	6.47	60.1
Asp	アスパラギン酸	9.23	0.00	0.87	1.35	156.4
Thr	スレオニン	4.88	1.32	2.62	0.68	26.1
Ser	セリン	7.20	1.67	3.09	0.91	29.3
Asn	アスパラギン	1.58	0.05	0.66	0.31	47.3
Glu	グルタミン酸	15.76	1.57	5.01	2.98	59.4
Gln	グルタミン	164.68	10.41	42.39	41.31	97.4
a-AAA	α -アミノアズピン酸	1.16	0.00	0.35	0.30	85.1
Gly	グリシン	15.20	6.42	8.84	2.07	23.4
Ala	アラニン	37.35	9.40	17.70	6.79	38.4
Cit	シトルリン	2.96	0.00	0.94	0.67	71.0
a-ABA	α -アミノ酪酸	0.52	0.00	0.20	0.12	59.1
Val	バリン	5.24	0.86	4.07	0.85	20.8
Cys	シスチン	4.36	0.00	1.24	1.35	109.1
Met	メチオニン	2.39	0.00	0.73	0.80	109.9
Cysthi	シスタチオニン	0.86	0.00	0.38	0.32	84.4
Ile	イソロイシン	2.90	0.00	1.71	0.65	37.7
Leu	ロイシン	4.65	0.00	2.73	1.10	40.4
Tyr	チロシン	3.85	0.00	1.78	1.16	65.4
Phe	フェニルアラニン	3.85	0.00	2.04	0.90	43.9
b-Ala	β -アラニン	8.55	2.46	5.00	1.23	24.7
b-AiBA	β -アミノ-i-酪酸	1.89	0.00	0.54	0.56	103.8
g-ABA	GABA	1.25	0.00	0.52	0.27	52.3
EOHNH2	エノールアミン	8.40	0.33	0.75	1.13	150.5
NH3	アンモニア	20.03	4.57	8.31	2.50	30.1
Hvlvs	ヒドロキシリジン	2.11	0.79	1.61	0.28	17.5
Orn	オルニチン	1.02	0.25	0.43	0.14	33.1
Lys	リジン	7.13	1.50	3.78	1.21	32.1
Imehis	1-メチルヒスチジン	1.40	0.00	0.15	0.31	201.9
His	ヒスチジン	7.00	1.07	1.89	0.84	44.6
Ans	アンセリン	24.37	0.00	14.25	7.03	49.3
Car	カルノシン	611.24	86.21	402.68	137.28	34.1
Arg	アルギニン	5.79	1.39	2.65	0.90	33.8
Hypro	ヒドロキシプロリン	3.55	0.00	0.12	0.59	504.1
Pro	プロリン	7.57	0.00	2.95	1.69	57.1

ではアンセリンがカルノシンより4倍以上多いのに対し、豚肉ではカルノシンがアンセリンより30倍近く多く、牛肉も豚肉ほどではないがおよそ2倍の含有量を示していた。その他のアミノ酸では、畜種間の大きな差は認められなかったが、鶏肉でセリンが多く、豚肉でアミノ酸ではないが尿素が多く、牛肉でグルタミン、アラニン、オルニチンが多い傾向が認められた(図8)。なお、グルタミンなどは非常に不安定で分解しやすいといわれており、また、肉は屠殺した直後より、

表3 牛肉の遊離アミノ酸含有量

(mg/100g)

略号	成分名	最大	最小	平均	標準偏差	バラツキ CV%
P-Ser	ホスホセリン	2.92	0.00	0.45	0.99	218.5
Tau	タウリン	125.65	14.24	48.11	26.51	55.1
Urea	尿素	64.60	0.00	2.39	12.43	519.6
Asp	アスパラギン酸	4.23	0.00	1.26	1.22	97.0
Thr	スレオニン	3.46	1.19	2.08	0.64	31.0
Ser	セリン	4.92	2.03	3.13	0.91	29.1
Asn	アスパラギン	2.91	0.12	1.78	0.77	43.3
Glu	グルタミン酸	18.22	2.81	7.22	4.09	56.6
Gln	グルタミン	339.25	25.53	77.71	68.09	87.6
Gly	グリシン	5.87	2.24	3.77	0.89	23.5
Ala	アラニン	51.21	17.58	31.41	9.30	29.6
α -ABA	α -アミノ酪酸	1.81	0.00	0.22	0.54	239.8
Val	バリン	4.17	1.52	2.76	0.51	18.6
Cys	シスチン	1.62	0.00	0.10	0.38	364.5
Met	メチオニン	0.99	0.00	0.25	0.40	158.9
Cysthi	シスタチオニン	0.93	0.00	0.08	0.21	273.9
Ile	イソロイシン	2.19	0.91	1.46	0.36	24.4
Leu	ロイシン	2.93	1.13	1.89	0.45	23.8
Tyr	チロシン	2.10	0.61	1.53	0.32	21.3
Phe	フェニルアラニン	2.53	0.00	0.39	0.86	218.6
β -Ala	β -アラニン	4.94	0.00	0.76	1.63	215.9
γ -ABA	GABA	2.48	0.00	0.47	0.85	179.5
EOHNH2	エーノール	1.90	0.00	0.14	0.50	360.3
NH3	アンモニア	25.33	4.58	9.63	5.18	53.8
Orn	オルニチン	26.28	1.63	5.88	5.21	88.7
Lys	リジン	11.13	2.15	4.03	1.93	48.0
His	ヒスチジン	4.24	0.00	2.66	0.96	36.2
Ans	アンセリン	252.63	8.11	61.08	51.48	84.3
Car	カルノシン	302.97	38.42	110.37	57.10	51.7
Arg	アルギニン	9.54	0.00	4.10	2.42	59.0
Hypro	ヒドロキシプロリン	0.00				
Pro	プロリン	0.00				

熟成により遊離アミノ酸が数倍に増え、うまみも増加するというのが一般的な認識である。今回の調査では、熟成の影響をできるだけ少ない試料を対象としたが、おいしい肉の評価をする場合、どの段階の試料を分析対象とすべきか今後の課題である。

6 鶏の飼育日数と飼育密度が遊離アミノ酸に及ぼす影響

鶏の飼育日数で遊離アミノ酸に影響が見られたものは、タウリン (Tau) が飼育日数とともに増加する傾向が認められたほか、アスパラギン (Asn)、グリシン (Gly)、リジン (Lys)、アルギニン (Arg) が逆に飼育日数とともに減少する傾向が認められた (図9)。また、アミノ酸ではないが、アンモニア (NH₃) やジペプチドのアンセリン (Ans) 及びカルノシン (Car) も同様に飼育日数と

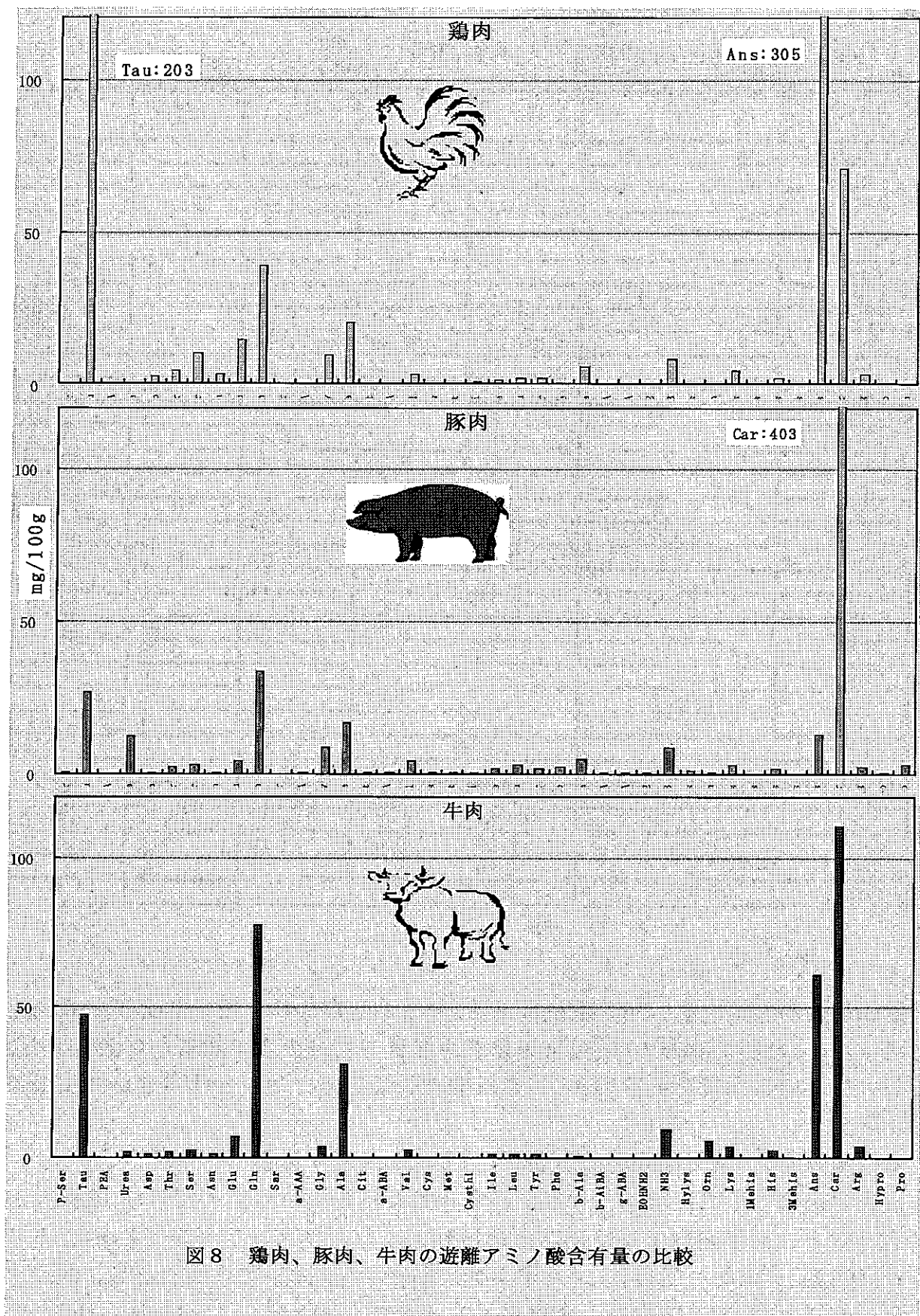


図8 鶏肉、豚肉、牛肉の遊離アミノ酸含有量の比較

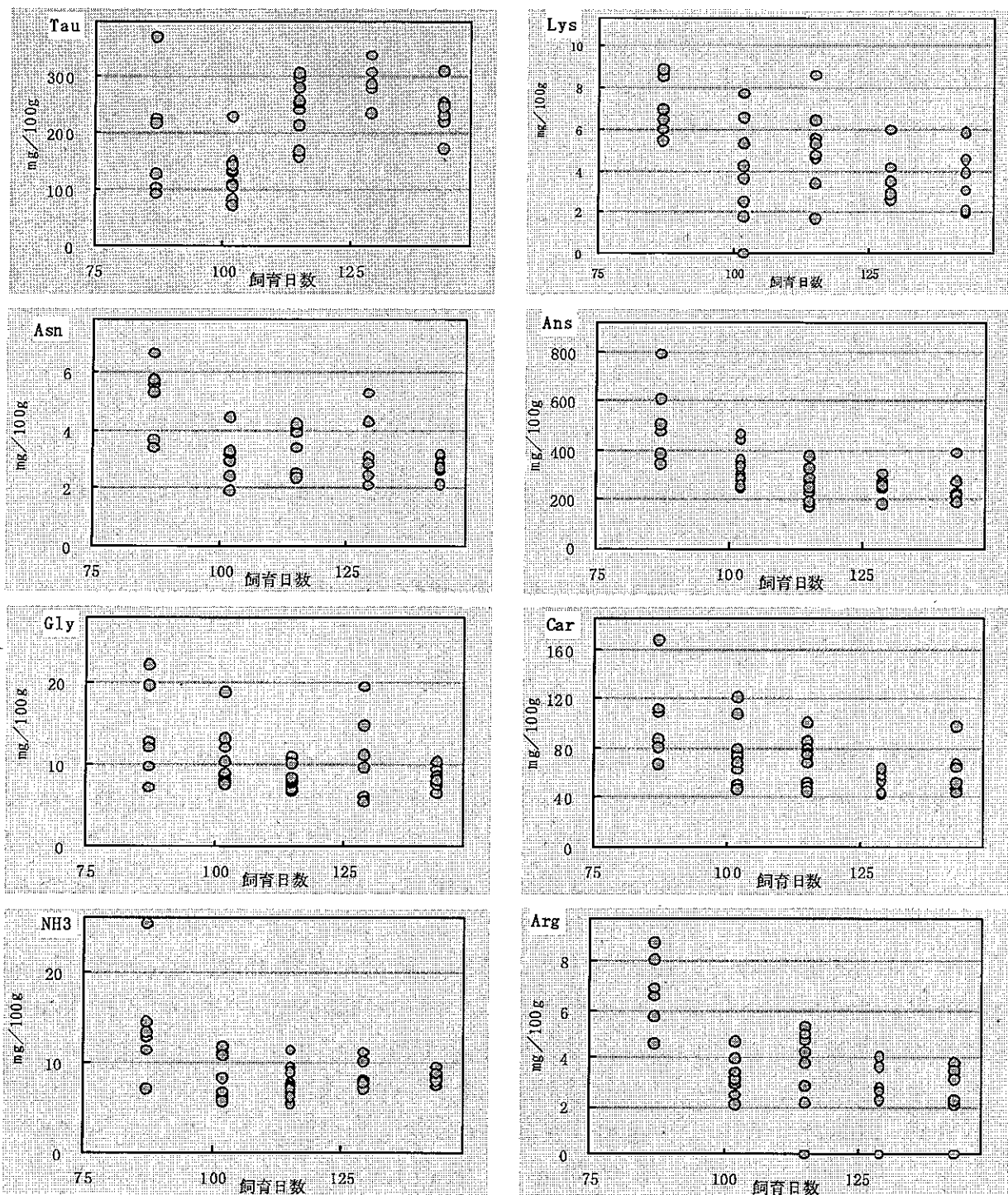


図9 飼育日数が鶏肉の遊離アミノ酸に及ぼす影響

もに減少する傾向が認められた。

一方飼育密度は、アスパラギン、アンモニア、アンセリン及びカルノシンで飼育密度が高いほどやや低くなる傾向が認められた（図10）のみで、今回の試験で設定した5~10の範囲では、鶏肉の遊離アミノ酸にはほとんど影響が認められなかった。

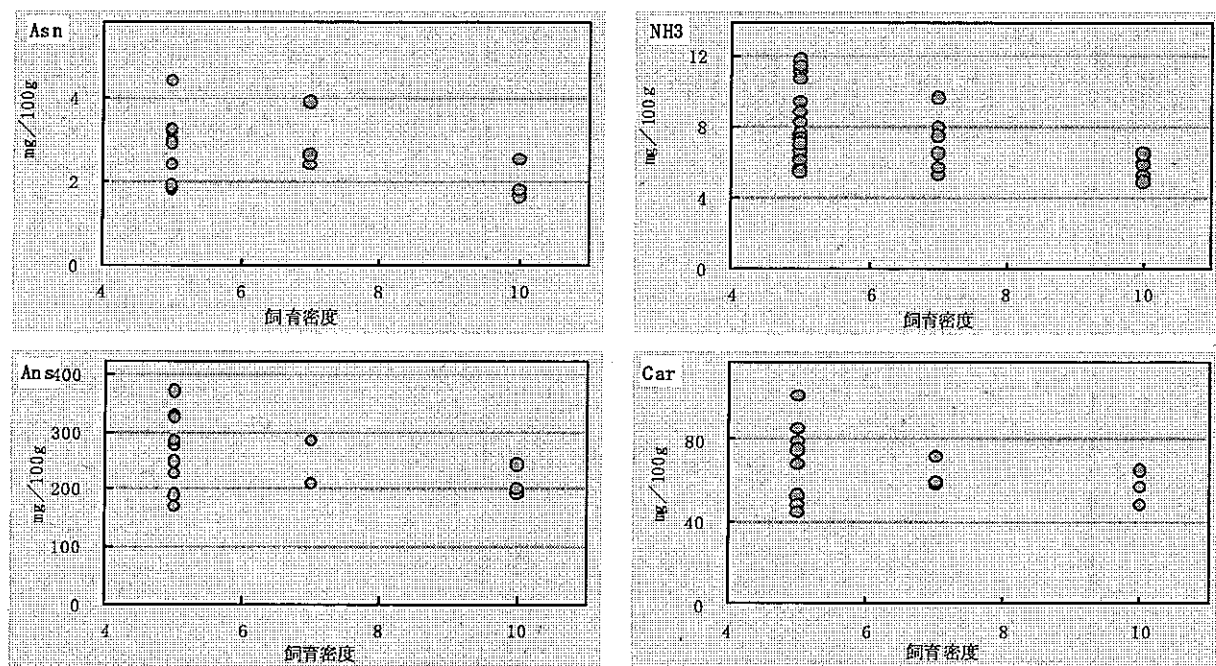


図 10 飼育密度が鶏肉の遊離アミノ酸に及ぼす影響

考 察

1 タウリン

タウリンは、魚介類に豊富に含まれその含有量 (mg/100g) は、特にカキ (1130)、ハマグリ (1080)、タコ (830)、イカ (770) のような貝類や軟体動物に多く含まれている。人の栄養素としては、成人では非必須アミノ酸であるが、乳幼児は生合成能力が不十分なため、母乳中には特に含有量が高く、従って人工乳には、たくさん配合されている。タウリンは、脂質の消化・吸収に関与し、欠乏すると目の網膜機能に障害が出るとされ、最近の研究では、浸透圧調節作用、膜の安定化、抗酸化作用、血圧降下作用、ストレス軽減作用等々な生理作用を有することが報告されている¹⁾。鶏肉の場合 130 日頃までは、飼育日数が長いほどタウリンの含有量が高くなる傾向を示していた。鶏肉のタウリン含有量を高めるため、飼料にタウリンを添加する試みもあるが、効果的な方法は見出されていない²⁾。鶏肉の平均値は 203 であるが、高いものでは 370 近いものもあり、特殊な飼料を与えることでタウリンを高めた鶏卵が生産されている例もあるので、鶏肉でも可能性があるかも知れない。魚介類は気候の影響を受けやすく、生産が安定しないところがあり、タウリン摂取源としては価格的にも鶏肉は優位と思われる。豚肉と牛肉は、31 及び 48 とそれほどの含有量ではなかった。

2 カルノシンとアンセリン

カルノシンとアンセリンは遊離アミノ酸ではないが、図 4 と 5 に示すようにヒスチジンを含むジペプチドで、抗酸化能を有することから注目されている物質で

ある。アンセリンは鶏類の筋肉に、カルノシンは哺乳類の筋肉に豊富に含まれ、活性酸素によるダメージを軽減するなどの機能があり、損傷治癒の促進作用や各種ストレス性疾患に対する予防作用があるという³⁾。鶏肉ではアンセリンが 305 と多く、哺乳類である豚肉と牛肉ではカルノシンが 403 及び 110 と多く含まれており、注目すべき成分と思われる。

3 その他のアミノ酸

その他のアミノ酸では、畜肉の種類を問わずグルタミンが多いアミノ酸であった。グルタミンは筋肉に豊富に含まれ、たんぱく質合成の際のアミノ基のプールとし重用な役割を担っているほか、免疫細胞の増殖促進作用など免疫賦活効果や抗ストレス効果があるといわれている。また、おいしさという面からは、図 7 に示した構造からも判るように、脱アミドするとグルタミン酸といううまみアミノ酸となる。また、甘味系のアミノ酸であるセリン、グリシン、アラニンなどが畜種に共通して比較的多く含まれており、お肉のおいしさの基となっているものと推察される。

引用文献

- 1) 横越英彦：タウリンの栄養生理機能、日本農芸化学会誌, 75, 957 (2001).
- 2) 瀧田健他：ビタミン E 及びタウリンの飼料添加が「ひょうご味どり」の肉汁のビタミン E 及びタウリン含量に及ぼす影響、兵庫農技研報, 33, 7 (1997).
- 3) 有原圭三：食肉の有する潜在的な疾病予防作用を探る、平成 14 年度畜産物需給関係学術研究情報収集推進事業調査報告 (2003).