週齢を異にするブロイラー胸肉貯蔵中のイノシン酸および アミノ酸含量の変化について

松本 照代*, 北村 陽子*, 藤巻 正生**

* 東京家政大学 ** 東京大学農学部農芸化学科

Changes in the Concentration of Free Amino Acids and Inosinic Acid in Stored Breast Muscles from Broilers of Various Age

Teruyo MATSUMOTO,* Yoko KITAMURA,* Masao FUJIMAKI**

* Tokyo College of Domestic Science, Itabashi-ku, Tokyo

** Department of Agricultural Chemistry, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo

Breast muscle samples from 2-, 4-, 11- and 21-week-old female broilers were stored for 9-11 days at 0°C. Investigations were made on time-course changes of the pH values and of the free amino acid and inosinic acid contents in these samples during the storage and gave the following results. (1) Muscle samples from younger and older broilers showed lower and higher pH values, respectively; the pH difference did not depend on the period of the storage. (2) Fresh muscle samples from younger broilers were richer in Tau, Ser, AspNH₂, Gly, Ala, Ile, Tyr and Lys than those from older broilers, whereas an opposite result was obtained with a sum of Ans and Car contents. (3) Except for Tau, Pro and Cys, other amino acids such as Asp, Ser, Met, Ile, Leu, Tyr, Arg and His were significantly increased in each sample during the storage. Particularly in the samples from younger broilers it was observed that Asp, Gly, Ala, Val, Leu, Arg and His were remarkably rich. (4) The largest inosinic acid content was observed for the 2-week-old broiler muscle kept for 6 hours after death. After the 9-day storage at 0°C, it was also found that the inosinic acid content was larger in this 2-week-old broiler muscle than in others.

(Received August 8, 1975)

近年生育にともなう生体成分の動的変化をとらえようとする研究が多くみられる。水野¹⁾は卵用、肉用種鶏の体重増加、DNA 含量、筋繊維の数、太さについて生育を追って測定した結果を報告している。Saeki²⁾は、同じく鶏の血漿中コレステロール含量が生育につれ減少すると報告している。著者らは生育の早い肉用種と卵用種鶏の同週齢の胸肉の遊離アミノ酸、イノシン酸含量を測定し、差のないことを前報³⁾で報告した。しかし週齢が異なるときは、ブロイラーのほうが成鶏より貯蔵後遊離アミノ酸の増加が大きかったと Miller³⁾は報告している。Partmann⁴⁾は3カ月、4カ月の鶏肉の遊離アミノ酸を測定し、若いほうの含量が大きいことを報告し、さらに anserine (β -alanyl-1-methyl histidine, Ans) と carnosine (β -alanyl-histidine, Car) の合計量が NPS (ninhydrin positive substance) の 80% を占めると述べている。卵用にくらべ肉用は非常に短時間に体重が増加するが、2カ月の雛鶏なので成鶏にくらべ肉の呈味成

分にかけることも予想される。そこで本実験では 2, 4, 11, 21 週齢と生育を追って採取した胸肉中の呈味成分である遊離アミノ酸含量、イノシン酸含量とそれら成分の貯蔵による変化を測定したので報告する。

実験方法

1. 試料

実験に使用した鶏は白色ロック×白色コーニッシュの雌で、孵化後 Table 1 に示した飼料を用い、ケージ方式で飼育し、餌は自由摂取とした。使用個体数および生育期は Table 2 のとおりである。鶏は生育につれ栄養素要求量が変化するため、経済的理由から飼料構成をかえることが通常行なわれる。試料は頸部を切断、放血し湯漬、毛拔をはぶいて胸部を開き、胸肉を採取し試料に供し、残部はクロロマイセチン 100 ppm を噴霧しポリエチレンの袋に入れ、氷中に保存した。

2. 試料採取期

氷中に保存した各飼料は、0, 1, 4, 9~11日の4回採取した。貯蔵試料の最終採取日は11週齢が9日目、4および21週齢が10日目、2週齢が11日目であった。

* 〒173 東京都板橋区加賀 1-18

** 〒113 東京都文京区弥生 1-1-1

Table 1. Composition of diet (%).

	0-4 weeks	4-8 weeks	After 8 weeks
Corn flour	40.0	47.1	60
Soybean flour	38.8	35.0	30.2
Fish meal	4.8	4.8	5
Mineral	4.1	2.5	4.1
Vitamin	0.5	0.5	0.5
D, L-Methionine	0.2	0.1	0.2
Cellulose	6.2	6.2	—
Soybean oil	5.4	3.8	—

Table 2. Weight of broilers of different ages.

Age (weeks)	No. of animals	Average weight (g)
2	28	173
4	4	437
11	4	2100
21	4	3617

3. pH 測定

試料 5 g を 20 ml の蒸留水とともにワーリングブレンダーで 3 分均質化し 7000 rpm で 10 分遠心分離し、上澄液を東亜電波 KK pH メーターで測定した。

4. 遊離アミノ酸の測定

Miller³⁾ の報告は Ans, Car の分離が行なわれず, Partmann⁴⁾ の報告では, Glu, AspNH₂, GluNH₂ の分離が行なわれていない。前報⁵⁾ と同じく試料 5 g を 1% ピクリン酸溶液 50 ml で均質化し, 7000 rpm で 10 分遠心分離し, 残渣を 30 ml の 1% ピクリン酸溶液で抽出した。抽出液は Dowex 2×8, Cl 型のカラムを通してピクリン酸を除去し, 0.02 N 塩酸で洗った。流出液は減圧濃縮し, pH 2.15 の塩酸溶液で試料 1 g/ml の割に溶解し, アミノ酸分析計に試料溶液を注入のときさらに 10 倍に希釈した。中酸性アミノ酸は日本電子アミノ酸自動分析計 LC-6HA を用い樹脂 LR-2 (Li 型) を 0.8×45.3 cm の長さに詰め, リチウム緩衝液 pH 2.73, 3.30, 4.48 で流した。塩基性アミノ酸は同じ樹脂を Na 型とし, 0.8×25.5 cm の長さに詰め, pH 4.03, 5.20 のクエン酸ナトリウム緩衝液で Ans, Car の分離が完全に行なわれるようにした。

5. イノシン酸の測定

前報⁷⁾ と同じく 6 g の試料を 10% 過塩素酸溶液 10 ml とともに 3 分ワーリングブレンダーで均質化し, 7000 rpm で 10 分遠心分離し, 残渣は過塩素酸溶液 10 ml で

抽出した。

上澄液は 5N KOH で pH を 6.5 とした。試料 1.2 g に相当する溶液を Dowex 1×8 の長さ 1×7 cm カラムに加え, 前報⁷⁾ と同様中島の方法により分離し, 260 m μ の吸収を測定した。

結 果

1. pH の変化

鶏の死後硬直は早く, 6 時間から 12 時間の間といわれている。測定した結果は Table 3 に示したが, 最低 pH を示す 6 時間目をはずしているので各試料とも貯蔵による大きい変化は見られない。0 日をのぞいて週齢の高いほど pH が低い傾向がみられたのは, 週齢の高いほど乳酸が多く含まれるためと思われる。

2. 遊離アミノ酸含量および貯蔵中の変化

屠殺直後の各試料のアミノ酸含量を Table 4 に示した。週齢が若いほど含量の多いアミノ酸は Tau, Ser, AspNH₂, Gly, Ala, Tyr, Ile, Lys であった。Ans, Car は逆に週齢の高いほど多く含有されていた。遊離アミノ酸と Ans, Car の合計量は 2 週齢で 56.9 μ mole/g, 21 週齢で 65.7 μ mole/g と週齢の高いほうが大であった。

貯蔵による変化は Ans, β -Ala が減少したのをのぞき, すべてのアミノ酸が増加した。各試料の貯蔵による増加は, Fig. 1~8 に示した。各試料ともに増加の著しかっ

Table 3. Changes of pH values in muscles during storage at 0°C.

Broiler age (week)	Storage time (day)			
	0	1	4	9-11
2	5.9	5.9	6.0	5.9
4	5.7	5.8	5.9	6.0
11	5.8	5.7	5.8	5.8
21	5.8	5.7	5.7	5.7

Table 4. Free amino acid concentrations of broiler breast muscles immediately after slaughter.

Age (week)	Amino acid (μ mole/g muscle)						
	Tau	Asp	Thr	Ser	AspNH ₂	Glu	GluNH ₂
2	1.03	0.27	0.92	0.96	0.21	0.57	1.22
4	0.69	0.18	0.37	0.61	0.17	0.39	0.50
11	0.66	0.22	0.49	0.57	0.13	0.62	0.29
21	0.35	0.12	0.50	0.56	0.09	0.48	0.42
	Pro	Gly	Ala	Cys	Val	Met	Ile
2	0.49	1.25	1.37	0.02	0.35	0.07	0.20
4	0.26	0.69	1.14	0.05	0.19	0.06	0.12
11	0.51	0.51	0.75	0.01	0.27	0.11	0.13
21	0.41	0.42	0.76	0.06	0.26	0.07	0.11
	Leu	Tyr	Phe	β -Ala	Lys	Arg	His
2	0.33	0.30	0.13	1.05	0.96	0.14	0.12
4	0.20	0.24	0.12	0.75	0.47	0.14	0.11
11	0.24	0.17	0.08	1.50	0.38	0.16	0.16
21	0.13	0.10	0.10	0.31	0.12	0.10	0.09
	Total	Ans	Car				
2	11.95	31.34	13.65				
4	7.39	34.21	17.25				
11	7.95	42.20	14.27				
21	5.53	40.56	19.60				

たアミノ酸は Asp, Ser, Met, Ile, Leu, Tyr, Arg, His で、変化の少なかったのは Tau, Pro, Cys であった。貯蔵中の Asp, Gly, Ala, Val, Leu, Arg, His の増加は2週齢試料が他試料より大であった。Glu は貯蔵前では2週試料と4週齢をのぞく他試料と差がなく、貯蔵後は2週齢試料がもっとも少なかった。

3. イノシン酸含量の貯蔵中の変化

イノシン酸含量の貯蔵中の変化は、Fig. 9 に示した。いずれの試料も屠殺後6時間目の死後最大硬直時にあたると思われるとき、最高の含量を示し、その後貯蔵により減少した。最高含量時の各試料間の相違は2週齢試料が最高で、13.05 μ mole/g, 4週齢11.15 μ mole/g, 21

週齢10.4 μ mole/g, 11週齢9.60 μ mole/gの順にへっている。イノシン酸は貯蔵により減少し、逆にヒポキサンチンとイノシン合計量は増加した。9日貯蔵後で比較するとイノシン酸の残存量は2, 21, 4, 11週齢の順に多く、各試料の6時間後の値の約60%が2, 21, 11週齢試料の場合残存し、4週齢試料では48%残存した。分解生成物はイノシンとヒポキサンチン合計量をイノシンとして計算したが、これら生成物の含量は試料間の差がイノシン酸の場合より少なかった。死後6時間後の分解生成物とイノシン酸の合計量は、2週齢試料が最高であった。貯蔵後9日目で比較すると、両者の合計量はそれらの最高量より減少していた。これは、ヒポキサンチ

Fig. 1. Changes in amino acid concentration of broiler muscles of four different ages during storage at 0°C.

○ 2 weeks, ▲ 4 weeks, × 11 weeks, ● 21 weeks.

Fig. 2. Changes in amino acid concentration of broiler breast muscles of four different ages during storage at 0°C.

○ 2 weeks, ▲ 4 weeks, × 11 weeks, ● 21 weeks.

ンがさらに分解したものと思われる。

考 察

結果に示したように屠殺直後 Tau, Ser, AspNH₂, Gly, Ala, Tyr, Ile, Lys が他試料より2週齢試料に多く含まれる。Asp, Gly, Ala, Val, Leu, His, Arg の貯蔵による増加は、他試料より2週齢試料のほうが大であ

Fig. 3. Changes in amino acid concentration of broiler breast muscles of four different ages during storage at 0°C.

○ 2 weeks, ▲ 4 weeks, × 11 weeks, ● 21 weeks.

Fig. 4. Changes in amino acid concentration of broiler muscles of four different ages during storage at 0°C.

○ 2 weeks, ▲ 4 weeks, × 11 weeks, ● 21 weeks.

った。味に関係の深い Glu は貯蔵前では2週齢試料と4週齢試料をのぞく他試料と差がなく、貯蔵4日目後は逆に2週齢試料が少ない傾向にあった。これら遊離アミノ酸の貯蔵による増加は、筋肉プロテアーゼ作用によると思われる。筋肉プロテアーゼのうち酸性で作用する酵素はカタブシンと総称され、他に中性プロテアーゼとアルカリプロテアーゼが存在するが、肉熟成に関与するのは主として酸性、中性プロテアーゼである。沖谷らは、

Fig. 5. Changes in amino acid concentration of broiler muscles of four different ages during storage at 0°C.

○ 2 weeks, ▲ 4 weeks, × 11 weeks, ● 21 weeks.

Fig. 6. Changes in amino acid concentration of broiler muscles of four different ages during storage at 0°C.

○ 2 weeks, ▲ 4 weeks, × 11 weeks, ● 21 weeks.

Fig. 7. Changes in amino acid concentration of broiler muscles of four different ages during storage at 0°C.

○ 2 weeks, ▲ 4 weeks, × 11 weeks, ● 21 weeks.

Fig. 8. Changes in carnosine and anserine concentrations of broiler muscles of four different ages during storage at 0°C.

○ 2 weeks, ▲ 4 weeks, × 11 weeks, ● 21 weeks.

Fig. 9. Changes in IMP and hypoxanthine plus inosinic acid contents of broiler muscles of four different ages during storage at 0°C.

○ 2 weeks, ▲ 4 weeks, × 11 weeks, ● 21 weeks.

HxR=inosinic acid, Hx=hypoxanthine.

以上述べた以外の中性プロテアーゼの存在を示唆し⁸⁾ 検索中である。今回の実験では鶏の栄養要求量が生育につれ変わるため、飼料構成を変えたことの影響があるかもしれない。しかし Miller の報告も貯蔵後のアミノ酸の増加は、ブロイラーのほうが成鶏より大きかったと述べている。したがって2週齢試料の貯蔵によるアミノ酸の増加は、筋肉プロテアーゼ活性のちがいと考えられる。

Asp, Ser の増加が 2, 4 週齢試料に多く見られる点, 今後解明したい。Ans は貯蔵により減少したが, β -Ala と 1-Me-His に分解したとするなら, 両者が増加するはずであるが, いずれの試料も貯蔵中 β -Ala は減少している。Car は貯蔵中大きい変化を示していない。したがって, 脱メチルも起こさず分解したものと思われる。Ans, Car の生育期による含量変化は, 動物によって異なる。今回の実験では Ans, Car は遊離アミノ酸の多く含まれた 2 週齢試料に少なく, 成鶏に多かった。Jones⁹⁾ は Ans が肉の味に関係すると報告している。旨味成分であるイノシン酸は 2 週齢試料において, その最大含量時である 6 時間後も 9 日貯蔵後も他試料より多く含まれていた。Chow¹⁰⁾ は 3 日貯蔵した 5 週, 7 週, 9 週齢の鶏の胸肉のイノシン酸含量を比較し, 9 週齢に最も多かったと述べている。ATP 分解生成物中イノシン酸の最高蓄積時と死後硬直時, pH 最低時とはほぼ一致することはよく知られる。今回, 他試料より pH の高い 2 週齢試料が逆に貯蔵後 6 時間後も 9 日後もイノシン酸含量の多い点, ATP の含量, 関連酵素の活性が問題とされる。

以上のように呈味成分であるイノシン酸, いくつかのアミノ酸が 2 週齢のブロイラーでは貯蔵の初期も 9 日～11 日貯蔵後も含量が多かった。しかしジペプチドである Ans, Car は逆に成鶏に多く, 貯蔵により減少したといえどなお相当量残存した。若い動物の肉より成熟した動物の肉のほうが, 油がのって美味であることはよく知られている。官能審査による予備実験¹¹⁾でも, 硬軟を別とすれば 2 週齢のもののほうが味がよいとは確言できなかった。したがってアミノ酸, イノシン酸以外の成分も貯蔵した肉の味に貢献していると考えられる。

要 約

2, 4, 11, 12 週齢ブロイラー雌の胸肉を 0°C に 9 日貯蔵したときの pH, 遊離アミノ酸, イノシン酸含量の変化を測定した。

1) pH は貯蔵中大きな変化を示さなかった。週齢の高い試料ほど pH が低い傾向にあった。

2) 遊離アミノ酸のうち屠殺直後において週齢の若い

順に含量の多かったのは, Tau, Ser, AspNH₂, Gly, Ala, Ile, Tyr, Lys で, Ans, Car の合計量は逆に成鶏に多かった。各試料とも貯蔵により増加の著しかったのは Asp, Ser, Met, Ile, Leu, Tyr, Arg, His で, 変化の少なかったのは Tau, Pro, Cys であった。Asp, Gly, Ala, Val, Leu, Arg, His の貯蔵による増加は, 他試料より 2 週齢試料が大であった。

3) 死後 6 時間のイノシン酸含量の最大蓄積量は 2, 4, 21, 11 週齢試料の順に少なくなった。貯蔵後 9 日目比較すると残存量も 2 週齢試料が最高であった。

試料を提供された農林省畜産試験場, 吉田実博士に謝意を表したい。また実験を分担した藤田アサ子, 鈴木和美, 大鷲公子氏に深く感謝する。

この研究は昭和 48 年日本農芸化学会関東支部会で発表したものである。

文 献

- 1) Mizuno, T. and Hikami, Y.: *Jap. J. Zootech. Sci.*, **42**, 52 (1971)
- 2) Saeki, Y.: *Sci. Rept. Yokohama Natl. Univ. Sci.*, **2**, 7 (1970)
- 3) Miller, Julius H., Dawson, L.E. and Baver, H.: *J. Food Sci.*, **30**, 408 (1965)
- 4) Partmann, W.: *Z. Lebensmitt. Untersuch. Forsch.*, **144**, 170 (1970)
- 5) 松本照代, 柏木三和子: 東京家政大学研究紀要, **12**, 56 (1972)
- 6) 松本照代, 北村陽子: 東京家政大学研究紀要, **14**, 127 (1974)
- 7) Matsumoto, T., Miyake, O., Okawa, K. and Kashiwagi, M.: *Bull. Tokyo Coll. Domes. Sci.*, **11**, 53 (1971)
- 8) Okitani, A. and Fujimaki, M.: *Agr. Biol. Chem.*, **36**, 1265 (1972)
- 9) Jones, N.R.: "Fish Flavor" (in "The Chemistry and Physiology of Flavors"), p. 270 (1967), Avi Pub. Co., Westport, Connecticut
- 10) Chow, Isabel S. and Jacobson, M.: *Poultry Sci.*, **47**, 604 (1960)
- 11) 松本照代, 松本睦子: 私学研修福祉協会, 特別研究, 未発表

(昭和 50 年 8 月 8 日受理)