冷 蔵 鶏 胸 筋 に 関 す る 研 究 (第1報)

Studies on Fowl Breast Muscle during Refrigerated Storage (1)

冷 蔵 鶏 胸 筋 の 食 品 化 学 的 変 化 に つ い て

On the Food-Chemical Changes during the Storage

(昭和 42 年 4 月 3 日 受 理)

北 村 禎 三
(Teizo Kitamura)

Breast muscle of Rockhorn fowl (*M. pectoralis*) was excised and stored for 8 days at 5°C. The post mortem changes of muscle were studied by following the changes in components of the muscle during the storage, prior to its histological examinations. The autolysis in the muscle proceeded rapidly. The maximum rigor mortis in the muscle after killing the animal was 12 hours, the incipient putrefaction, 8 days, and the value of ultimate pH 5.52, 24 hours.

Extractability of salt-soluble protein from the muscle increased remarkably after 5 days, and consequently nitrogen in the fraction was increased. In contrast, the nitrogen in salt-insoluble protein was decreased. These were assumed to be precursory phenomena for the incipient putrefaction. Amino nitrogen in the fraction of water-soluble nitrogenous compounds attained to its maximum value after 3 days.

Glycogen and adenylyl-polyphosphate phosphorus were decreased rapidly within 24 hours. Reducing sugar was increased in response to a decrease of glycogen and then decreased. Organic phosphorus gradually changed into the inorganic during the storage. Decrease of moisture, mainly due to syneresis, seemed to be correlated with denaturation of muscle protein.

緒 言

食用動物の骨格筋(食肉)を一定期間貯蔵すると、食品加工材料として好適な状態になることが、古くより知られている。従って貯蔵中の食肉に現われる種々の変化を知ることは、食肉の保蔵・加工上必要である。Broilerを主に漸次鶏筋の消費量が増加している現在、鶏筋の貯蔵熟成時に見られる食品化学的变化について、すでに多数の詳細な報告^{1)~3)}がある。しかし貯蔵鶏筋の組織学的知見については、兎、羊、牛の骨格筋を供試筋にした場合程詳しく報告されていない。貯蔵赤筋の経日的形態変化と比較するためにも白筋を代表して鶏胸筋の自己消化に伴う組織学的変化を知る必要がある。そこで、Rockhorn 種成鶏の胸筋 *M. pectoralis* を供試筋として、これを8日間、5°Cで冷蔵、その間供試筋の形態変化と関連して起ると推察される食品化学的变化を経時間的または経日的に検討して、冷蔵供試筋の自己消化過程における状態をまず明らかにしたので報告する。

実 験 方 法

1. 試 料

Rockhorn 種成鶏(♀, 2.8 kg)を頸部切断によって放血屠殺し、湯漬けや抜羽処理をしないで、直ちに胸部切開して胸筋を分離、それをポリエチレン製袋に封入した。この間、約2分を要した。さらにそれを0°Cの冷蔵庫中で30分間放置、急冷後、5°Cの冷蔵庫中で8日間冷却貯蔵し、この間、自己消化過程にある供試筋を漸次分析した。新鮮供試筋とは屠殺解体直後の胸筋のことで、冷蔵後期の胸筋を試料とする場合は微生物による試料表面の変質部を避けて供試した。

2. pH の測定

供試筋 2.5 g に冷蒸溜水 10 ml を加え、氷冷しながら blender で磨砕し、遠心分離してその上清の pH をガラス電極 pH メーターで測定した。

3. Walkiewicz 反応液の混濁測定

常法⁴⁾に従って供試筋より浸出液を調整し、Walki-

ewicz (W と略記) 試薬 A の 2 ml と B の 2 ml に浸出液 0.1 ml ずつを滴加した。その後、両反応液の混濁状況を混濁基準表示符号で記録したが、同時に 1 cm 幅角型吸収管に反応液を入れ、水を盲検液にして波長 430 mμ で比濁し、それを透過率で示した。混濁基準表示符号と透過率との相関を次のように推定し、腐敗の状況を W 判定法で判定した。但し T は透過率を示す。

—	$T > 97\%$
±	$95\% < T \leq 97\%$
+	$90\% < T \leq 95\%$
++	$T \leq 90\%$

4. Glycogen および還元糖の定量

Pflüger の変法⁷⁾に従い、5 g の供試筋を KOH で溶解した後 ethanol で glycogen を沈殿させ、これを加水分解し、生じた糖を常法で定量して glycogen 量を算出した。また供試筋 1 g に冷蒸溜水 10 ml, 2 N-HCl 1 ml を加え、氷冷しつつ blender で磨砕し、全量を蒸溜水で 30 ml に調整し、供試筋中の還元糖を glucose とみなして定量した。

5. 酸性磷酸化合物の定量

Bathe-Smith らの方法⁸⁾に従って、供試筋 2 g より冷 10% CCl_3COOH で磷酸化合物を浸出し、その浸出液の pH を 1 N-NaOH で 8.0 に調整した。この浸出液中の無機態磷、有機態磷、adenyl-polyphosphate 態磷を Allen 法⁹⁾で比色定量した。但し adenyl-polyphosphate 態磷区中には、7 分磷測定時に他の磷酸エステルの分解で遊離してくる少量の磷が含まれる。

6. 窒素化合物の分画定量

供試筋 1 g に約 10 ml の冷蒸溜水を加えて氷冷しながら blender で磨砕し、それに冷蒸溜水を加えて全量を 50 ml に調整した。その懸濁液を 0°C で 30 分間攪拌し、水溶性窒素化合物を抽出した後、遠心分離 (3,500 rpm., 10 分間) して上清と非水溶性沈渣に分画した。その上清に 10% CCl_3COOH 20 ml を加え混合し、それを遠心分離して上清、即ち水溶性非蛋白質 (HN) 分画と沈渣、即ち水溶性蛋白質 (HP) 分画を得た。一方、非水溶性沈渣に 7% NaCl 25 ml を加え、0°C で 30 分間攪拌し、塩溶性窒素化合物を抽出した後、その懸濁液を遠心分離して上清と非塩溶性沈渣に分画した。その上清に 10% CCl_3COOH 10 ml を加え混合し、それを遠心分離して上清即ち塩溶性非蛋白質 (SN) 分画と沈渣即ち塩溶性蛋白質 (SP) 分画を得た。一方非塩溶性沈渣を非塩溶性蛋白質 (CE) 分画とみなした。各分画の窒素を micro Kjeldahl 法で定量し、供試筋 1 g 当たりの HN 態、HP 態、SN 態、SP 態および CE 態の窒素量とした。また上記の方法で供試筋 1 g より水溶性窒素化合物浸出液を調整し、Van

Slyke 法でアミノ態窒素を定量した。

実 験 結 果

1. 水 分

Fig. 1 に示すように、新鮮供試筋の水分量は 73.6% であったが、7 日目には 72.5% に減少した。水分量は 1 日目まで急減し、その後 3 日目まで漸減し、3 日目より 1 日間、無変化の状態を経て再び減少した。5 日目より 6 日目までの減少もかなり急激であった。従って冷蔵中、急激な水分減少が 2 度観察された。

Fig. 1 Changes in moisture of fowl breast muscle during its storage at 5°C

2. pH

新鮮供試筋は微酸性 (pH 6.18) であったが、冷蔵供試筋の pH は Fig. 2 に示すように変化した。その pH 値は 1 日目まで急降下し、1 日目で酸性極限值 (pH 5.52) を示した。その後、pH 値は 1 日目より 2 日目まで急上昇し、一旦その上昇は緩やかになり、6 日目より再

Fig. 2 Changes in pH values of fowl breast muscle during its storage at 5°C

び急上昇した。8日目供試筋は pH 6.12 を示し、初期腐敗の状態にあることが判った。

3. Walkiewicz 反応

供試筋の鮮度を判定するために、供試筋の pH を測定すると共に W 反応液の混濁度を肉眼および比色計で測定した。Fig. 3 に示すように、6日目より混濁度が著しく増加した。W 判定法によると、7日目の供試筋は初期腐敗の直前、8日目のものは初期腐敗、9日目のものは腐敗の状態にあることが判明した。pH 変化曲線より判定した初期腐敗の時期と W 判定法で判定したその時期とが一致した。

4. Glycogen および還元糖

供試筋中の glycogen 量および還元糖量は Fig. 4 に

Fig. 3 Changes in turbidities of Walkiewicz's reaction solution of fowl breast muscle during its storage at 5°C

Fig. 4 Changes in glycogen and reducing sugar of fowl breast muscle during its storage at 5°C (mg./5g.)

示すように減少した。冷蔵初期における glycogen の減少は顕著で、新鮮供試筋 5 g 中の glycogen 量は 33 mg であったが、9時間目には 2.4 mg に減少した。その後、glycogen 量は5日目まで無変化であったが、6日目より供試筋中の glycogen は消失した。還元糖は6時間目まで減少し、その後増加して12時間目に最高値に達し、再び減少、増加を示したが、結局24時間目までの還元糖量は顕著な波状変化を示した。2日目より還元糖量は漸次減少するが、7日目供試筋にはかなり多量の還元糖が残存していた。

5. 酸溶性リン酸化合物

Fig. 5 に示すように、有機態リンが漸減するのに対し無機態リンは漸増した。Fig. 6 に示すように、adenyl-polyphosphate 態リン 即ち ATP および ADP の不安定で遊離しやすいリン量は6時間目には新鮮時の13%に急減した。

Fig. 5 Changes in organic and inorganic phosphorus of fowl breast muscle during its storage at 5°C (mg./g.)

Fig. 6 Changes in adenyl-polyphosphate phosphorus of fowl breast muscle during its storage at 5°C (mg./g.)

さらに5日目まで漸減し、5日目より完全に消失した。

6. 窒素化合物

供試筋より得られた5種の窒素化合物分画の窒素量を Fig. 7 に示した。冷蔵中、HN 態窒素量は変化なく、H P 態窒素量は4日目まで変化しなかったが、その後徐々に増加した。SN 態窒素量は4日目を頂点に、その前後において、なだらかな山型変化を示した。SP 態窒素量と CE 態窒素量の変化は共に著しく、対称的なものであった。SP 態窒素量は4日目まで徐々に増加し、その後

Fig. 7 Changes in nitrogenous compounds of fowl breast muscle during its storage at 5°C (mg./g.)

Fig. 8 Changes in amino nitrogen of fowl breast muscle during its storage at 5°C (mg./g.)

急増した。CE 態窒素量は4日目まで徐々に減少し、その後急減した。両曲線は5.5日目で交差した。Fig. 8 に示すように、アミノ態窒素量は3日目を頂点に、その前後において、山型に変化した。

考 察

一般に鶏筋の自己消化は獣筋の自己消化よりも速く進む¹⁰⁾、鶏筋の鮮度低下は獣筋の場合よりも速く起こる。

Rockhorn 種成鶏より得た新鮮供試筋の水分量はbroiler (10週齢)の水分量¹¹⁾より1乃至2%少ない。供試筋をポリエチレン製袋に封入して冷蔵すると、供試筋にsyneresisが観察され、供試筋の水分減少が認められた。筋組織の水分量はその保水力と相関しないが¹²⁾、筋繊維が収縮・弛緩する時、筋繊維に放水または吸水現象が起こると報告されている¹³⁾。syneresisは死後硬直や死後筋のpH減少に先立って起こり、筋繊維構造に変化を起こす一因になると考えられている¹⁴⁾。従って Fig. 1 に示した特異な水分減少は筋蛋白質の死後変性に関連する現象と考えられる。

pH 変化曲線の類型は White Leghorn 種成鶏の粉砕筋⁹⁾のものと異なり、むしろ牛筋¹⁵⁾のものに類似していた。酸性極限值は24時間目に現われた。死後硬直後の筋肉のpH値が6.2乃至6.3になる時、その筋肉は初期腐敗の状態にあることが認められている。供試筋のpH値より判定した初期腐敗の時期はW反応より判定したその時期と一致して8日目であった。

新鮮供試筋中のglycogen量は佐々木ら¹⁰⁾が報告した値より大きい、glycogenの減少は速かで、9時間目の残存量は新鮮時の約7%であった。還元糖量は波状変化を示しながら減少したが、12時間目に現われたその増加はglycogenの減少に呼応したものと考えられる。Lilyblade ら¹⁾は貯蔵鶏肉中の還元糖の大半はglucoseであると報告しているが、渥美⁴⁾はその量的割合は少ないと報告している。

adenyl-polyphosphate 態磷の減少はかなり速かで24時間目の残存量は新鮮時の5%であった。冷蔵中、有機態磷は漸減し、無機態磷は漸増したので、phosphataseが徐々に作用しているものと考えられる。

pH 値、glycogen 量および還元糖量の顕著な変化は24時間以内に現われたので、解糖を主とする自己消化は24時間以内に終るものと考えられる。glycogen および ATP の減少状態と死後硬直との関係¹⁶⁾より、供試筋の自己消化過程における状態について考察すると、供試筋の死後硬直は3時間目より始まり、12時間目にはそれが最大となり、24時間目には硬直解除が起こり軟化が始まっているものと考えられる。

分画定量された各態窒素の内、SP 態窒素の量と CE 態窒素の量の変化が著しく、5 日目より急増または急減し、両変化曲線は 5.5 日目で交差した。鶏筋を貯蔵すると proteolysis が起こり、筋蛋白質の抽出率が変化すると報告²⁾³⁾ されているので、上記の両態窒素量の変化は自己消化に伴う筋蛋白質変性と抽出率の変化を示すものと考えられる。5.5 日目は水分量が再び急減する時期であり、W 反応液の混濁度が増加し始める時期でもあるので両態窒素量の変化は syneresis や初期腐敗の前駆現象と関連があるものと考えられる。HN 態窒素量は冷蔵中変化しなかったが、アミノ態窒素量は 3 日目が最高で、その後減少した。食肉の味や風味に係るアミノ酸¹⁷⁾および ninhydrin 陽性非蛋白質⁸⁾は硬直解除に続く軟化期に増加すると報告されているが、佐々木¹⁸⁾は鶏胸筋を 4°C で貯蔵すると、遊離アミノ酸量の最高値は 5 日目に現われることを報告している。

要 約

1. Rockhorn 種成鶏の胸筋を 5°C で 8 日間冷蔵し、この間供試筋の食品化学的变化を検討し、自己消化過程にある供試筋の状態を明らかにした。
2. 冷蔵鶏胸筋の自己消化は速く、死後硬直は 3 時間目より始まり、12 時間目で最高に達した。24 時間目には硬直が解除された。初期腐敗直前は 7 日目に、初期腐敗は 8 日目に現われた。また酸性極限值 (pH 5.52) は 24 時間目に現われた。
3. 筋蛋白質変性は 5 日目より顕著となり、この時期より塩溶性蛋白質態窒素量が増加し、非塩溶性蛋白質態窒素量が減少した。これらの現象は初期腐敗に結びつく現

象であることが判った。

4. 水分減少は筋蛋白質の死後変性に関連して起こった。

文 献

- 1) A. L. Lilyblade, D. W. Peterson : *J. Food Sci.*, **27**, 245 (1962)
- 2) A. W. Khan, L. van den Berg, C. P. Lentz : *J. Food Sci.*, **28**, 425 (1963)
- 3) A. W. Khan, L. van den Berg : *J. Food Sci.*, **29**, 597 (1964)
- 4) 渥美令子 : 栄養と食糧, **18**, 141 (1965)
- 5) 木崎卓平, 神谷誠 : 食衛誌, **7**, 260 (1966)
- 6) W. Walkiewicz : *Z. Fleisch. Milchhyg.*, **46**, 171 (1936)
- 7) 東大農化編 : 実験農芸化学下巻 p. 675 (1960) 朝倉書店
- 8) E. C. Bathe-Smith, J. R. Bendall : *J. Physiol.*, **106**, 177 (1947)
- 9) R. J. L. Allen : *Biochem. J.*, **34**, 858 (1940)
- 10) 佐々木林治郎, 藤巻正生 : 農化, **32**, 628 (1957)
- 11) 橋本吉雄等編 : 食肉・肉製品ハンドブック, p. 90 (1963) 朝倉書店
- 12) C. O. Chichester, E. M. Mrak, G. F. Stewart : *Adv. in Food Res.*, vol.10, 396 (1960)
- 13) E. Bozler : *Arch. Biochem. Biophys.*, **73**, 144 (1958)
- 14) R. Zender et al. : *Food Res.*, **23**, 305 (1958)
- 15) E. Wierbicki et al. : *Food Technol.*, **10**, 80 (1956)
- 16) C. O. Chichester, E. M. Mrak, G. F. Stewart : *Adv. in Food Res.*, vol. 9, 14 (1959)
- 17) 小原哲二郎, 小笠原八十吉 : 農化, **34**, 202 (1960)
- 18) 佐々木林治郎, 藤巻正生, 川野武彦 : 農化, **33**, 186 (1959)

(大阪府立公衆衛生学院栄養部)