

研 究 報 文

獣鳥肉類の鮮度に関する考察

— グリコーゲンの含有量と水和度との比較 —

足 立 晃 太 郎
今 禰 典 子
亀 井 光 子
霊 山 満 佐 子

〔I〕 緒 言

従来一般に肉の保水性が肉の結着性や食味に影響を与えていることが知られている。また筋肉中のグリコーゲン含有量は、獣鳥肉類の種類や部位等によって異なり、また屠殺前後の種々の条件等によって変動すると云われている。馬肉は他の肉に比して比較的多量にグリコーゲンを含有し、「馬肉の鑑定法」に利用されて来たことは周知のことである。熟成中に肉中のグリコーゲンは分解して乳酸を生成し、肉のpHは低下する。pHの低下は肉の品質及び貯蔵性に良好な影響を与えると云われている。著者等は前報で食品の鮮度検定法についての種々の考察を行ない、検定法としての可能性を論じて来た。本報では馬肉・牛肉・豚肉・鶏肉を試料として、各々肉のグリコーゲン含有量を測定し、次に肉を死後0°Cに貯蔵して、肉の熟成中に起こるグリコーゲン量の変化及び水和度の変化を測定し、両者を比較検討することによって自己消化率の高い時期の判定、死後経過時間の推定、食用に最適な時期の判定等を行なった。また肉の熟成中のグリコーゲンの量的変化を測定することによって、肉の鮮度判定が可能であるか否かを研究する為、鮮度鑑定法として一般に行なわれている水素イオン濃度、アミノ態窒素、アンモニア態窒素を同時に測定し比較検討した。

〔II〕 実験の部

(1) 実験試料

馬肉・牛肉・豚肉(いづれも赤肉、脂肪除去)及び鶏肉(ささ身、脂肪除去)の新鮮物を使用し、2回挽肉器(孔の口径5mm)を通して供試料とした。

(2) 実験方法

(i) 水和度の測定

E. Wierbicki 等の方法を参考とした。即ち試料10gを遠沈管にとり、ゴム栓をして沸騰湯浴中で30分間加熱後、水で冷却する。これを遠心分離(400回転/分)した後、加熱による熱変性の為遊離した水分を浮別し、この液を重量既知の受器に集めて秤量し、その量をF%とする。肉の全水分をW%(常法により測定する)とし $\frac{W-F}{W} \times 100\%$ を以て肉の水和度とした。

(ii) 水素イオン濃度の測定

試料5gを遠沈管に取り、蒸留水20ccを加えガラス棒で攪拌後15分間静置し、遠心分離(4000回転/分)を行ない、その上澄液をガラス電極法で測定した。

(iii) アミノ態窒素の定量

試料5gを乳鉢に取り、10ccの蒸留水を加えて15分間放置後、100ccのメスフラスコに浸出液を集めて浮過し、その20ccをホルモル法によって定量した。 $Nmg\% = A \times 2.8 \times F \times 100$ を以てアミノ態窒素の量とした。但しA:滴定数cc、F:規定カ性ソーダの係数である)。

(註) 鶏肉は死後直ちに0°Cに貯蔵し、馬肉・牛肉・豚肉はいづれも屠殺後熟成中(死後3~4日経過)のものを購入し0°Cに貯蔵して、一定時間経過毎に測定した。従って第1回の測定は鶏肉は死後1~2時間後、牛肉・豚肉・馬肉は死後3~4日経過した時行なったものである。

(ニ) アンモニア態窒素の定量

試料 5g を乳鉢に取り 10cc の蒸留水を加えて 15 分間後 100cc のメスフラスコ 浸出液を集めて濾過し、この液 20cc を蒸留法によって定量し、得られたアンモニアを含む液を規定カ性ソーダで滴定した。xmg% を以ってアンモニア態窒素量とした。

$$xmg = \frac{0.0014 \times F (bd-c)}{a} \times 100 \times 1000$$

- a : 試料秤取量 (g)
- b : 硫酸量 (cc)
- c : カ性ソーダの滴定数 (cc)
- d : 規定硫酸 1 cc に相当する規定カ性ソーダ (cc)
- F : 規定カ性ソーダの係数

(ホ) グリコーゲンの定量

従来用いられてきた滴定法を参考にし、常法によつて測定した。試料 25g を 500cc のエルレンマイヤーフラスコに取り、40% KOH 溶液 50cc を加えて逆流冷却管をつけ、振とうしつつ沸騰湯浴中で 2 時間加熱後、水を加えて 200cc とする。これに 95% アルコールを等量加えて攪拌し、密栓して放置しグリコーゲンを沈澱させる。次に之を遠心分離 (4000 回転/分) して上澄液を傾斜する。沈澱を 66% アルコールで洗滌し再び水を加えて加熱溶解させ、更に 95% アルコールを等量加えて再び沈澱させ、前記と同様 66% アルコールで洗滌する。次にグリコーゲンの沈澱を温水に溶解し 225cc とし、これに (1 : 3) HCl 12.5cc を加え、沸騰水浴上で 3 時間加水分解し、冷却後 10% NaOH で中和し水を加えて 300cc 定容とする。この液の一定量をとり還元糖を定量し、その値に 0.9 を乗じてグリコーゲン量とした。

〔Ⅲ〕 実験結果及び考察

馬肉・牛肉・豚肉・鶏肉を死後 0°C に貯蔵し、肉の熟成中の水和度、グリコーゲン量の変化を測定した。同時に鮮度判定法として一般に行なわれている水素イオン濃度、アミノ態窒素、アンモニア態窒素の測定を行ない、その結果を第 1 表～第 5 表に示した。

第 1 表 水和度の変化

肉の種類	馬肉 (%)	豚肉 (%)	牛肉 (%)	鶏肉 (%)
0	69.98	80.26	79.22	76.59
1	69.03	86.29	88.00	74.69
2	73.45	83.56	85.99	74.83
3	77.92	77.59	83.71	73.91
4	82.25	83.22	85.32	82.25
5	78.44	84.36	82.97	76.77
6	75.73	84.36	85.39	86.38
7	76.28	—	—	—
8	78.64	—	—	—
9	83.58	—	—	—

第 2 表 肉の PH の変化

熟成時間(日)	馬肉	牛肉	豚肉	鶏肉
0	5.4	5.0	4.9	5.4
1	5.2	4.9	5.2	5.3
2	5.5	5.0	5.05	5.4
3	5.4	5.0	5.05	5.3
4	5.5	5.1	5.1	5.5
5	5.1	4.9	5.05	5.7
6	5.3	5.1	5.1	5.8
7	5.7			
8	5.8			
9	5.9			

第 3 表 肉のアミノ態窒素 mg%

熟成時間(日)	馬肉	牛肉	豚肉	鶏肉
0	59.80	62.06	20.21	37.26
1	40.78	34.64	14.43	26.65
2	53.85	53.40	47.91	80.73
3	55.31	64.95	48.87	93.49
4	64.04	73.22	73.39	82.94
5	69.27	40.77	64.36	99.78
6	78.43	52.46	78.63	116.91

第 4 表 肉のアンモニア態窒素 mg%

熟成時間(日)	馬肉	牛肉	豚肉	鶏肉
0	19.13	8.72	14.55	25.79
1	23.72	28.87	19.64	27.26
2	23.65	14.43	21.09	41.26
3	24.01	19.12	45.82	46.42
4	29.84	17.33	26.16	58.62
5	30.32	20.39	29.43	79.81
6	32.45	16.65	30.21	80.31

第 5 表 肉のグリコーゲン量の変化 mg%

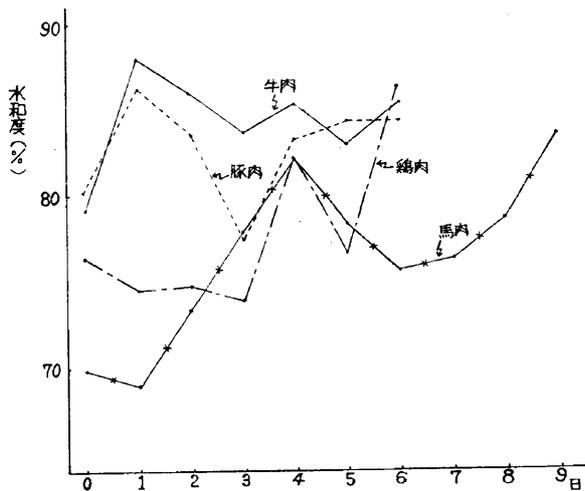
熟成時間(日)	馬肉	牛肉	豚肉	鶏肉
0	2,230.4	674.5	432.0	98.2
1	2,195.6	488.5	378.9	52.4
2	1,639.1	430.9	309.9	20.1
3	1,542.0	414.8	248.9	0
4	1,456.1	406.1	163.5	
5	1,323.4	380.5	123.1	
6	876.2	262.7	119.5	
7	783.6			
8	594.5			
9	506.3			

(註) 東大農化編：実験農芸化学，下巻，624 (朝倉書店)

(1) 水和度の変化

肉の熟成に伴う水和度の変化を第1図に示した。肉の種類によって水和度及びその変化速度が異なり、豚肉・牛肉は熟成0時に最低値を、24時間後に最高値を示している。馬肉は熟成24時間に最低値を示し、以後増加して96時間で最高値を示している。鶏肉では熟成0時より漸次減少して72時間に最低値、96時間に最高値を示している。一般に肉の最大硬直時と肉の酸性極限に達する時限はほぼ一致するとされていることから、pHが最低値を示した時と水和度が最低値を示す経過時間、すなわち牛肉・豚肉は各々熟成0日、鶏肉は3日、馬肉は1日が肉の最大硬直時と推定される。最大硬直後、肉の軟化と共に水和度は増加し、鶏肉・豚肉・牛肉では熟成24時間後、馬肉は72時間後に最高値を示し、以後各々一時減少するが、時数経過と共に増加の傾向を示している。水和度の変化は第2表に示す結果より、pHと関係があるものと考えられ、熟成

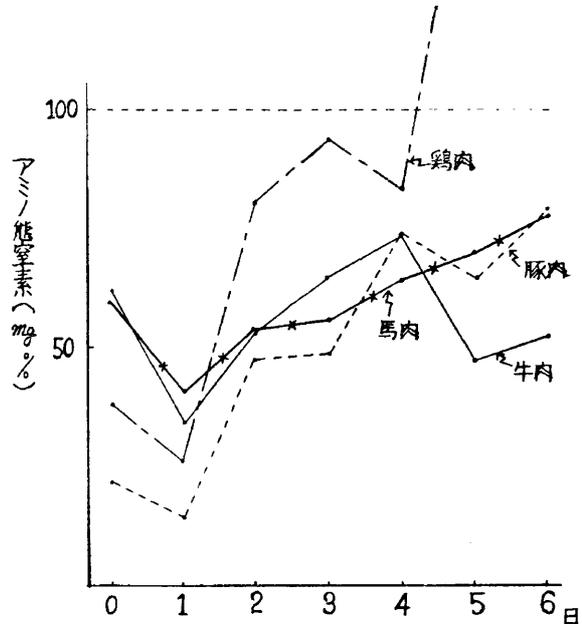
第1図 肉の水和度の変化 (0°C)



期間中の pH が酸度を増す時は水和度が低く、pH が中性へ変化する時は水和度も一般に高いようである。しかし第2表に示す鶏肉の結果にみられるように、pH が酸性から中性に向って変化しても水和度は一時減少していること、及び牛肉の pH が熟成0日5.0～1日4.9となっているにもかかわらず水和度が熟成0日～1日にかけて大きく増加していること（牛肉の場合は第5表よりグリコーゲン量の急激な減少により pH が酸性に傾いたのであり、同時に硬直解除と共に水和度が増加したのであろうと考えられる。）等から考えて、必ずしも pH のみの影響によって水和度に変化していないと思われる。このことは肉の熟成による水和度の変化は、pH の変化に影響されるが pH の変化によるだけでなく、熟成中に生ずる肉蛋白質の反応

の変化に影響されるらしいと云う藤巻等⁽¹⁴⁾の研究と一致している。次にアミノ態窒素の変化は第2図に示すように、四種の肉はいづれも熟成0日より24時間後の第1日に一時減少し、以後時数経過と共に漸次増加の傾向を示している。これはグリコーゲン量の変化、水和

第2図 肉のアミノ態窒素の変化 (0°C)



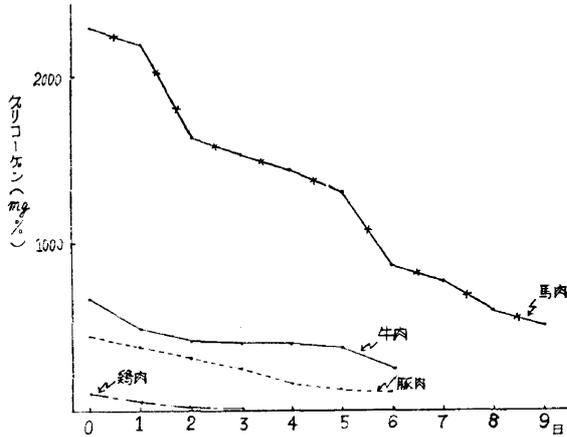
度の変化、pH の変化等より考えて、肉の硬直時にはアミノ態窒素が減少し、後、自己消化が進行すると共にアミノ態窒素が増加の傾向を示すと考えられる。

四種の肉の中では水和度、pH と同様に鶏肉のアミノ態窒素の変化が最も著しく、熟成0日～2日及び4日以後の変化が大である。水和度が肉の軟化と共に増加した後急激に減少する時、pH が5.3～5.5へと漸次中性に移行する傾向を示しはじめる時は、いずれも熟成4日であり、アミノ態窒素の変化傾向とも一致し、熟成5日でアミノ態窒素が100mg%をこえたこと等の結果より考えて、鶏肉では熟成4日迄に自己消化を完了し以後腐敗の段階に入ったものと考えられる。牛肉・豚肉・馬肉については pH、アミノ態窒素の測定値より考えて熟成6日迄は腐敗していないものと思われる。しかし肉の pH がグリコーゲンの分解や緩衝作用等に影響され、必ずしも鮮度と一致しない可能性のあること及びアミノ態窒素が増加の傾向を示していること、水和度の変化傾向等より考えて、豚肉・牛肉は0°C保存において熟成6日で、馬肉は8日で自己消化期間が殆んど最終期に達したものと考えるのが妥当であろう。尚アンモニア態窒素の測定を行なったが第4表に示すように結果に考察上困難な点があり鮮度判定

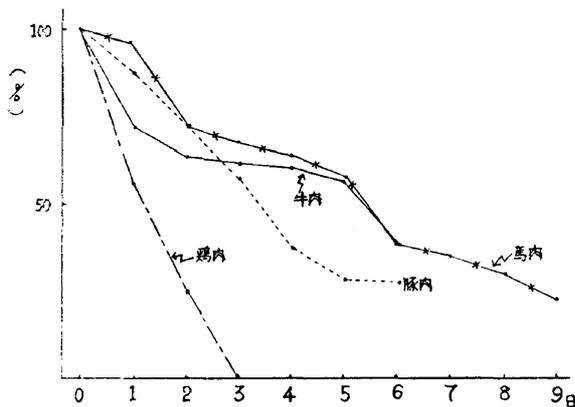
の資料とはなし得なかった。

(2) グリコーゲン量の変化
グリコーゲン量の変化は第3図に示した。更に熟成0日を100としてグリコーゲン減少の割合を図示すれば第4図のようになる。

第3図 肉のグリコーゲン量の変化 (0°C)



第4図 肉のグリコーゲン減少率



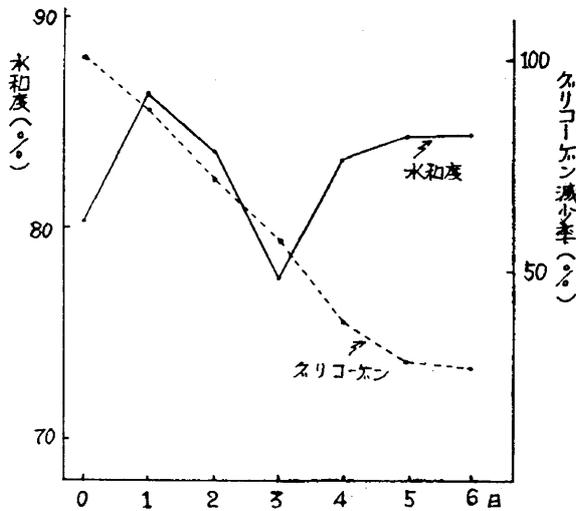
グリコーゲン加水分解液調製の際、蛋白質の反応を呈したので中性酢酸鉛飽和溶液で除蛋白後滴定した結果、第5表に示すように、馬肉は四種の肉の中で最も多量の2290.4mg%含有し、各々馬肉に比してその含有量は牛肉で約 $\frac{1}{3}$ 、豚肉は $\frac{1}{5}$ 、鶏肉は $\frac{1}{24}$ であり、いずれもグリコーゲンを含有するがその量及び減少速度には大差がみられる。これは肉の種的特異性によるものであらうと考えられる。グリコーゲン減少速度は馬肉が最も緩慢で熟成1日で95.87%残存し、2日には71.56%と急減し以後7日38.26%と漸次減少の傾向を示すが、熟成9日に於ても22.15%残存している。これに比して牛肉は熟成1日で72.5%に急減し、1~5日は比較的緩慢で6日には38.95%に減少している。豚肉は熟成1日が87.71%で以後4日までほぼ同程度

の速度で減少し6日は27.66%と減少し、牛肉より減少速度は速い。次に鶏肉は四者中で最も減少速度が速く、熟成24時間で55.82%と半減し、死後3日ですでに分解消失していることを示している。尚豚肉・牛肉・馬肉は熟成第1回の測定迄にすでに72~96時間経過しているから、これを加えると鶏肉のグリコーゲン減少速度は他の肉の少なくとも2~3倍以上速いと考えられる。また牛肉・豚肉の場合、死後初期のグリコーゲン量の減少が著しいと報告されていることから本実験の第1回の測定値よりも、屠殺直後の測定値は大であると推定される。グリコーゲンの解糖に伴う乳酸の生成によって、肉のpHが影響されることは四種の肉に於て、いずれもグリコーゲン減少率の大であった熟成0日~1日にpHも5.4~5.2, 5.0~4.9, 5.4~5.3と低下していることから明らかである。鶏肉の場合はグリコーゲンが完全に消失してしまう熟成3日以後、急速にアミノ態窒素の測定値が増加したこと、pHが5.3~5.8へ変化したこと、水合度が著しく増加したこと等より、自己消化期間を完了し腐敗傾向を示しているものと考えられる。これに比して牛肉・豚肉・馬肉は熟成6日迄はグリコーゲンが残存し、pH値、アミノ態窒素量等より考えて腐敗に達していないものと思われる。以上の結果より、グリコーゲンが筋肉中に残存している期間は自己消化が進行中であるが、グリコーゲンの殆んど消失と同時に腐敗に移行すると考えられる。

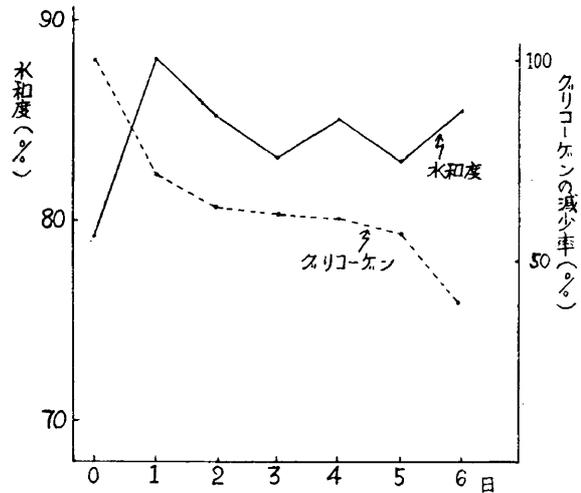
(3) 水合度とグリコーゲン量減少率の比較

第5図に示すように、馬肉ではグリコーゲン含量の最も多い熟成0日~1日に水合度は最低を示している。これは最大硬直時と考えられ、その後グリコーゲン量の著しく減少する熟成1日~5日に水合度は増加している。即ちグリコーゲン含量の多い時に水合度は最低値を示すが、グリコーゲンの減少に伴って水合度は、反対に増加している。このことはグリコーゲンの分解によって自己消化作用が急速に行なわれ、従って硬直肉は軟化し、肉蛋白質の保水性が増加するのであらうと考えられる。熟成5日以後、グリコーゲンは時数経過と共に漸次減少する。これに対して水合度はグリコーゲンが減少しても一定以上には増加せず一時減少し、第2, 3表に示すpH値、アミノ態窒素量等から考えて自己消化が終期に達したと判定される熟成8日より再び増加の傾向を示している。この様な水合度とグリコーゲン量の変化の関係は各々肉の種類によって変化速度に差異はあるが、いずれも同様の変化傾向を示している。

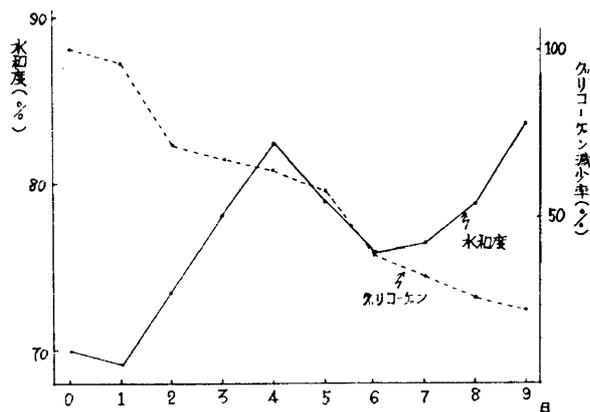
第5図 馬肉の水和度とグリコーゲン量の比較 (0°C)



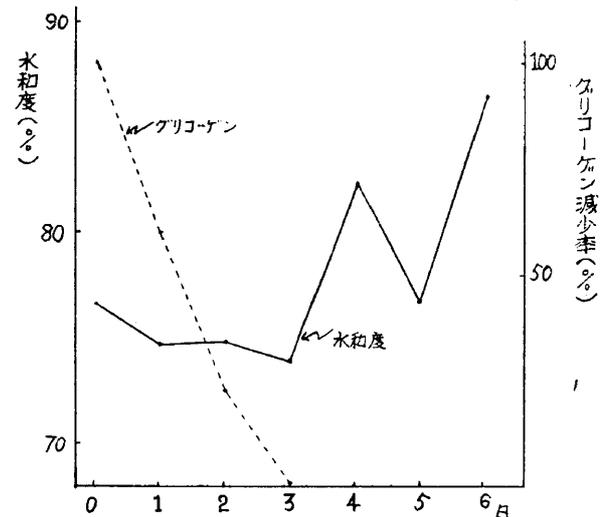
第7図 豚肉の水和度とグリコーゲン量の比較 (0°C)



第6図 牛肉の水和度とグリコーゲン量の比較 (0°C)



第8図 鶏肉の水和度とグリコーゲン量の比較 (0°C)



従って第5図～8図に示す結果から考えて、食用に最適の期間は、グリコーゲンの急減後に、水和度が最高値を示す時限と考えられ、馬肉は熟成4日、豚肉・牛肉は熟成1日、鶏肉は熟成3～4日となる。但し豚肉・牛肉・馬肉は通算すれば屠殺後熟成4～7日となる。グリコーゲン含有量が多くまた残存率の多い肉ほど、自己消化期間が長く、水和度の比較的高い期間も長く、従って食用に好適な期間が比較的長時間にわたると考えられる。これに対してグリコーゲン含有量が少く、減少速度の速い肉ほど自己消化期間が短く、水和度の高い期間も短時間であると云う傾向を示している。即ち鶏肉の場合は後者に相当しグリコーゲンの存在している熟成0～3日は水和度がほぼ最低値にあり、グリコーゲンの消失してしまった熟成3日～4日に著しく水和度が増加している。しかし水和度の高いのは熟成4日の一日で以後第2, 3表に示すpH値の変化、アミノ態窒素量の著しい増加等より考えて、直

ちに腐敗へ移行して行く傾向を示していると思われる。従って鶏肉の様にグリコーゲンが急速に減少する肉は死後の熟成期間が比較的短時間であるから、死後直ちに食用に供するのが美味であり妥当であると考えられる。筋肉中にグリコーゲンを多量に含有する程熟成期間は長く馬肉・牛肉では死後グリコーゲン残存率が70～50%に減少した時、水和度も増加し、食用に最適の時期であろうと思われる。肉のグリコーゲンが乳酸へ変化することによりpHが酸性を増加し、そのことが肉の熟成に好条件となることから、食味にグリコーゲンの存在が間接的に影響を与えることは考えられるが、しかし鶏肉の場合、食用時には、すでにグリコーゲンが完全に消失していることからグリコーゲンが肉の食味に直接関係しているとは考えられない。

〔Ⅳ〕 要 約

牛肉・馬肉・豚肉・鶏肉のグリコーゲン含有量を測定し、これらの肉を死後0°Cに貯蔵して熟成中のグリコーゲン量の変化、水和度の変化を測定し、両者を比較検討することによって自己消化率の最大時期の判定、死後経過時間の推定、食用に最適な時間の判定等を行なった。また、グリコーゲン量の変化を測定することによって肉の鮮度判定が可能であるか否かを研究する為、水素イオン濃度、アミノ態窒素を同時に測定し、結果を比較検討した。

- (1) 肉の熟成期間中の水和度の変化に於て、熟成初期に水和度は最低値を示した。これはグリコーゲン残存率の最高時、pH 値が最低の時と一致し、最大硬直時と考えられる。
- (2) 熟成中の肉の水和度は、一定時間のグリコーゲン減少率が最大の時に最高値を示した。これはグリコーゲンの分解によって自己消化が著しく進行し、肉の軟化に伴って肉の蛋白質の保水性が増加した為であろうと考えられる。
- (3) 肉のグリコーゲンを定量した結果馬肉は四種の肉の中で最も多く2.290mg%，牛肉674mg%，豚肉432mg%，鶏肉は最も少く98mg%であった。
- (4) 熟成期間中のグリコーゲン減少速度は鶏肉>豚肉>牛肉>馬肉の順に速く鶏肉は熟成3日でグリコーゲン残存率が0%であり、これに比して熟成6日に於ても馬肉は40%，牛肉は38%，豚肉は27%残存していた。
- (5) グリコーゲン含有量が多くまた熟成期間中の残存率の高い肉ほど自己消化期間、水和度の比較的高い期間が長く、従って食用に適する期間もグリコーゲン含有量の少ない肉より比較的長時間であると考えられる。
- (6) 死後0°Cに貯蔵した場合、食用に最適の時期は水和度が最高値を示す時、又グリコーゲン残存率70~50%の時即ち鶏肉は熟成3~4日、牛肉・豚肉・馬肉は熟成4~7日頃と推定される。
- (7) グリコーゲンは死後時間の経過と共に漸次或は急速に減少し最後には消失するものと考えられる。これに対して水和度は、熟成初期に最低値を示し、後グリコーゲンの分解に伴って一時増加するが、自己消化期間が完了すると考えられる時再び一時減少し以後増加の傾向を示す。
- (8) グリコーゲン減少の著しい時、pH 5.0~5.4の時

期に自己消化は最も進行しているものと考えられる。

- (9) 肉を0°Cで熟成した場合に、肉のpH値、アミノ態窒素量、水和度の変化等より考えて、肉中のグリコーゲンの残存率が25%以上の期間は自己消化が進行中であり、腐敗していないものと推定される。
- (10) 以上の結果より肉のグリコーゲンの変化を測定することによって、肉の鮮度を判定することがある程度可能であると考えられる。しかし肉の種類によって特異性個体差、のあることを充分考慮に入れる必要があると思われる。

参 考 文 献

- (1) 佐々木、藤巻：日農化，**32**，628（1958）。
- (2) R. A. Lawrie：Biochem. Biophys. Acta，**17**，282（1955）。
- (3) 佐々木、藤巻、古城、田中：日農化，**27**，725（1953）。
- (4) E. C. Bate-Smith：Adv. in Food Res，**1**，1（1948）。
- (5) 足立、田中：京都女大食物誌，**5**，38（1958）
- (6) 足立、河村：京都女大食物誌，**6**，24（1959）
- (7) 足立、下村、亀井：京都女大食物誌，**7**，43（1959）。
- (8) 足立、下村、亀井：京都女大食物誌，**8**，35（1960）。
- (9) 足立、下村、小田：京都女大食物誌，**8**，38（1960）。
- (10) 足立、下村、亀井、靈山：京都女大食物誌，**11**，1（1961）。
- (11) 足立、北村：京都女大食物誌，**11**，23（1961）
- (12) E. Wierbicki et al：Food Technol.，**10**，80（1956）。
- (13) C. S. Hanes：ibid.，**23**，99（1929）。
- (14) 藤巻、倉林：日農化，**32**，775（1958）。