水産物の腐敗に関する研究—VI.

サメ肉に於けるアンモニア発生の特異性についての考察 (その2)

清水 亘・日引重幸

(京都大学農学部水産学教室)

Studies on Putrefaction of Aquatic Products—VI.
Observation on Speciality for Development of Ammonia
in Shark Muscles (2).

Wataru SIMIDU・Sigeyuki HIBIKI

We have reported in the previous paper ¹⁾ that the step found on the ammonia-developing curve in the process of putrefaction of shark muscle, was responsible for setting of the muscle during storage. In the present work, we have been led to the conclusion that it was mistake and must be correct as follows:

Urea in the shark muscle may be distributed inside and outside of the muscular cells, and bacteria may act first on external urea and next on internal urea secreted from the cells which have been broken by enzyme and bacteria. We expected that the step on the ammonia-developing curve might be due to that the speed of the development of ammonia would be dull at the final point of decomposing of external urea.

サメ肉貯蔵中にアンモニアの発生が段階的に起る現象、即ちアンモニアがある程度に達した時一時発生が中絶し、数日後再び発生し始めるという事実がしばしば見られるが、その原因について第4報⁽¹⁾でそれが坐りに帰因する公算の大きいことを述べた。しかしこの推定は観察の誤りで、サメ肉中に於ける尿素の分布状態が成因であることを明らかにすることが出来た。

実 験 I.

第4報でも考察したように、アンモニアがある量に達すると pH の値が急激に増加するところから、尿素分解細菌が死滅し、従つて尿素の分解が一時的に衰微するのであらうと一応考えた。それでドチサメ *Trachurus scyllium* MÜLLER and HENLE の精肉に $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 及び KH_2PO_4 を肉中水分に対しそれぞれ 0.6 M 及び 0.8 M になるように加えて pH をそれぞれ 8.3 及び 5.1 に調節し、7.2°~10.7° に貯蔵して貯蔵中のアンモニアの発生状況を観察した。その結果は Fig. 1 の通りである。これによれば、pH 8.3 のサメ肉は塩類濃度がかなり大きいにも拘らず、対照肉と殆んど差がなく、対照肉に明らかに階段が現われておるのに、却つてむしろ階段が不明瞭である。そして pH 5.1 のサメ肉はアンモニアの発生が極めて遅い。これらの事実は始めの予想に反しサメ肉の pH 上昇は階段の生成に関係がないことを示すものである。

この実験と同時に、坐りの影響を見るために、同じサメ肉を 45° に加熱して坐りを促し、更に之を挽肉して坐りを破壊し、坐りの影響を失わしめたものを同様に試験した。その結果は図に見るように、始めは恐らく細菌の1部が死滅したためにアンモニアの発生がやや遅れるかに見えるが、後には対照肉の階段を突破して却つて速になる。これは高温処理したために熱或いは酵素の作用で肉細胞が破れ、内部の尿素が

Fig. 1

露出して細菌に侵され易くなつたためと考えられる。

尚板鰐類に属しないカマス *Sphyræna pinguis* GÜNTHER の肉に 2% の尿素を加えて同様に処置したもののはアンモニアの発生が殆んど停止することなく進行した。これは前報⁽²⁾の実験結果とも一致し、加えた尿素が肉細胞外に存在するためであろう。

以上の実験に於ては、サメ肉がアルカリ性になつた時空气中に逃げるアンモニアを捕捉するために試料容器の口に吸収瓶をつけた。しかしそれに吸収されるアンモニアの量は多くて 5 mg 程度であつて、無視出来ることがわかつた。

実 験 II.

坐りの影響をもう一度確める目的でドチザメの精肉を 1 組はそのまま、他の組は 50°~55° に 2.5 時間加熱して蛋白を変性せしめて坐りを防ぎ、7.8°~15° に貯蔵してアンモニアの発生状況を比較し、また pH 及び坐りの変化を測定した。坐りの程度は Comparator を用い、高さ及び直径共に 3 cm の円筒状に成形した肉に 50 g の荷重を加え、30 秒後の高さの変化 Δl ともとの高さ l_0 との比で表わした。ここに 30 秒後の値を採つたのは、予備試験の結果、歪曲線がほぼ一定値に達することがわかつたからである。実験結果は Fig. 2 の通りである。

この結果によれば、坐りは貯蔵の初期に現われるが、アンモニアの発生はその頃には尚潜伏期に当り、坐りから遙かに遅れて急激な増加が起り、続いて第 1 の階段に達する。即ちアンモニアは坐りとは無関係に発生し、階段の生成も坐りに影響されるとは思われない。加熱肉に於いてはアンモニアの発生が遅れ、発生し始めてからは停止することなく 終りに近づくに従つて却つて急激になり、即ち階段を生じない。坐りが階段の生成に関係がないとすれば、加熱肉に階段を生じない理由が他になければならぬが、それは前にも述べたように加熱処理によつて細菌の作用を受け易くなつたためであろう。始めアンモニアの発生が遅れるのは 50°~55° に於いて細菌の一部が死滅するためと思われる。

Fig. 2 Developing curve of ammonia in shark muscles at non-cooked and cooked conditions. The broken line shows the change in strain with time at a constant load, in non-cooked muscle.

実験 III.

同様の結果が次の実験から得られた。即ちシロザメ *Mustelus griseus* PIETSCHMAN の肉を1組はそのまま、他の1組は 50° に3時間加熱し、また板鰐類に属しないセイラ *Coryphaena hippurus* LINNÉ の肉を1組はそのまま、他の1組には1.5%の尿素を加え、これらを 15° に貯蔵してアンモニア及び pH を測定した。その結果は Fig. 3 の通りである。(この場合 Histidine を加えたのは他の目的に役立つためで、ここでは関係がない。)この結果を見てもサメ対照肉(無処理肉)では階段の生成が見られるのに、サメ加熱肉及び尿素を添加したセイラ肉には階段が現われていない。この理由は実験 I 及び II の場合に説明した通りである。

サメ加熱肉のアンモニア発生が始めやや遅れているのは細菌の死滅に起因することも既に述べたが後報で更に詳述する。

実験 IV.

これまでの実験でしばしば示されたように加熱肉及び尿素を添加した肉に於けるアンモニアの発生曲線上に階段が見られないのは、肉細胞が破壊され或いは尿素が細胞外に存在して細菌に侵され易い状態にあるためであることが想定される。してみればサメ肉を搗潰して細胞を破壊したものや破壊しないものとを比較すれば一層明らかにされる筈である。そのような意図のもとにシロザメの切身及びそれを挽肉にしたもの、更にその上に搗潰したものを $10^{\circ}\sim 11.3^{\circ}$ に貯蔵して試験した。その結果は Fig. 4 の通りである。

これによれば切身に於いては常の如く 400 mg 附近で約3日間アンモニアの発生が停滞階段を生ずるが、挽肉ではそれが不明瞭であり、搗潰肉では殆んど見られない。従来の実験に於いては大抵挽肉を使用し、その場合普通には階段を生じたのであるが、細胞の潰れる程度に応じてそれが早く解消し、次第に階段の幅が狭められることがこの実験結果から察知される。

考 察

第4報で、サメ肉のアンモニア発生曲線上に現われる階段は坐りに原因し、坐るためにミセル中に包蔵された尿素が細菌によって侵され難くなり、アンモニアの発生

Fig. 3

Fig. 4 Developing curve of ammonia in shark muscles under various conditions.

が一時停止するためであろうと考えた。事実坐りの機能を失わしめたサメ肉では階段が現われない。しかし階段の現われる対照肉について観察すると、坐りはアンモニアが発生する以前に起り (Fig. 2), この両者の間に直接の因果関係があるようには見えない。また板鰓類に属しない魚肉に尿素を加えた場合には、魚肉は坐るけれどもアンモニアの発生は止らない (Fig. 1, Fig. 3)。同じことが前にも見られた (第1報⁽²⁾の Fig. 6)。Fig. 1 ではむしろ例外的にずっと上方に於いてなだらかな階段らしいものが現われておるが、これは加えた尿素の1部が貯蔵中に細胞内に浸透し、細菌に侵されにくい状態に置かれたためとも説明出来る。

サメ肉を高温で処理し坐りを破壊した場合には階段が現われない。第4報ではそれを坐らないためと解したが、むしろ高温処理によつて自己消化及び細菌の発育が促進され、細胞が破壊されて尿素が細胞外へ流れ出るか或いは細菌が侵入し易くなった結果と見られる。同様に貯蔵温度が高いほど階段が上方へ移り、しかも次第に狭くなることを第4報 (第4報の Fig. 2) で述べ、その原因を温度が高いほど早く坐り早く解消するためであると解釈したが、高温度に貯蔵しても坐りは容易に解消しない場合があり、それでも階段が生じないのであるから、上述の説明のように改めた方が妥当であろう。

さて肉中尿素の分布状態が階段生成の因をなすものとすれば、サメ肉を挽肉にし、更に攪潰すれば細胞が破壊され、尿素が細菌によつて侵され易くなり、従つて階段が現われないであろうと予想される。この予想は実験によつて証明された (Fig. 4)。坐りが階段の原因であるなら、逆に攪潰肉に階段が生成する筈であるが、事實は切身に却つて階段が現われ、攪潰肉には現われない。第4報でも同様の実験を行い、この場合は挽肉と切身との間に差がなく、細胞破壊の程度が階段の生成に影響がないものとしたが、実験結果 (第4報の Fig. 1) を詳細に観察すれば挽肉の場合にも階段が生成しておるけれども、切身よりも早く解消しておりやはり細胞が破壊されれば細菌に侵され易いことを立証しておる。

尚、アンモニアが発生するにつれて pH が上昇し、pH が上昇すれば尿素分解細菌の活動が阻害され、アンモニアの発生が抑制されて、その発生曲線上に階段が生ずることも一応考えられるが、実験の結果は pH が低い場合にはむしろアンモニアの発生が遅れ、この予想は当たらないことが示された。

要するにサメ肉中の尿素は細胞の内外に分布され、細菌はまず細胞外の尿素を侵し、次いで細胞内へ進行するものと思われるが、その両過程の間に起る時間的のいずれが即ち階段生成の原因になるのであろう。

(本報は文部省科学研究費による業績の1部である。)

文 献

- (1) 清水亘・大石圭一：日本水産学会誌，16 (12)，547，1951.
- (2) 清水亘・大石圭一：日本水産学会誌，16 (9)，423，1951.