

## 魚介類を用いた発泡食品化に関する研究

浅原充雄・嶋内 潤・白木信彦

水産加工原料の安定確保は、水産加工業者にとって経営を左右する重要な問題である。最近沿岸資源は減少傾向にあり、原料の確保が困難になりつつある。その中で、加工向け利用度の低いイワシ類、スルメイカ等を見直し、この高度利用法を開発することは、重要な課題となってきた。

最近急速に高齢化が進み、高齢者用のソフト化食品素材、食品への要望が強くなってきており、健康面での機能性が勝れている水産物を利用したソフト食品の開発は、一般消費者のニーズに合致する。そこで、これら加工原料を用い、新たな食品素材、食品の技術開発を図るため、発泡性を取り組んだ利用技術の開発を目指した。本研究は、水産庁特定研究開発促進事業、平成8～12年度「低・未利用水産物を用いた新規食品素材の開発」の成果を取り纏めたものである。

### 方 法

水産原料の発泡化のための物理的、化学的処理ならびに発泡性を保持した組織化を検討する。

1) 原材料：マイワシ、マアジ、マサバ、アカハゼ、スルメイカ、メジロザメ

#### 2) 試料の調整

①試料肉：数尾採肉（赤身肉含む）してスピードカッターで均一に混合ミンチし、メジロザメは、皮、血合肉、軟骨等を除いた普通肉をミンチし、試料肉とした。また、スルメイカ部位別は、胴部、頭脚部、耳部に分け、口部、眼球、軟骨、内臓等を除き、水洗、水切りしたもの（皮付き）をミンチし、試料とした。

②生殖腺：マイワシ（成熟）、マサバ（未成熟、成熟）、スルメイカ（成熟）より生殖腺を採取し、試料肉と同様に処理した。なお、スルメイカ卵巣は、試料検体から数%程度しか採取出来ないため、組織化用に量的確保が必要なため、市販品を用いた。（通常イカ白子として販売されている）

③加熱肉：試料肉20gをホモゲナイザー用カップに取

り、密封後、恒温水槽により、所定の温度で30分間加熱し、直ちに冷却、加熱試料とした。

#### 3) タンパク質の化学修飾

①サクシニル化（コハク酸添加）：羽田野ら<sup>1)</sup>の方法を参考にしてミンチ肉を直接サクシニル化する方法をとった。反応物を直接利用することを考慮して、食添に用いられているコハク酸（使用基準なし）を用い、この添加量を少なくする方向で、コハク酸の濃度が1%、2%になるよう様に用い、反応終了後4N NaOHで中和に要する量をあらかじめ調べ、500mlまたは1ℓビーカーにミンチ魚肉とミンチ魚肉の中和に要する量を減じて加水し、コハク酸の濃度が1%、2%なるように添加し、30℃の恒温水槽で1時間スターラー（井内 SCR-130型）、200r.p.m.で攪拌した。反応性が進むにつれて、粘性がでてくるため、適宜ガラスで強制的に上下層を攪拌した。反応物は、冷蔵庫に保存した。

②サクシニル化（コハク酸ナトリウム添加）：①の方法で、コハク酸にかえてコハク酸二ナトリウム（6水和物）を用いた。添加量は、コハク酸二ナトリウムとして0.5～4%添加した。コハク酸ナトリウムは、中性なので中和操作はしなかった。

③サクシニル化用の試料の調整：当初サクシニル化の試料は、2) 試料の調整の方法によるスピードカッターでミンチした試料肉を用いたが、この試料肉を①、②の方法で加水し、さらに10,000r.p.m. 2分間ホモゲナズ後、サクシニル化を図った。

④加熱サクシニル化肉：①、③の方法で調整したサクシニル化肉を50gホモゲナイザー用カップに取り、ラップフィルムで密封後、恒温水槽により、所定の温度で30分加熱し、直ちに冷却、加熱サクシニル化肉の試料とした。

#### 4) 魚介類内部の発泡特性究明としての酵素処理

発泡性の測定方法に準じて<sup>2)</sup>ホモゲナイザー用カップに試料20g取り、加水30mlとし、これに酵素トリブ

シン、パバイン（何れも和光純薬工業(株)製）を全量に対して各0.5%添加，ラップフィルムで密封後，45℃の恒温水槽に1時間放置した。適宜容器ごと攪拌した。反応後，直ちに冷却し，発泡性を測定した。

#### 5) 資料の発泡化と加熱ゲルの調整

調整試料を用い，スピードカッター（松下電器 K・3型）で播潰した。播潰時間は，最初攪拌1分後容器の蓋や側部等に飛び散ったペーストをヘラで容器内に戻し，2分間続けて播潰した。予備試験の結果，播潰3分間で十分発泡させることが出来たので，播潰時間は3分間とした。発泡ペーストは折り巾3.5cmクレハロンチューブに詰めた。また，加熱ゲル形態の比較の意味で，菓子用のプリン型容器（底径6.8cm，上径7.8cm，高さ6.5cm）にペーストに入れ，サララップで覆い，回りを紐で縛った。加熱は，当初85℃で20分間加熱したが，以下の試験結果から発泡性の高い配合区分程加熱による含気された空気の膨張がより大きくなり，冷却して収縮した時の泡の保持とゲルの好ましい形状保持に限界が見られたことから<sup>3)</sup>，加熱条件の検討により，加熱最高温度を80℃とし検討した。調整試料を用い，配合内容を検討後，スピードカッター（松下電器 K・3型）で播潰した。

#### 6) 測定方法

①発泡性：前報<sup>2)</sup>の方法に準じた。すなわち，調整試料20gに加水し，ホモゲナイズ（日本精機 AM-3型 カップ容量216ml）後，100ml容メスシリンダーにホモゲナイズしたものを移し，容積を測定した。

$$\text{発泡性(発泡能)} = \frac{\text{発泡体積 (ml)} - \text{発泡前の体積 (ml)}}{\text{発泡前の体積 (ml)}} \times 100 (\%)$$

②発泡安定性（静置法）：乳化安定性の評価法<sup>4)</sup>を参考に上記の方法で，10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ後，直ちに発泡物を50ml容メスシリンダーに移し，室温に放置し，分離水槽（下層）を経時的に観測し，分離した水槽の容積を測定した。

$$\text{発泡安定性(発泡安定能)} = \frac{\text{分離水槽 (ml)}}{\text{全層 (ml)}} \times 100 (\%)$$

③発泡抑止率：発泡性の測定方法で，調整試料の内訳として発泡性の高いもの（スルメイカ耳部）と低いもの（魚肉）を混合し，発泡性の高いものを90%（18g），低いものを10%（2g）とした時の発泡性を次式により測定した。

$$\text{発泡抑止率} = \frac{\text{スルメイカ耳部の発泡性} - \text{魚肉混合割合10\%の発泡性}}{\text{スルメイカ耳部の発泡性}} \times 100 (\%)$$

④比重：ホモゲナイズによる比重（g/ml）は，6）-

①の発泡性測定のパーストの重さを計り，発泡容積で除して出した。スピードカッターによる比重は，ペーストならびに加熱ゲルを100ml容積のメスシリンダーに50ml取り，この重さを計り，容積（50ml）で比重を出した。前法<sup>3)</sup>発泡性と比重の関係図から，未加熱ペースト，加熱ゲルの比重測定値から発泡性を求めた。

⑤加熱ゲルの物性測定：加熱ゲルは，高さ3cmに切断し，レオメーター（不動工業 NRM-2002 J型）で直径10mmの円盤状ブランジャーによる押し込み試験を行なった。押し込み速度は2cm/minに設定した。比較の意味で，通常練り製品の弾力測定に用いられている径5mmの球状で測定した。ゲル物性は，破断強度（g）と破断凹み（mm）を求め，各試料の各々の値ならびに平均値を示し，合わせて官能評価も行なった。

## 結 果

### 1. 魚種別の発泡性

#### 1) 魚肉の発泡性と加水量の関係

発泡性は，加水100%以下では殆ど認められなかったが，150%を越えると250%迄は加水量の増加に伴って高くなった。魚種間ではマアジは最も低く，マイワシ，マサバ，アカハゼ，メジロザメはや、高く，スルメイカ（胴肉）は最も高くなった。ホモゲナイザー後は，マイワシ，マサバ，メジロザメは泡層とペースト層に分離したが，アカハゼ，スルメイカは分離しなかった。（図1）

#### 2) 魚肉の発泡性とホモゲナイザー回転数の関係

マイワシ，マアジ，マサバの発泡性は，回転数の上昇とともに高くなり，その大きさはマイワシ>マサバ>マアジの順となった。一方，アカハゼ，メジロザメ，スルメイカの胴肉部は，回転数が増す程低下した。官能的には高速回転になる程クリーム様の滑らかさと緻密性が高くなる様に見えた。発泡性が低下した原因は，高速回転により生じた泡が破壊され，細くなったためと推定された。（図2）

#### 3) 魚肉の発泡性とホモゲナイザー回転時間の関係

マイワシ，マアジ，マサバの発泡性は，ホモゲナイザー回転速度が5,000r.p.m.より10,000r.p.m.の方が高くなる傾向に，アカハゼ，メジロザメ，スルメイカ胴肉部は，5,000r.p.m.の方が10,000r.p.m.より高くなる傾向を示した。また，回転時間は，マサバを除いて他は，概ね時間とともに高くなった。5,000r.p.m.のスルメイカ胴肉部が最も高く，次にアカハゼであった。（図3）

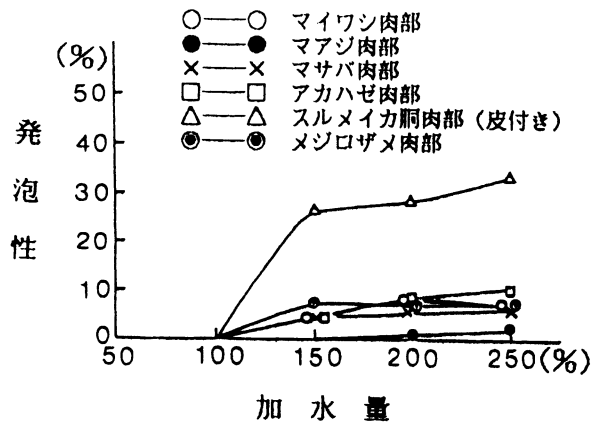


図1 魚肉の発泡性と加水量の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

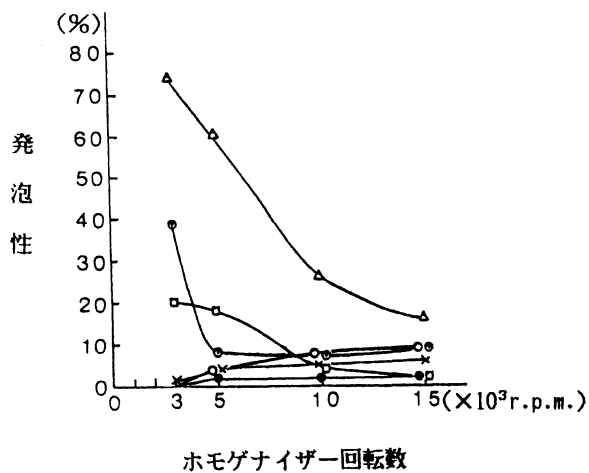


図2 魚肉の発泡性とホモゲナイザー回転数の関係  
回転時間：2分間 加水量：150%

#### 4) 魚肉の発泡性と食塩添加量の関係

マイワシ、マアジ、マサバの発泡性は、食塩添加量を増す程抑えられたが、マアジでは食塩0.5%添加、マイワシ2.0%、マサバ2.5%、アカハゼ1.5%で発泡性は見られなくなった。これは塩溶性タンパク質が溶解し始めるか、ほぼ溶解する濃度であり、魚肉が糊状となった状態であった。一方、メジロザメは、食塩0.5~1.5%では、添加量を増す程高くなり、1.5%をピークに2.5~3.0%では添加量を増す程漸減傾向にあったが、発泡性は、持続した。スルメイカ胴肉部は、食塩1.5%で塩溶性タンパクがほぼ溶解した状態であったが、食塩濃度の増加と共に発泡性は著しく上昇した。(図4)

#### 5) 魚肉の発泡性と加熱温度の関係

魚肉に対する加熱は発泡性に影響し、マイワシでは60℃までは発泡性があったが、70℃では殆どなくなった。マサバでは30~70℃で発泡性があったが、80℃で

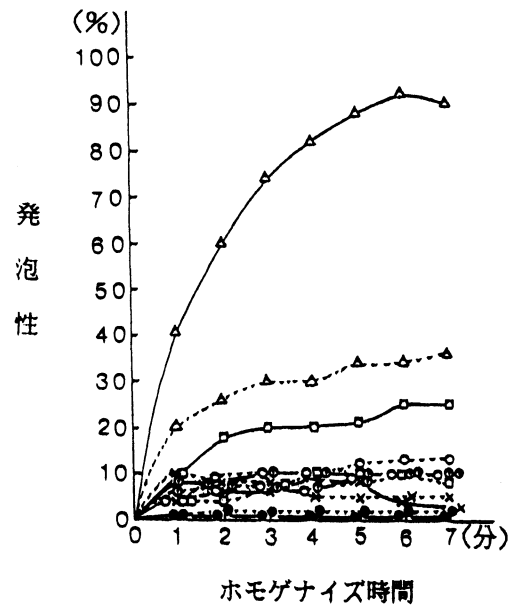


図3 魚肉の発泡性とホモゲナイズ時間の関係  
回転速度：5,000r.p.m. — 加水量：150%  
10,000r.p.m. - - - -

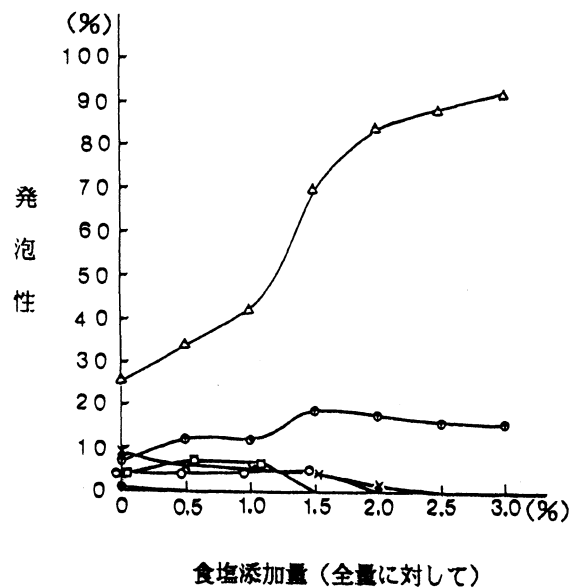


図4 魚肉の発泡性と食塩添加量の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

はなくなった。マアジは、30~50℃では発泡性はないが、60~90℃と温度が高くなる程発泡性は僅かに高くなる傾向にあった。一方、アカハゼは、30~70℃で発泡性は高くなり、70~80℃で低下し、80~90℃でほぼ一定となった。アカハゼ、メジロザメ、スルメイカ胴肉部は、加熱しても、発泡性の機能を保持することが解った。アカハゼ、スルメイカ胴肉部は、加熱温度60℃までは、ホモゲナイズ後の泡層とペースト層の固液分離が見られなかったが、70℃以上の温度では泡層とペースト層(固液分離)の分離が見られた。メジロ

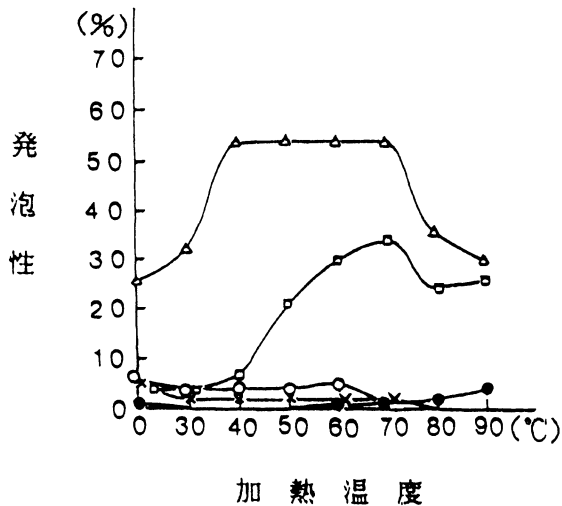


図5 魚肉の発泡性と加熱温度の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ  
加水量：150% 加熱時間：30分

ザメは、分離が40°Cより見られ、温度が高くなる程大きくなる傾向にあった。(図5)

## 2. スルメイカ部位別肉部の発泡性

### 1) スルメイカ部位別肉部発泡性と加水量の関係

発泡性は、胴肉部の皮付き、剥皮とも加水100%で殆ど見られなかったが、頭脚部、耳部は100%で発泡性が見られた。各部とも150~200%と増す程高くなった。発泡性は、ほぼ、耳部>頭脚部>胴肉部>胴肉部(剥皮)となった。胴肉部の皮付きは、剥皮のものより僅かに高かった。(図6)

### 2) スルメイカ部位別肉部の発泡性とホモゲナイザー回転数の関係

発泡性は、胴肉部皮付き、剥皮は、回転数を増す程低下した。頭脚部と耳部は5,000r.p.m.で最も高くなり、10,000~15,000r.p.m.と回転数を増す程低下した。

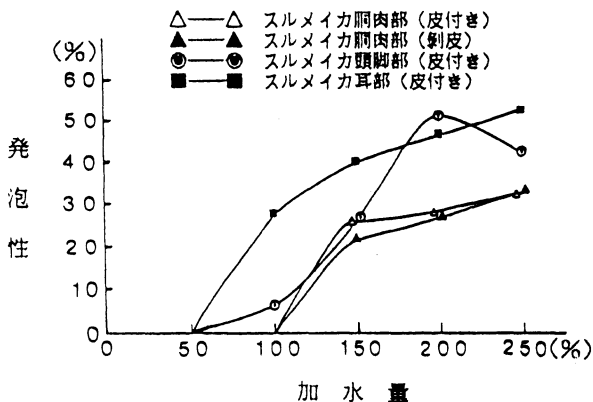


図6 スルメイカ部位別肉部の発泡性と加水量の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

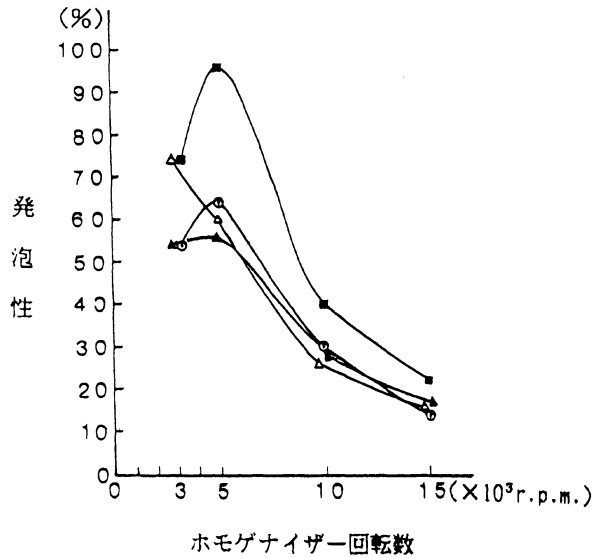


図7 スルメイカ部位別肉部の発泡性とホモゲナイザー回転数の関係  
回転時間：2分間 加水量：150%

5,000r.p.m.での発泡性は、耳部>頭脚部>胴肉部>胴肉部(剥皮)となった。これより回転数が高くなる程各部位別肉部は、同じ値に近づいた。(図7)

### 3) スルメイカ部位別肉部の発泡性とホモゲナイズ時間の関係

発泡性は、各部位とも回転時間にかかわらず、ホモゲナイズ時間と共に上昇する傾向を示した。また、回転数では、5,000r.p.m.の場合の方が10,000r.p.m.の場合よりも発泡性が著しく上昇した。部位別では、5,000r.p.m.では耳部が何れのホモゲナイも時間でも最も高く、その他の部位では、1~3分間はほぼ、頭脚部>胴肉部>胴肉部(剥皮)となり、5~6分間だけは、胴肉部>胴肉部(剥皮)>頭脚部に、7分間では、胴肉部(剥皮)>胴肉部>頭脚部と微妙に変化した。10,000r.p.m.では、発泡性は頭脚部と耳部はほぼ同じで最も高く、次に胴肉部>胴肉(剥皮)であった。(図8)

### 4) スルメイカ部位別肉部の発泡性と食塩添加量の関係

発泡性は、食塩添加量が多くなる程高くなる傾向を示した。頭脚部が最も高く、食塩1.5%までは耳部>胴肉部で、2.0~3.0%は、胴肉部>耳部となり、0.5~3.0%で胴肉(剥皮)が最も小さくなった。(図9)

### 5) スルメイカ部位別の発泡性と加熱温度の関係

発泡性は、各部位とも30~40°Cにかけて急に高くなり、50~60°Cでピークに達し、70~90°Cで低下した。発泡性の高さは、ほぼ、耳部>頭脚部>胴肉部>胴肉

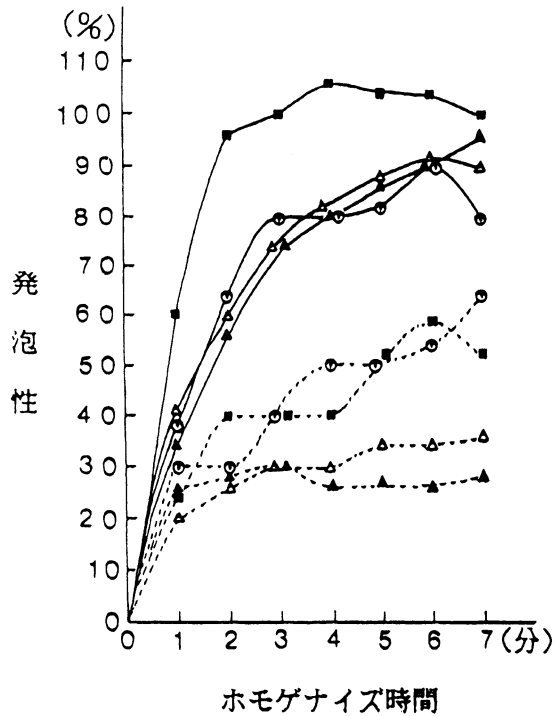


図8 スルメイカ部位別肉部の発泡性とホモゲナイズ時間の関係  
 回転速度：5,000r.p.m. — 加水量：150%  
 10,000r.p.m. - - - -

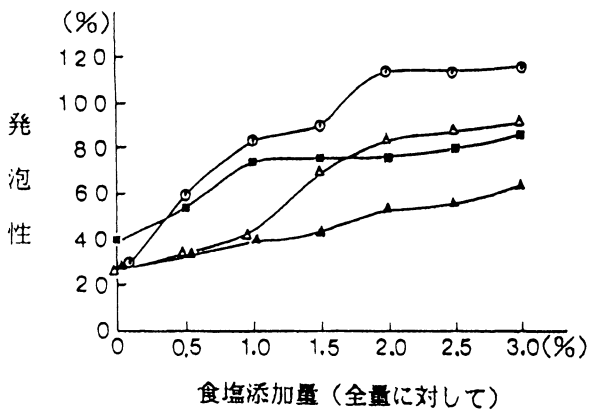


図9 スルメイカ部位別肉部の発泡性と食塩添加量の関係  
 10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

部（剥皮）であった。（図10）

### 3. 魚介類生殖腺の発泡性

これまでは肉部の発泡性を検討したので、生殖腺についても検討した。生殖腺として、マイワシとマサバは精巣と卵巣、スルメイカはこの他に包卵腺とニーダム氏嚢（図11）を用い、マサバでは、成熟度の影響を調べるために、未成熟の生殖腺についても検討した。なお、マアジの生殖腺は、入手できなかった。

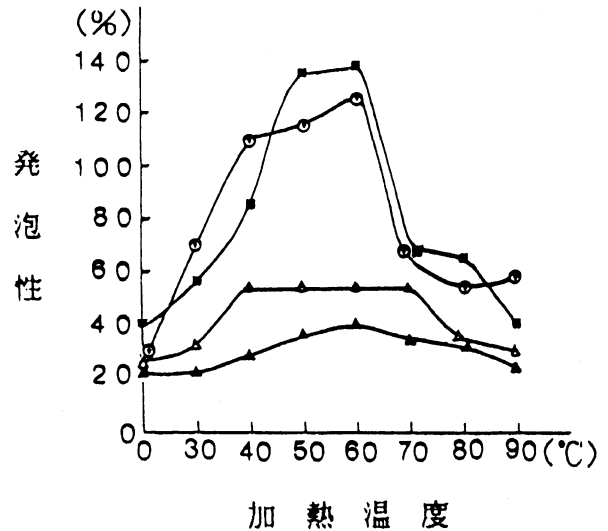


図10 スルメイカ部位別肉部の発泡性と加熱温度の関係  
 10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ  
 加水量：150% 加熱時間：30分

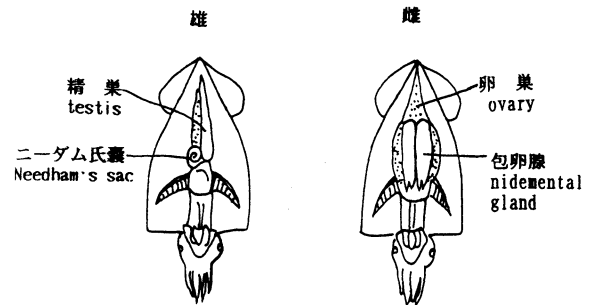


図11 スルメイカ生殖腺模式図

#### 1) 魚介類生殖腺の発泡性と加水量の関係

マサバ卵巣の発泡性は、最も低く、加水100%でわずかに高くなり、それ以上加水すると逆に低下した。しかし、その他の試料では何れも、顕著な発泡が起こり、ある加水率で最高になる至適加水率が存在した。その至適加水率は、試料によつて異なり、マイワシとマサバは100%であったが、スルメイカ精巣とニーダム氏嚢は150%、スルメイカ卵巣は加水200%、包卵腺は250%になった。また、成熟度の違いについては、卵巣で差がなかったものの、精巣では、成熟した方が約2倍に達した。（図12）

#### 2) 魚介類生殖腺の発泡性とホモゲナイザー回転数の関係

発泡性は、マイワシ精巣、マサバ精巣（成熟）、スルメイカ精巣、ニーダム氏嚢では、3,000r.p.m.より5,000r.p.m.でピークに達し、回転数10,000～15,000r.p.m.と高くなる程低下傾向を示した。マサバ精巣（未成熟）、スルメイカ卵巣は、3,000～

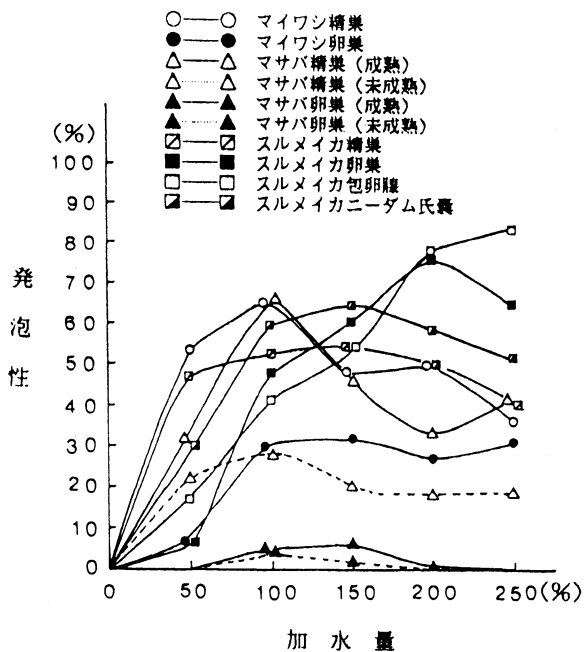


図12 魚介類生殖腺の発泡性と加水量の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

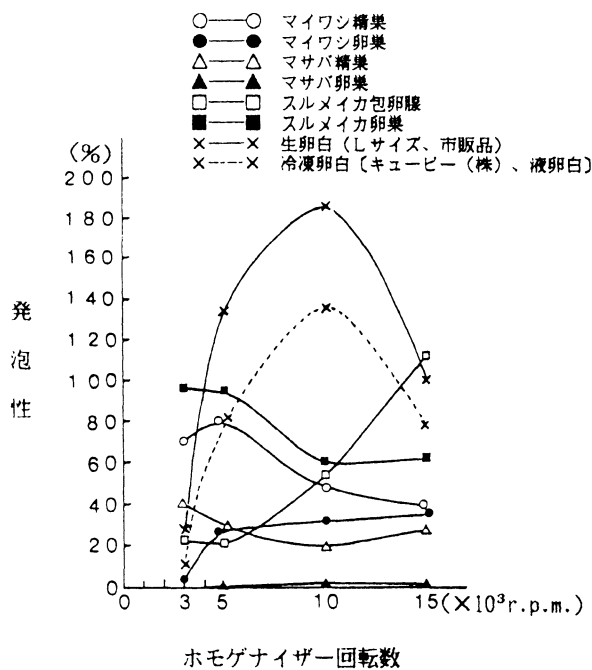


図14 魚介類生殖腺の発泡性と回転数の関係  
回転時間：2分間 加水：150%

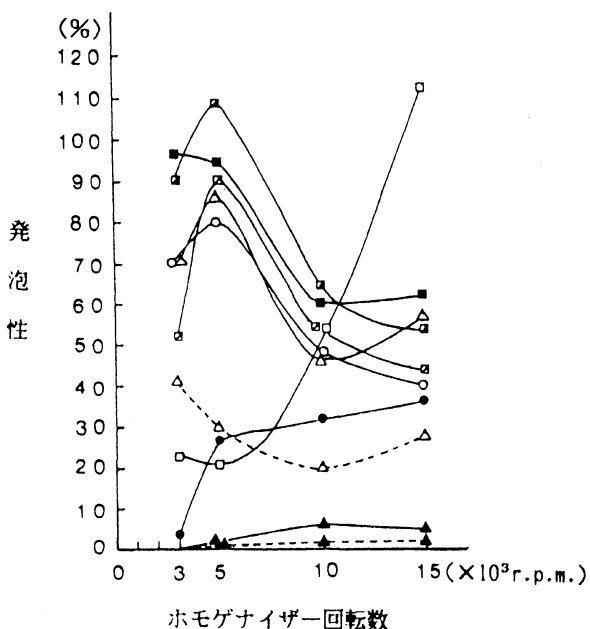


図13 魚介類生殖腺の発泡性と回転数の関係  
回転時間：2分間 加水：150%

10,000r.p.m.で、回転数が増す程低くなる傾向を示し、10,000~15,000r.p.m.では、同じかや、高くなる傾向を示した。マイワシ卵巣とスルメイカ包卵腺は、回転数を増す程高くなる傾向を示した。マサバ卵巣は、未成熟、成熟とも回転数を高くしても低い値であった。

マサバ生殖腺の成熟度の違いによる発泡は、精巢では、成熟の方が未成熟より高く、回転数5,000r.p.m.で比べると、両者の間で約3倍の差が見られた。卵巣で

は、回転数を高くしても低く、両者の差は僅かであった。(図13)

本研究では、発泡性の高い低いの低い指標は定めていないが、一般的に発泡性の高い鶏卵卵白を見ると、生卵白が最も高く、次に業務用で、かまぼこ等に利用されている冷凍卵白は生卵白より劣るが、両者とも回転数が10,000r.p.m.でピークに達した。発泡性の高い生卵白と生殖腺の発泡性のピークを比べて見ると、生卵白の発泡性100%に対して概ね冷凍卵白70%、マイワシ精巢40%、マイワシ卵巣、マサバ精巢で20%、マサバ卵巣1%、スルメイカ包卵腺60%、スルメイカ卵巣で50%となった。(図14)

#### 4. 食品素材の発泡性と添加量の関係

発泡性の指標の参考として、発泡性の高い食品素材として、ケーキ、クリーム類に用いられる、乾燥卵白、ゼラチン、カゼインナトリウムを本報告の方法で発泡性を検討した。ゼラチンは加熱溶解後、室温まで冷却して測定した。乾燥卵白は、メーカーにより差があり、最も発泡性の高いものを用いた。乾燥卵白は、1~10%と添加量を増す程高く、ゼラチンは、1~10%の添加量ではほぼ同じで、このうち4~6%添加がや、高かった。カゼインナトリウムは、1~5%と添加量を増す程急激に高くなり、6~10%と添加量を増す程低下する傾向であった。官能的には、添加量を増す程緻密性(硬さ)を増した。(図15)

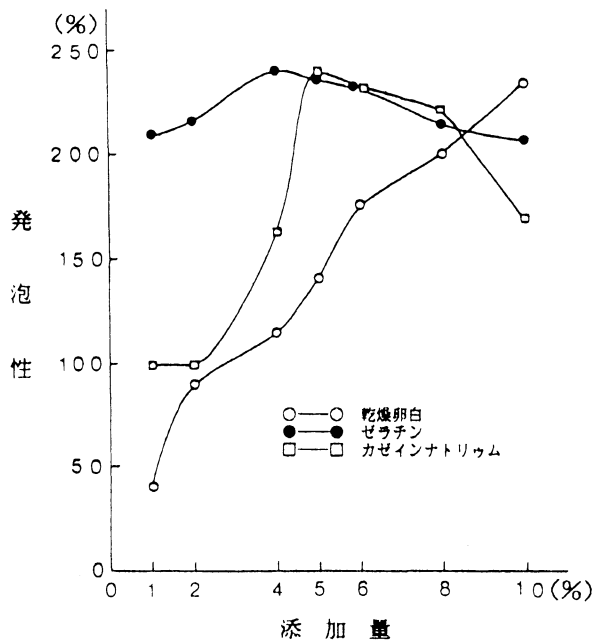


図15 食材素材の発泡性と添加量の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 全長50mlに調整

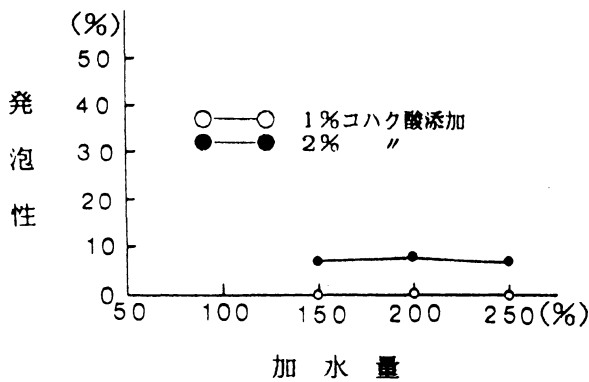


図16 コハク酸によるサクシニル化イワシ肉の発泡性と加水量の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

## 5. サクシニル化魚介肉の発泡性

タンパク質のサクシニル化による発泡性については、報告が少なく、大豆サクシニル化タンパクは、起泡性が高くなると報告されている<sup>3)</sup>。そこで、タンパク質の化学修飾として、サクシニル化については、一般的に無水コハク酸が用いられているが、安全性を考慮して食品添加物として使用できるコハク酸、コハク酸ナトリウムを用いて検討した。

### 1) マイワシサクシニル化肉(コハク酸添加)の発泡性と加水量の関係

発泡性は、1%コハク酸添加では、加水量を増やしても見られなかったが、2%コハク酸では、加水150~250%間では、ほぼ同じとなった。(図16)

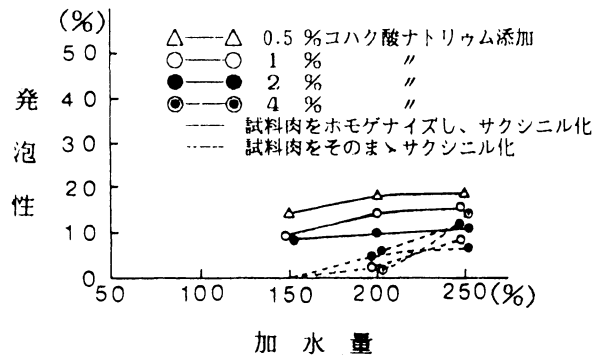


図17 コハク酸ナトリウムによるイワシ肉破細処理別サクシニル化肉の発泡性と加水量の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

### 2) マイワシサクシニル化肉(コハク酸ナトリウム添加)の発泡性と加水量の関係

結果の5-1)で、コハク酸添加により酸性になるため、魚肉タンパク質の生化学的特性や構造上の変化をきたすこと<sup>2)</sup>や反応後の4N NaOHによる中和操作の煩雑さ等からコハク酸ナトリウムを用いて検討した。なお、サクシニル化については、当初方法の2-①で調整した試料肉を用いたが、発泡性の値がまちまちであった。これは、サクシニル化に魚肉破碎の程度が影響したと考えられたので、この試料肉をさらに10,000r.p.m.でホモゲナイズし(方法の3-③で調整-この条件で十分であった)サクシニル化に供した。

マイワシの発泡性は、当初の試料肉を用いた場合は、コハク酸ナトリウム1~4%添加では、加水量を増す程高くなり、加水250%では、概ね1%>2%>4%コハク酸ナトリウムの順となった。試料肉をホモゲナイズした場合は、当初の試料肉より高くなり、加水量を増すほど漸増傾向を示した。発泡性は、0.5%>1%>2%コハク酸ナトリウムの順となり、添加量の少ない程高くなった。0.5%が1、2%より高くなったことは、サクシニル化により粘性が出てくるため、この粘性が発泡性を抑える作用をしたためと考えられ、コハク酸ナトリウムの添加量が少ない方が粘性が小さく発泡性が高くなったと推測している。また、コハク酸ナトリウムは、特異的な旨味が強く、1%までの添加では、この特異性を和らげることが可能と思われたのと、この試験で0.5%が最も発泡性が高かったことを考慮して、以下の試験では、添加量を0.5%にした。(図17)

### 3) 魚肉サクシニル化肉の発泡性と加水量の関係

魚肉サクシニル化の発泡性は、無処理に比べ、スル

メイカ胴肉部では、かなり高くなり、マイワシ、マアジ、マサバも高くなる傾向を示した。アカハゼ、メジロザメは変わらなかった。また、各魚種とも、概ね加水量を増す程高くなる傾向を示した。(図18)

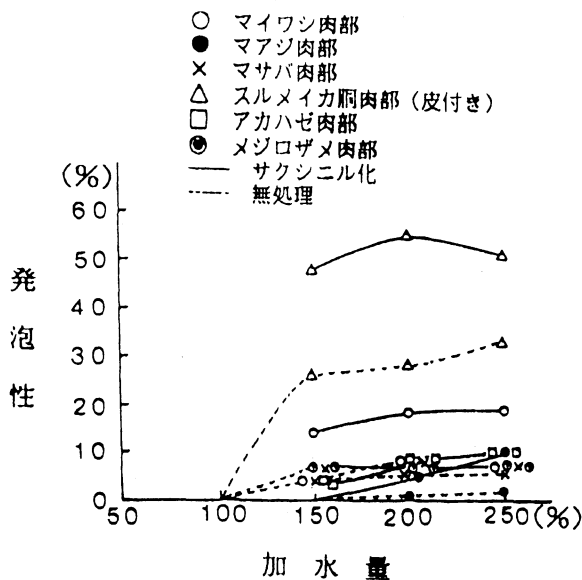


図18 魚化サクシニル化肉の発泡性と加水量の関係  
サクシニル化：0.5%コハク酸ナトリウム添加  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

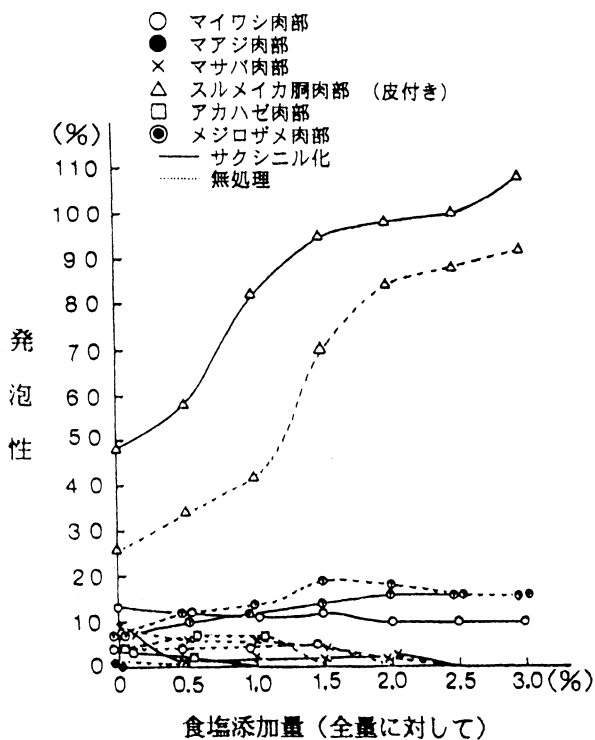


図19 魚肉サクシニル化肉の発泡性と食塩添加量の関係  
サクシニル化：0.5%コハク酸ナトリウム添加  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

#### 4) 魚肉サクシニル化肉の発泡性と食塩添加量の関係

魚肉サクシニル化の発泡性は、無処理に比べ、特にスルメイカ胴肉では高く、食塩濃度増加に伴い高くなる傾向であった。マイワシでは、やゝ高く、食塩濃度の増加とともに漸減する傾向を示した。また、マサバでは、サクシニル化、無処理とも、食塩2.5%添加で発泡性は、見られなくなり、アカハゼでは、サクシニル化は、1.0%で、無処理で1.5%で見られなくなった。マアジのサクシニル化は、食塩添加しても全く発泡しなかった。(図19)

#### 5) 魚肉サクシニル化肉の発泡性と加熱温度の関係

魚肉サクシニル化の発泡性は、無処理に比べ、マイワシでは、加熱温度が高くなるにしたがって低くなり、60℃で見られなくなった。マアジでは、30~50℃では、発泡性は見られなかったが、60~90℃と温度が高くなる程僅かに高くなった。マサバでは40~90℃で温度が高くなる程少し高くなる傾向を示し、60℃で最も高くなった。アカハゼでは、サクシニル化は、無処理と同

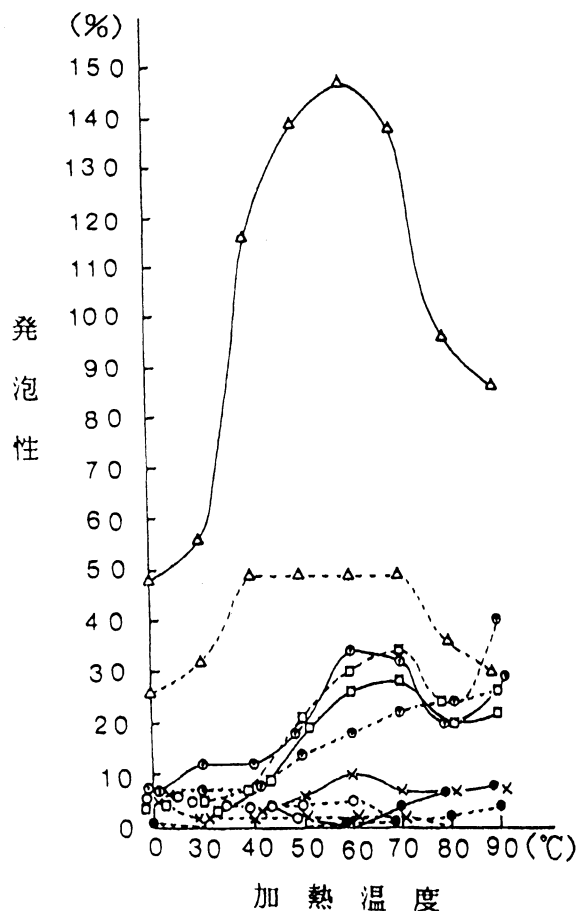


図20 魚肉サクシニル化肉の発泡性と加熱温度の関係  
サクシニル化：0.5%コハク酸ナトリウム添加  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ  
加水量：150% 放置温度：室温



様のパターンを示したが、サクシニル化は、無処理より低い値となった。メジロザメでは、30~70℃では高くなり、80~90℃では無処理の方が高くなる傾向を示した。一方、スルメイカ胴肉部では、加熱温度の上昇とともに著しく高くなり、60℃でピークに達し、70~90℃で低下した。各魚種とも60℃までは、ホモゲナイズ後の泡層とペースト分離は見られなかったが、70℃の温度では分離が見られた。メジロザメでは、40℃で泡層とペースト層の分離が見られ、温度が高くなる程分離が大きくなる傾向を示した。また、各魚種ともサクシニル化の方が無処理より泡層とペースト層の分離度合いが低いように見えた。(図20)

### 6. スルメイカ部位別サクシニル化肉の発泡性

サクシニル化による発泡性の改善は、魚類では効果が少なかったが、スルメイカ肉は魚肉より発泡性が高かったため、結果の2で差異が見られた部位別肉をサクシニル化し、この性状を検討した。

#### 1) スルメイカ部位別サクシニル化肉の発泡性と加水量の関係

サクシニル化肉の発泡性は、無処理より何れの部位も高くなった。頭脚部では、加水150%で高く、200%

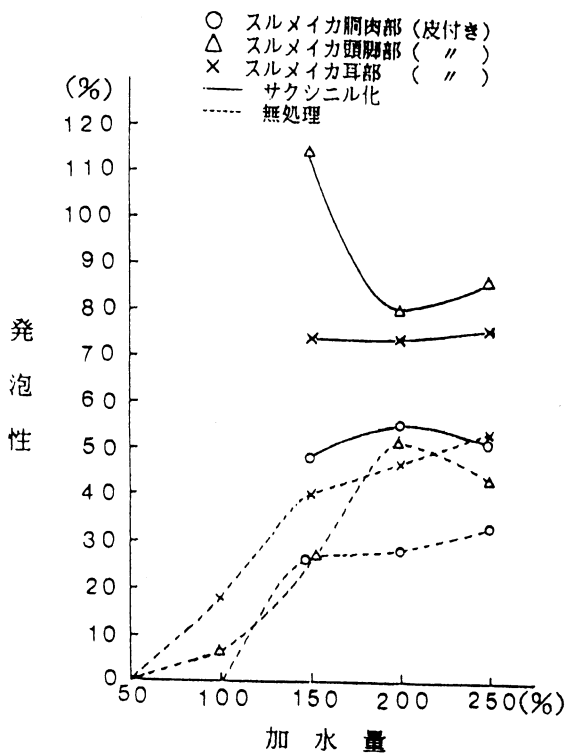


図21 スルメイカ部位別サクシニル化肉部の発泡性と加水量の関係

サクシニル化：0.5%コハク酸ナトリウム添加  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

で急激に減少、200~250%でや、増加、耳部では、150~250%でほぼ一定、胴肉部では、150~200%で漸増、200~250%で漸減傾向を示した。発泡性の高さは、頭脚部>耳部>胴肉部の順となった。(図21)

#### 2) スルメイカ部位別サクシニル化肉の発泡性と食塩添加量の関係

サクシニル化肉の発泡性は、無処理より何れの部位も食塩濃度の増加に伴って高くなる傾向を示した。頭脚部が最も高く、次に、食塩1.0%添加までは、耳部>胴肉部で、1.5~3.0%は、胴肉部>耳部となった。(図22)

#### 3) スルメイカ部位別サクシニル化肉の発泡性と加熱温度の関係

サクシニル化の発泡性は、無処理より高く、40~60℃でかなり高くなり、60℃でピークに達し、70~90℃で低下した。50~60℃のピークでの発泡性の高さは、耳部>胴肉部 頭脚部であった。(図23)

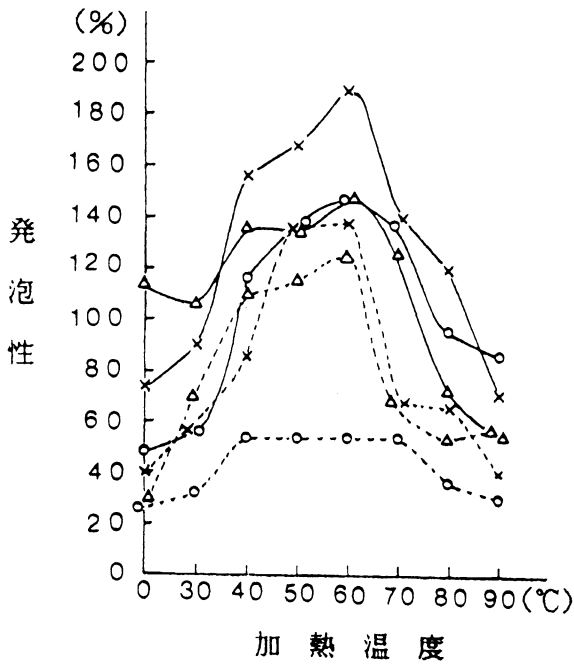
### 7. 魚介類生殖腺の無処理、サクシニル化の発泡性

結果の3-1), 2)で生殖腺の発泡性と加水量ならびにホモゲナイザー回転数の関係を調べたが、引き続き発泡性と食塩ならびに加熱温度の関係を無処理、サクシニル化処理ものについて性状を検討した。

#### 1) 魚介類生殖腺の発泡性と食塩添加量の関係

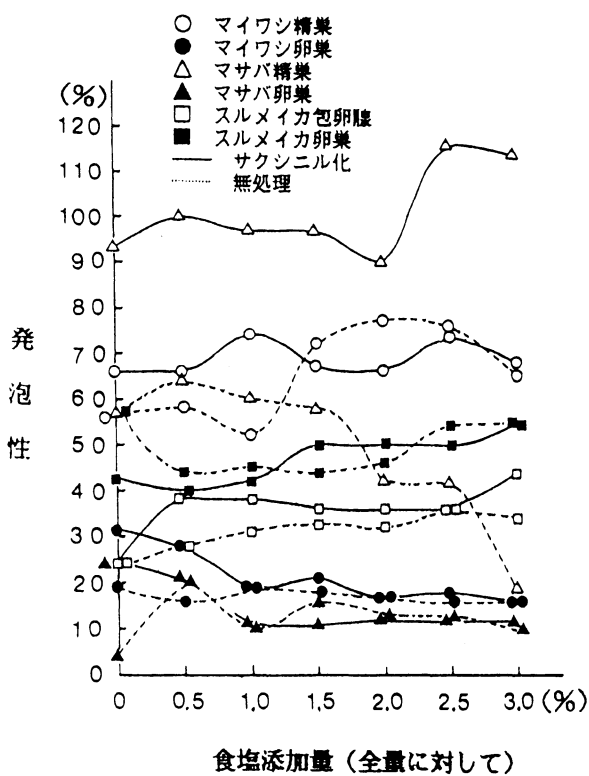
無処理の生殖腺の発泡性は、マイワシ精巣では、食塩0.5~2.0%添加では、添加量を増す程高くなり、2.0%をピークに2.5~3.0%添加は、添加量を増す程減少した。マイワシ卵巣は、添加量を増す程や、漸減傾向となった。マサバ精巣は、添加量を増す程減少傾向となり、1.5~3.0%では、添加量を増す程急激に低下した。マサバ卵巣は、マイワシ卵巣と同様に添加量を増す程や、減少傾向となった。一方、スルメイカ卵巣、包卵腺はや、増加傾向となった。食塩2.0%での発泡性の高さは、マイワシ精巣>スルメイカ精巣>マサバ精巣>スルメイカ包卵腺>マイワシ卵巣>マサバ卵巣の順となった。

サクシニル化生殖腺の発泡性は、特にマサバ精巣で、無処理に比べてかなり高くなり、食塩2.0~3.0%で、無処理では添加量を増す程急激に低下したが、逆にサクシニル化では急激に増加した。マイワシ精巣では、食塩0.5~1.0%でサクシニル化の方が無処理より高く、1.5~2.0%で逆に無処理の方がサクシニル化より高くなり、3.0%で両者ともほぼ同じとなった。スルメイカ包卵腺は、食塩添加量を増すと無処理のものよりや、高くなった。マイワシ卵巣、マサバ卵巣、スルメイカ卵巣は、食塩添加量を増しても無処理、サクシニ

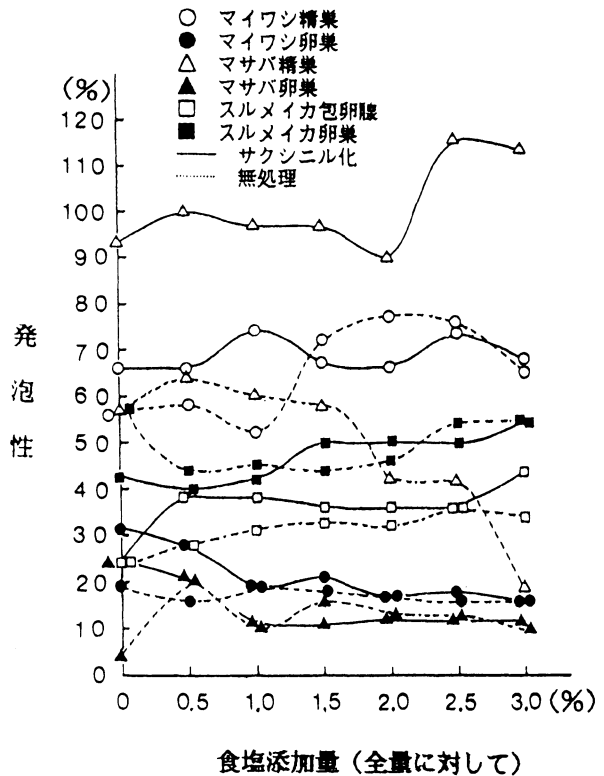


**図22** スルメイカ部位別サクシニル化内部の発泡性と食塩添加量の関係  
 サクシニル化：0.5%コハク酸ナトリウム添加  
 10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

ル化ともほぼ同じ傾向となった。食塩2.0%での発泡性の高さは、マサバ精巢>マイワシ精巢>スルメイカ卵巣>スルメイカ包卵腺>マイワシ卵巣>マサバ卵巣の順となった。また、マイワシ精巢、マサバ精巢は、無処理では泡層とペースト層の分離は見られず、食塩添加量を増す程粘性が出て糊状のペーストとなった。サクシニル化マイワシ精巢は泡層とペースト層(固液分離がみられた)の分離が見られ、液状となった。食塩添加量を増す程泡層とペースト層の分離は少なくなり、食塩2.5~3.0%では、分離は見られなかった。サクシニル化マサバ精巢は、泡層とペースト層の分離が見られたが、食塩添加0.5~1.5%はやゝ分離し、食塩2.5~3.0%では、分離は見られなかった。マイワシ卵巣、マサバ卵巣は、無処理で、泡層とペーストの分離が見られ、食塩添加量を増す程分離がはっきりしてきた。(食塩2.0%以上)サクシニル化は、両者とも無処理と同様泡層とペースト層に分離して液状となっており、食塩添加1.5%以上で分離がよりはっきりした。液状については、生殖腺に含まれる酵素作用の影響が考えられ、精巢より卵巣の方が液化への酵素作用が強



**図23** スルメイカ部位別サクシニル化内部の発泡性と加熱温度の関係  
 10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ  
 加水量：150% 加熱時間：30分



**図24** 魚介類生殖腺の無処理ならびにサクシニル化の発泡性と食塩添加量の関係  
 サクシニル化：0.5%コハク酸ナトリウム添加  
 10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

いと思われた。スルメイカ卵巣，包卵腺は，無処理，サクシニル化とも泡層とペースト層の分離は見られなかった。(図24)

## 2) 魚介類生殖腺の発泡性と加熱温度の関係

無処理の生殖腺の発泡性は，マイワシ精巣では，30～40℃で漸減し，50℃で急激に低くなり，逆に50～60℃で急激に高くなり，70℃をピークに80～90℃で低下した。マサバ精巣は，マイワシ精巣と同様な傾向となり，80～90℃で急激に低くなった。マイワシ卵巣は，加熱温度が高くなる程低くなる傾向を示した。マサバ卵巣は，30～70℃では温度が高くなる程高くなる傾向を示し，70℃をピークに80～90℃は低くなる傾向を示した。スルメイカ卵巣は，加熱温度が高くなる程低くなる傾向にあり，80～90℃では急激に低下した。スルメイカ包卵腺は，30～60℃は漸増傾向に，70℃で低くなり，80℃で再び高く，90℃で低くなった。70℃のピークでの発泡性は，マサバ精巣>マイワシ精巣>スルメイカ卵巣>マサバ卵巣>スルメイカ包卵腺>マイワシ卵巣の順となった。

サクシニル化生殖腺の発泡性は，無処理と概ね同様なパターンを持つものとして，マイワシ精巣，卵巣，マサバ精巣，スルメイカ卵巣は，50～70℃で高く，70℃でピークとなり，80～90℃で低下した。60～70℃では，無処理よりサクシニル化の方が高く，特に，マサバ精巣は，著しく高くなった。一方，スルメイカ包卵腺は，30℃をピークに温度が高くなる程低下し，50～60℃にかけて急激に低下した。30～60℃では無処理よりサクシニル化の方が高かったが，これより高温になると，両者はほぼ同じとなった。マサバ卵巣は，30～40℃ではや、低くなり，40～90℃ではほぼ一定となった。50～70℃では無処理の方がサクシニル化よりや、高くなる傾向を示した。70℃での発泡性は，マサバ精巣>マイワシ精巣>スルメイカ卵巣>マイワシ卵巣>スルメイカ包卵腺>マサバ卵巣の順となった。無処理では，マイワシ精巣は，30～50℃で泡層とペースト層の分離が見られたが，70～90℃は分離が見られなかった。マイワシ卵巣，マサバ卵巣は各温度とも分離が見られ，マイワシ卵巣は，70～90℃で分離は小さくなった。マサバ精巣は，30～80℃で分離が見られなかったが，90℃では分離した。スルメイカ包卵腺は，各温度とも分離は見られなかったが，スルメイカ卵巣は，80～90℃の高温で分離した。

サクシニル化では，マイワシ精巣は，30～50℃で泡層とペースト層の分離がはっきりしたが，60～90℃に

かけて分離は小さくなった。マイワシ卵巣は，30℃で分離が見られたが，60～80℃で分離せず，90℃で分離した。マサバ卵巣は，無処理と同様各温度で分離が見られ，高温になる程分離がはっきりした。マサバ精巣は，各温度とも分離は見られなかった。スルメイカ包卵腺，スルメイカ卵巣は，両者とも分離は見られなかった。(図25)

## 8. 魚肉無処理肉とサクシニル化肉の安定性

無処理で安定性が高いのは，スルメイカ胴肉部>アカハゼ>マアジ>マサバ>メジロサメの順となった。サクシニル化すると，無処理より発泡安定性は高くなり，マイワシ，マアジ，アカハゼ，スルメイカ（無処理も同様）は24時間放置しても，液層の分離は見られなかった。また，図には示していないが，スルメイカの部位別，頭脚部，耳部の無処理肉，サクシニル化肉は，胴肉部と同様な結果となった。(図26)

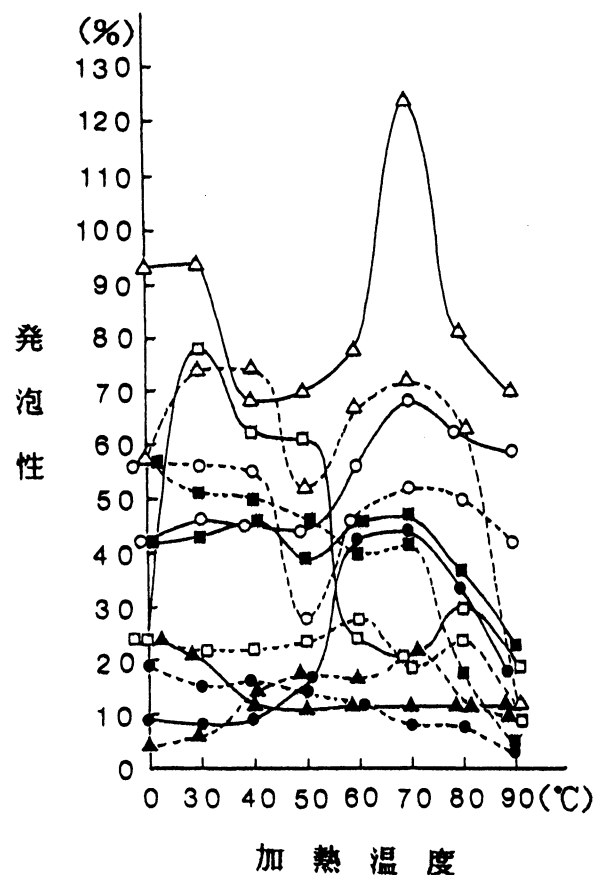


図25 魚介類生殖腺の無処理ならびにサクシニル化の発泡性と加熱温度の関係

サクシニル化：0.5%コハク酸ナトリウム添加  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ  
加水量：150% 加熱時間：30分

### 9. 魚介類サクシニル化物の発泡性に及ぼす放置時間

スルメイカ各部位別肉部、マサバ精巢のサクシニル化物の発泡性は、無処理よりかなり高くなることが解った。サクシニル化物の発泡性及び放置時間の影響、つまり、自家酵素によるタンパク質の分解が発泡性を高めることが考えられた。これまでの試験で、サクシニル化は、反応温度30℃、反応時間60分に、サクシニル化物の温度の影響を見るのに30分放置する条件に設定してきたので、30℃でこの放置時間に相当する60分、90分の無処理での発泡性を検討した。サクシニル化は、結果の5、6、7のデータ（前報<sup>6,7)</sup>データを基に図26に書き加えて示した。なお、この試験に用いた試料は、-30℃に貯蔵した同一試料カロットを使用した。また、解り易くするため、図28に、図27の放置時間0分、無処理0分の放置時間の値を1とした時の発泡性倍率に書き替えて示した。

両図からサクシニル化の発泡性は、放置時間による発泡性にサクシニル化による発泡性が加わったものと言える。

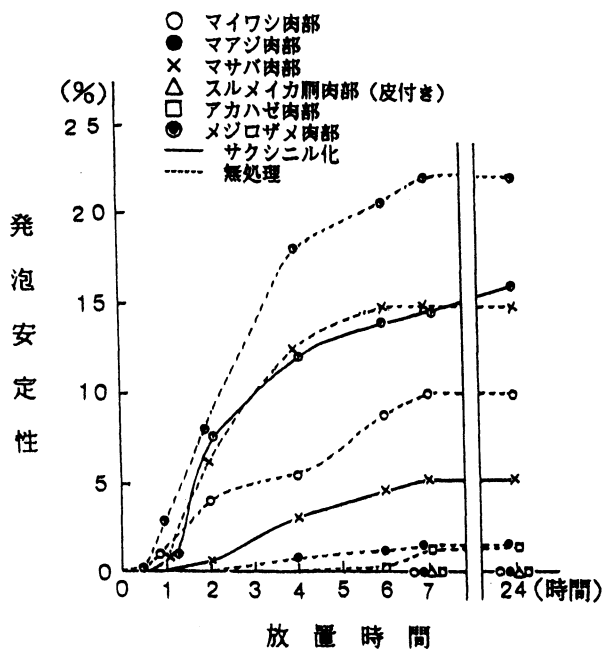


図26 魚肉無処理肉とサクシニル化の発泡安定性と放置時間の関係

サクシニル化：0.5%コハク酸ナトリウム添加

10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

加水量：150% 加熱時間：30分

分離水層 (ml)

$$\text{定性発泡安} = \frac{\text{分離水層 (ml)}}{\text{全層 (ml)}} \times 100\%$$

### 10. 魚介類の肉部ならびに生殖腺のサクシニル化(用語)と発泡性

本来サクシニル化はタンパク質に無水コハク酸を作用させ、サクシニル化反応を起こさせるものであるが、本報告で表現しているサクシニル化と言う用語は、上記のタンパク質の修飾の方法に記したごとく、魚肉や生殖腺のホモゲナイズ処理したものに、直接コハク酸二ナトリウムを溶液濃度として0.5%になるように添加し、反応させたもので、このサクシニル化の用語については、本事業の年度末報告会（平成9年度）で論議されたこともあったが、スルメイカ各部位別肉部の発泡性は、無処理よりサクシニル化の方がかなり高くなること、マサバ精巢は著しく高くなること、無処理よ

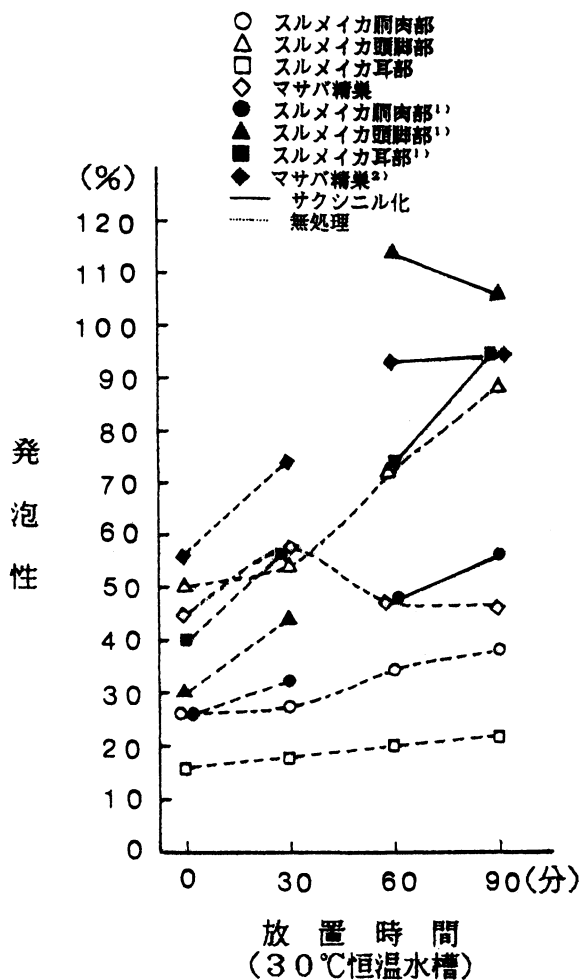


図27 スルメイカ各部位別肉部、マサバ精巢ならびにこのサクシニル化物の発泡性と放置時間の関係

サクシニル化：60分-サクシニル化に30℃で60分放置  
90分-サクシニル化物を30℃で30分放置

<sup>1)</sup>平成9年度報告 <sup>2)</sup>平成10年度報告

(各区分とも-30℃に貯蔵した同一試料カロットを使用した)  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

りサクシニル化方が発泡安定が高くなること、また、サクシニル化反応が進むに従って粘性が高くなることを観察している。このことから、サクシニル化、つまり部分的にアシル化反応が進んだと解釈する方が本論を得ていると考えられる。また、コハク酸ナトリウム添加によるpHの変動によるタンパク質の変性も考えられたが、表1に示した示したごとく、0.5%コハク酸ナトリウム液自体のpH7.65と微アルカリで、各試料の微酸～中性に近く、強酸、強アルカリ域でないでpHによる影響<sup>8)</sup>は殆どないと思われた。(表1)

### 11. 酵素処理が魚介類発泡性に及ぼす影響

魚介類肉部のサクシニル化は、発泡性を高めることを明らかにしたが、マイワシ、マサバ卵巣<sup>7)</sup>は、サクシニル化反応で液状となり、泡層とベースト層に分離

表1 魚介類生殖腺ならびにスルメイカ耳部の無処理、サクシニル化のpH

| 試料             | pH   |        |
|----------------|------|--------|
|                | 無処理  | サクシニル化 |
| マイワシ精巣         | 6.72 | 6.85   |
| マイワシ卵巣         | 6.23 | 6.27   |
| マサバ精巣          | 7.17 | 7.07   |
| マサバ卵巣          | 6.22 | 6.23   |
| スルメイカ包卵巣       | 6.51 | 6.56   |
| スルメイカ卵巣        | 6.35 | 6.37   |
| スルメイカ耳部        | 6.85 | 6.87   |
| 0.5%コハク酸ナトリウム液 | 7.65 |        |

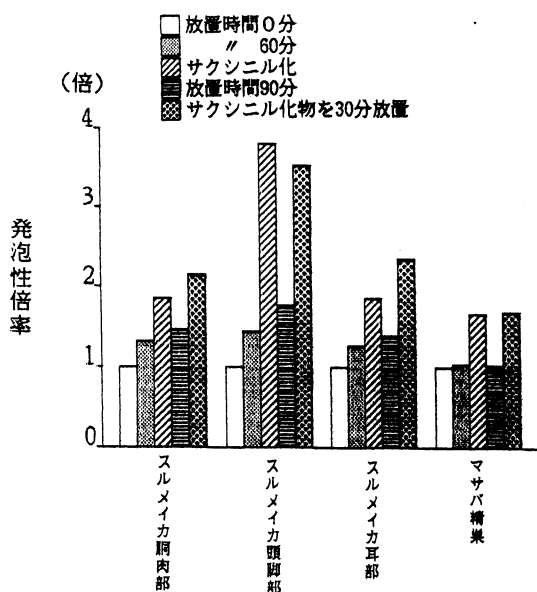


図28 スルメイカ各部位別肉部、マサバ精巣ならびにこのサクシニル化物の発泡性と放置時間の関係 (図27を書き替え)

発泡性倍率：放置時間0分の発泡性を1に、サクシニル化は、無処理0分の発泡性を1にした時の倍率

し、両者は、この反応は不適あることが解った。卵巣に含まれる強い酵素活性のためと考えている。そこで、魚介類肉部にタンパク質分解酵素トリプシン、パパインを作用させた場合、発泡性にどのように影響を及ぼすのか、特性究明の手段として検討した。

マイワシ、マアジ、マサバ肉部ではトリプシン、パパイン処理による発泡性の向上は認められず、マイワシで見られたエマルジョン様の発泡性も酵素処理で消滅した。しかし、アカハゼ、メジロザメ、スルメイカ各部位別肉部では、酵素処理で顕著な発泡性の増加が認められ、何れも200%以上に達した。また、酵素の種類による発泡性は若干異なり、スルメイカ胴肉部で

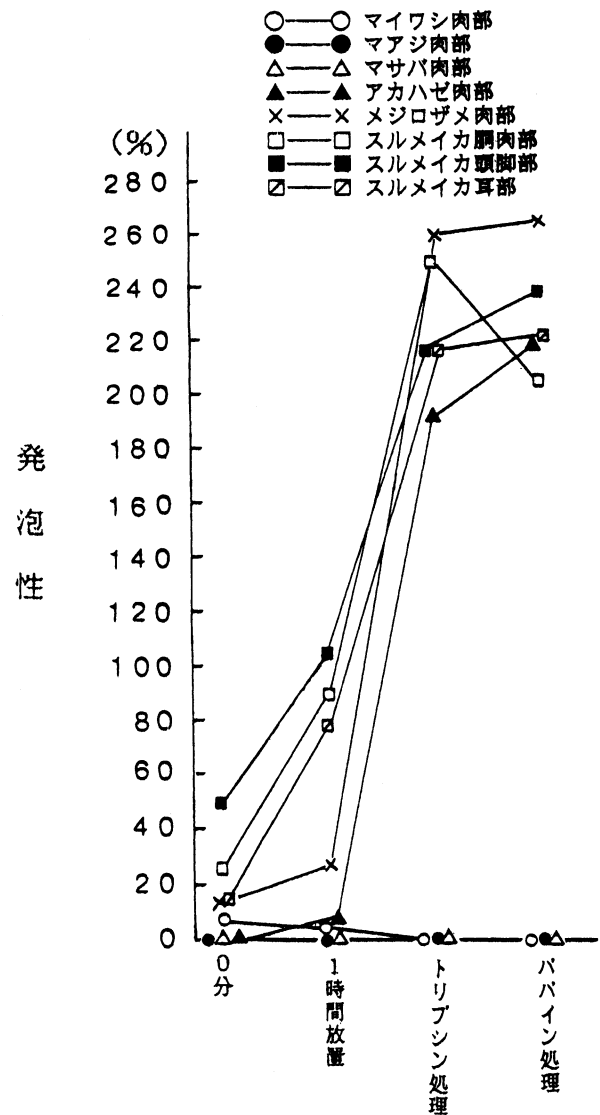


図29 魚介類肉部の放置時間ならびに酵素処理した肉部の発泡性

放置、酵素処理温度：45℃ 酵素添加量：0.5% 10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

はトリプシンが、他の試料では、パパインがそれぞれ高くなった。(図29)

鶏卵卵白と卵黄の発泡性については、新鮮な卵より古い卵の方が泡立ち易い<sup>9)</sup>とされていることから、タンパク質の適度な変性が発泡性を高めたと推測され、生卵白より凍結卵白、乾燥卵白の方が高い値を示した。

- A: 生卵白 (Lサイズ、市販品)
- B: 生卵白を-30℃で1日凍結
- C: 乾燥卵白 (太陽化学(株)を12.5% (生卵白相当)
- D: 生卵黄に加水150% 溶液に調整

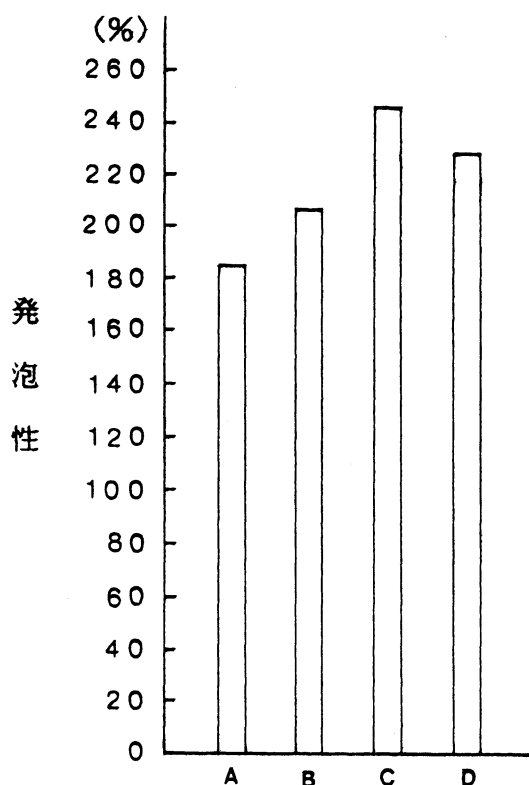


図30 鶏卵卵白と卵黄の発泡性  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ

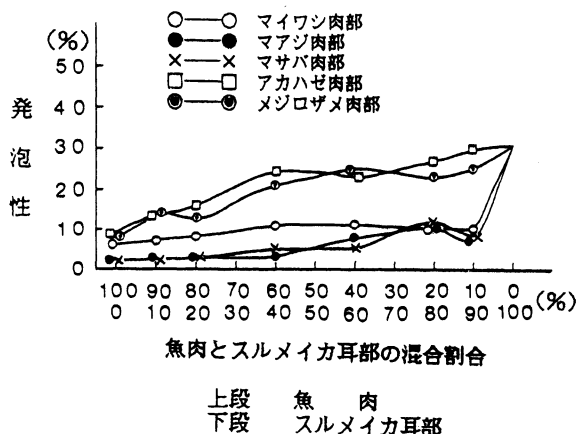


図31 魚肉とスルメイカ耳部の混合による発泡性の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量:150%

卵黄は、加水すると起泡性が大きくなる<sup>10)</sup>ことから、加水を50~250%とし試験した。発泡性は、加水100~250%では、何れも200%を越え、この内最も高くなった加水150%の値を図示した。両図を比較すると酵素処理したアカハゼ、メジロザメ、スルメイカ各部位別肉部の発泡性は、概ね卵白、卵黄の発泡性と同じであった。(図30)

## 12. 発泡性の高いものと低いものの組合せ

### (1) スルメイカ耳部との混合

魚介類の種類により発泡性の高いものと低いものがあることが解った。発泡性を保持した組織化を図るため、例えばマイワシ等の発泡性の低いものは、発泡性の高いスルメイカ等と組合せれば発泡のあるものが得られると予測し、予備的にイワシミンチ肉と十分発泡させたイカ肉なり鶏卵卵白を混合した場合、両者をミンチ(混合)すればする程、また、放置する程発泡性が減少し、消滅することを観察している。そこで、この事象を明らかにするため、スルメイカ部位別の中でも発泡性の高い耳部を用いて、発泡性の低い魚肉と混合した場合の性状を検討した。

#### 1) 魚肉とスルメイカ耳部混合による発泡性の関係

マイワシ、マサバの発泡性は、低く、スルメイカ耳部を60~90%と増やしても若干高くなる程度であった。一方、アカハゼとメジロザメは、スルメイカ耳部を多くする程発泡性は、相対的に高くなった。また、アカハゼの方がメジロザメより混合による発泡性は幾分高いと言える。(図31)

#### 2) 魚肉とスルメイカサクシニル化耳部の混合による発泡性の関係

結果の6からスルメイカ耳部をサクシニル化すると無処理より発泡性が約2倍ぐらい高くなることから、より発泡性の高いサクシニル化耳部と魚肉を混合して検討した。マイワシ、マアジ、マサバの発泡性は、図30と同様、より発泡性の高いサクシニル化耳部を混合しても発泡性は変わらなかったが、アカハゼとメジロザメは、耳部の混合割合が高くなる程無処理より高くなった。(図32)

#### 3) 魚肉とスルメイカ耳部混合による発泡抑止率の関係

魚種により発泡性を抑えるものと発泡性を高めるもの(発泡性を妨害しない)の指標として、方法の6)-③の測定式により発泡抑止率として示した。これは、少量の魚肉、つまり、魚肉の混合割合を10%にした時(全体の4%に相当する)の発泡性を式により表したものであり、マイワシ、マアジ、マサバの発泡

抑止率は、70~90%と高く、発泡性を抑えるか、発泡したものを破壊する性質を持っていると見ることが出来る。一方、アカハゼ、メジロザメの発泡抑止率は3~20%と低く、発泡を妨害しないか、発泡を相乗させる作用を有していると言える。けられる。(このことは、昔から発泡食品であるハンペンにサメ類が用いられてきたことから裏づけられる。(図33)

(2)スルメイカ包卵腺との混合

結果の12-(1)から魚肉とスルメイカ耳部の組合せは、スルメイカ耳部の混合割合を増すと魚種により発泡性が高まるものと変わらないか、僅かに高くなるこ

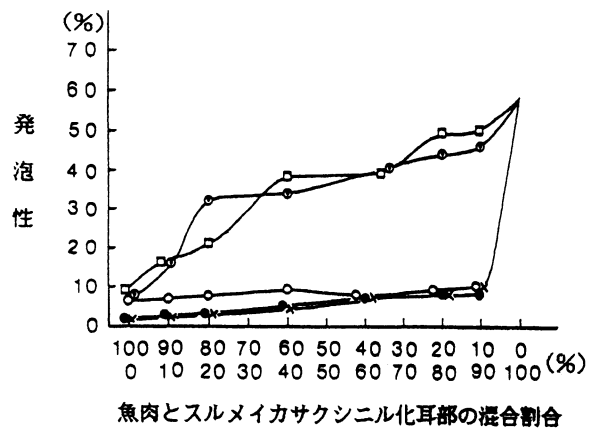


図32 魚肉とスルメイカサクシニル耳部の混合による発泡性の関係

10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

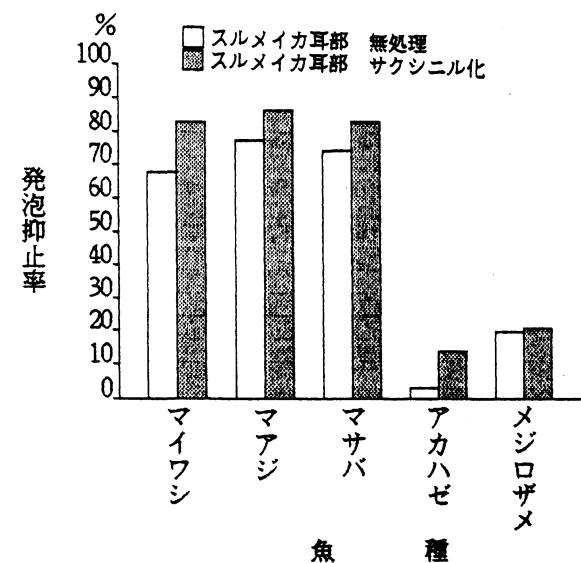


図33 魚肉とスルメイカ耳部（無処理，サクシニル化）の混合子（10：90）による発泡抑止率の関係

10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

とが解った。スルメイカ包卵腺は粘性が強く、生殖腺の中で保水力が最も高く、発泡性も高かったことから、スルメイカ包卵腺を用いて、魚肉、スルメイカ部位別肉部、魚介類生殖腺を混合した場合の発泡性を検討した。

1) 魚肉とスルメイカ包卵腺混合による発泡性の関係

マイワシ、マアジ、マサバの発泡性は、スルメイカ耳部と混合した場合（図30）と同様に低く、スルメイカ包卵腺の混合割合を60~90%と増すとマイワシ、マサバで若干高くなり、耳部の混合よりや、高くなった。一方、アカハゼとメジロザメはスルメイカ包卵腺20%混合で最も高くなり、両者は、スルメイカ包卵腺の発泡性より高く、相乗効果が認められた。また、両者とも包卵腺をこれ以上増やしても一定となり、包卵腺の発泡性とほぼ同じ値となった。泡層とペースト層の分離は、包卵腺10%混合で何れも少なく、20%混合（メジロザメは30%混合）で分離は見られなくなり、混合割合を増す程粘性が強く、ペースト状となった。(図34)

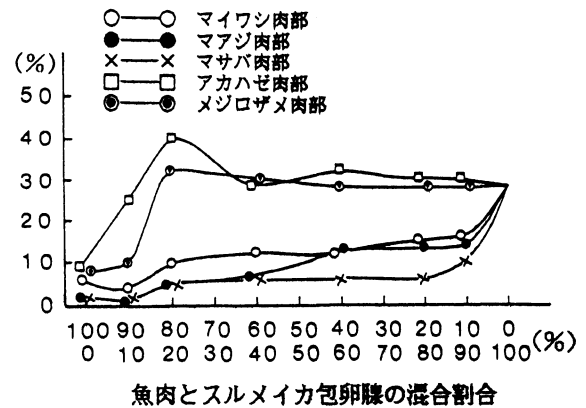


図34 魚肉とスルメイカ包卵腺混合による発泡性の関係

10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

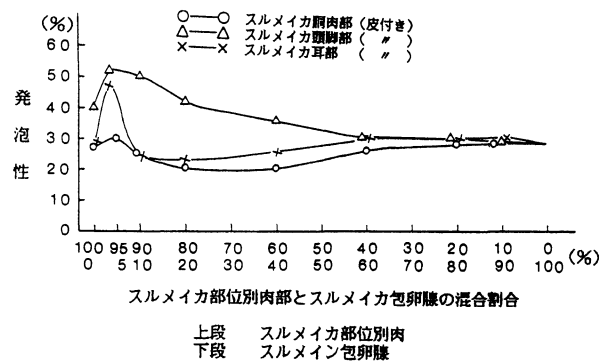


図35 スルメイカ部位別肉部とスルメイカ包卵腺混合による発泡性の関係

10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

## 2) スルメイカ部位別肉部とスルメイカ包卵腺混合による発泡性の関係

スルメイカ頭脚部と耳部は、スルメイカ包卵腺5%混合で相乗的に発泡性は高くなり、頭脚部は10~40%と混合割合を増す程低下し（この混合範囲では相乗効果あり）、60~90%にかけて包卵腺の発泡性とほぼ同じ値となった。耳部は、10%混合で発泡性は急激に低下し、胴肉部も同様なパターンを示した。包卵腺10~60%混合は、むしろ相乗的に減らす傾向が見られた。包卵腺を60~90%と増すに従って包卵腺の性状が強く現れて、包卵腺の発泡性の値に収斂するように見受けられた。泡層とペースト層の分離は、何れも見られなかった。（図35）

## 3) 魚介類生殖腺とスルメイカ包卵腺混合による発泡性の関係

魚介類生殖腺は、スルメイカ包卵腺5~10%の混合で相乗的に発泡性は高くなり、特に、マサバ精巣で120%、スルメイカニーダム氏嚢は107%と著しく高くなった。マサバ卵巣は、包卵腺20%混合が最も高くなった。包卵腺5~10%の混合での発泡性は、マサバ精巣>スルメイカニーダム氏嚢>スルメイカ精巣>マイワシ精巣>スルメイカ卵巣>マイワシ卵巣>マサバ卵巣の順となった。概ね各生殖腺は、包卵腺10~40%と混合割合が増す程低下し、40~90%と混合割合を増すに従って包卵腺の発泡性の値に収斂するように見受けられた。また、各生殖腺は、包卵腺5%混合で泡層とペースト層の分離は見られなかった。マサバ卵巣の場合、10%混合で分離が見られなくなった。（図36）

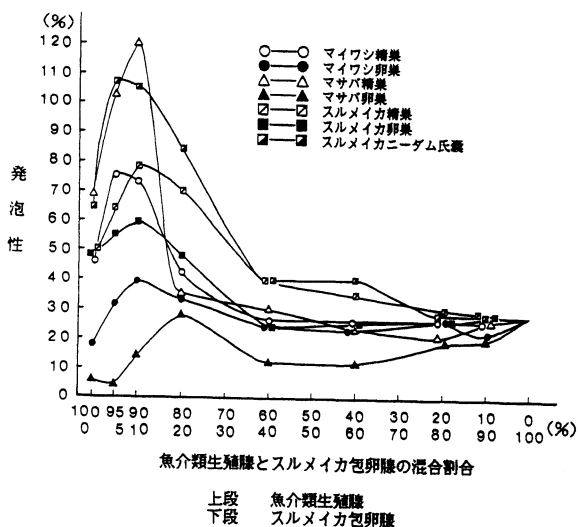


図36 魚介類生殖腺とスルメイカ包卵腺の混合による発泡性の関係

10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ 加水量：150%

## 13. 試料肉ならびに生殖腺の一般成分

肉部については、マイワシ、マアジ、マサバ肉部、メジロザメ普通肉の水分は、61.7~77.0%と低く、アカハゼ、スルメイカ部位別肉は79.9~81.9%と高かった。粗タンパク質含量は、スルメイカ頭脚部、耳部が12.2~14.4%とやや低く、他は17.3~20.6%であった。粗脂肪含量は、アカハゼ、メジロザメ普通肉、スルメイカ部位別肉は、0.0~0.3%、マイワシで2.7%と低いものに対し、マサバ、マアジで10.2~11.8%とかなり高かった。粗灰分は、1.1~1.4%で試料間で差は見られなかった。

生殖腺については、マサバ卵巣の水分は66.3~68.2%と低く、マイワシ卵巣、スルメイカ包卵腺で71.9~72.9%とやや低く、マイワシ精巣、マサバ精巣、卵巣、スルメイカ精巣、卵巣、ニーダム氏嚢で78.8~81.6%と高かった。粗タンパク質含量は、19.6~19.7%、マイワシ卵巣、スルメイカ包卵腺で16.3~16.4%、マイワシ精巣、マサバ精巣、スルメイカ精巣、卵巣、ニーダム氏嚢で12.5~15.0%とやや低かった。粗脂肪含量は、マイワシ卵巣、マサバ卵巣、スルメイカ包卵腺で4.1~6.4%、他は0.8~2.3%と低かった。粗灰分は、1.7~2.1%で、試料間で特に差は見られなかった。この結果から、マイワシ、マサバの生殖腺の脂肪含量は、西元<sup>11)</sup>の報告と概ね同じで、水分含量が少なくなるとタンパク質含量が高くなる傾向であった。マサバ精巣、卵巣の成熟度の違いによる差は、概ね認められなかったが、精巣、卵巣とも成熟の方が未成熟より水分、粗脂肪が幾分か高かった。須山<sup>12)</sup>は、ニジマス<sup>12)</sup>の卵は、成熟に伴い水分、タンパク態窒素、灰分は増加するが、粗脂肪は減少したと報告している。このマサバ粗脂肪の減少傾向と似ている。スルメイカ精巣、ニーダム氏嚢の一般成分は、マサバ精巣と概ね同じだが、ニーダム氏嚢は、幾分粗タンパク質含量が低かった。また、

表2 試料肉ならびに生殖腺の一般成分

| 試料            | 水分    | 粗タンパク | 粗脂肪  | 粗灰分  |
|---------------|-------|-------|------|------|
| マイワシ肉部        | 72.4% | 19.3% | 2.7% | 1.3% |
| マアジ肉部         | 74.0  | 18.2  | 10.2 | 1.2  |
| マサバ肉部         | 61.7  | 18.0  | 11.8 | 1.1  |
| アカハゼ肉部        | 81.1  | 18.1  | 0.0  | 1.3  |
| メジロザメ普通肉      | 77.0  | 20.6  | 0.3  | 1.2  |
| スルメイカ胴肉部(皮付き) | 79.9  | 17.3  | 0.3  | 1.4  |
| スルメイカ胴肉部(剥皮)  | 81.0  | 17.5  | 0.2  | 1.3  |
| スルメイカ頭脚部(皮付き) | 81.9  | 14.4  | 0.1  | 1.1  |
| スルメイカ耳部(〃)    | 81.4  | 12.2  | 0.1  | 1.3  |
| マイワシ精巣        | 80.9  | 14.1  | 2.3  | 2.0  |
| マイワシ卵巣        | 71.9  | 16.3  | 4.6  | 1.9  |
| マサバ精巣(成熟)     | 81.6  | 14.2  | 0.8  | 2.0  |
| マサバ精巣(未成熟)    | 80.4  | 14.4  | 1.3  | 2.1  |
| マサバ卵巣(成熟)     | 68.2  | 19.6  | 4.9  | 1.7  |
| マサバ卵巣(未成熟)    | 66.3  | 19.7  | 6.4  | 1.7  |
| スルメイカ精巣       | 78.8  | 15.0  | 1.0  | 2.1  |
| スルメイカ卵巣       | 79.4  | 12.0  | 2.1  | 1.6  |
| スルメイカ包卵腺      | 72.9  | 16.4  | 4.1  | 2.0  |
| スルメイカニーダム氏嚢   | 80.6  | 12.5  | 1.7  | 2.0  |



表3 試験区分の配合組成 (マイワシ肉部-1)

| 配合内容     | 区分 | A-1   | B-1   | C-1   | D-1   | E-1   | F-1   |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| マイワシ肉部   |    | 80 %  | 80    | 80    | 80    | 80    | 80    |
| スルメイカ包卵腺 |    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    |
| 食塩*      |    | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   |
| プルラン*    |    | 0     | 0.5   | 1.0   | 1.5   | 2.0   | 2.5   |
| 加水       |    | 143.7 | 142.5 | 141.3 | 140.0 | 138.8 | 137.5 |

各試験区分の配合内容は、マイワシ肉部-1と表示する。(以下同様の表記とする)  
\*食塩、プルランは、全量に対する添加量を示す(従って食塩2.5%の添加量は、6.25%となる)

表4 試験区分の配合組成 (マイワシ肉部-2)

| 配合内容      | 区分 | A-2   | B-2   | C-2   | D-2   | E-2   | F-2   |
|-----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| マイワシ肉部    |    | 80 %  | 80    | 80    | 80    | 80    | 80    |
| スルメイカ包卵腺  |    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    |
| 食塩*       |    | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   |
| プルラン*     |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| キサントタンガム* |    | 0     | 1.5   | 1.0   | 1.5   | 2.0   | 2.5   |
| 加水        |    | 141.3 | 140.0 | 138.8 | 137.5 | 136.3 | 135.0 |

\* 全量に対する添加量を示す。

表5 試験区分の配合組成 (マイワシ肉部-3)

| 配合内容        | 区分 | A-3   | B-3   | C-3   | D-3   | E-3   | F-3   |
|-------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| マイワシ肉部      |    | 80 %  | 80    | 80    | 80    | 80    | 80    |
| スルメイカ包卵腺    |    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    | 20    |
| 食塩*         |    | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   |
| プルラン*       |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| キサントタンガム*   |    | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   |
| ローカストビーンガム* |    | 0     | 0.5   | 1.0   | 1.5   | 2.0   | 2.5   |
| 加水          |    | 136.3 | 135.1 | 133.8 | 132.6 | 131.3 | 130.1 |

\* 全量に対する添加量を示す。

表6 試験区分の配合組成 (スルメイカ胴肉部-1, スルメイカ頭脚部\*-1, スルメイカ耳部\*-1)

| 配合内容     | 区分 | A-1   | B-1   | C-1   | D-1   | E-1   | F-1   |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| スルメイカ胴肉部 |    | 95 %  | 95    | 95    | 95    | 95    | 95    |
| スルメイカ包卵腺 |    | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     |
| 食塩*      |    | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   |
| プルラン*    |    | 0     | 0.5   | 1.0   | 1.5   | 2.0   | 2.5   |
| 加水       |    | 143.7 | 142.5 | 141.3 | 140.0 | 138.8 | 137.5 |

\* スルメイカ頭脚部、耳部は、胴肉部配合と同じ。 \*\*食塩、プルランは、全量に対する添加量を示す。

表7 試験区分の配合組成 (スルメイカ胴肉部-2, スルメイカ頭脚部\*-2, スルメイカ耳部\*-2)

| 配合内容      | 区分 | A-2   | B-2   | C-2   | D-2   | E-2   | F-2   |
|-----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| スルメイカ胴肉部  |    | 95 %  | 95    | 95    | 95    | 95    | 95    |
| スルメイカ包卵腺  |    | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     |
| 食塩*       |    | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   |
| プルラン*     |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| キサントタンガム* |    | 0     | 0.5   | 1.0   | 1.5   | 2.0   | 2.5   |
| 加水        |    | 141.3 | 140.0 | 138.8 | 137.5 | 136.3 | 135.0 |

\* スルメイカ頭脚部、耳部は、胴肉部配合と同じ。 \*\*全量に対する添加量を示す。

表8 試験区分の配合組成 (スルメイカ胴肉部-3, スルメイカ頭脚部\*-3, スルメイカ耳部\*-3)

| 配合内容        | 区分 | A-3   | B-3   | C-3   | D-3   | E-3   | F-3   |
|-------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| スルメイカ胴肉部    |    | 95 %  | 95    | 95    | 95    | 95    | 95    |
| スルメイカ包卵腺    |    | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     |
| 食塩*         |    | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   |
| プルラン*       |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| キサントタンガム*   |    | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   |
| ローカストビーンガム* |    | 0     | 0.5   | 1.0   | 1.5   | 2.0   | 2.5   |
| 加水          |    | 136.3 | 135.1 | 133.8 | 132.6 | 131.3 | 130.1 |

\* スルメイカ頭脚部、耳部は、胴肉部配合と同じ。 \*\*全量に対する添加量を示す。

この一般成分の結果と発泡性の間には、特に関連は見られなかった。(表2)

#### 14. 加熱ゲル用配合区分の設定-1

試験配合内容は、以下述べる試験結果を基にマイワシ肉部は表3~表5に、スルメイカ胴肉部、耳部は表6~表8に示した。

発泡性を保持した加熱ゲルを作るため、結果の12-(2)からイワシ魚肉では、スルメイカ包卵腺を20%混合すると発泡性が若干高くなることから、包卵腺の配合割合を20%に設定し、スルメイカ各部位別肉部は、スルメイカ包卵腺を5%添加した場合が相乗的最も高くなることから5%に設定した。

結果の1, 2から発泡性を高めるには、魚介類肉部で加水が150%以上必要で、加水150%として計算上魚介類肉部の水分含量は85~90%の高水分含量を維持必要がある。この様な高水分含量は、加工品では木綿豆腐(86.8%), 卵豆腐(90.3%), ヨーグルト(全脂無糖, 88.0%), 板こんにゃく(97.3%)と限られている<sup>13)</sup>。高水分ペーストの加熱組織化(ゲル化)を図るには、タンパク質の含量を増やすか、他のバインダー的な添加物を検討しなくてはならない。高水分を保持しつつ、試料肉部(落し身)に他の精製タンパク質-すり身等を添加して加熱ゲルを調整するのは、すり身の配合割合多くなることと、これにより発泡性の発現が困難(スケトウダラすり身は、殆ど発泡しない結果を得ている)になると考えられたので、多糖類の配合を検討することとした。

結果の3, 12-(2)からスルメイカ包卵腺は、保水性も強く、発泡性も高く、魚介類肉部と発泡性の相乗効果も高かったため、この組合せと、ゲル化の作用を少しでも高めるため、食塩の添加により、塩溶性タンパクの溶出とこのゲル化作用ならびに多糖類の中で保水性もあり、ある程度のゲル化作用もあり、添加量も少量ですむ等の条件を満たすものを検討し、プルラン<sup>14,15)</sup>、ガム類のキサントタンガム<sup>16)</sup>、ローカストビーンガム<sup>17)</sup>を取り上げ、この組合せを検討した。加水は、発泡性とゲル化を考慮して、加水は肉部に対して150%とした。各添加物の量は内割とし、添加量分だけ、加水を減らして調整した。加熱温度は、85°C、20分とした。

#### 15. 魚介類肉部の加熱ゲル

##### 1) マイワシ肉部加熱ゲルの官能評価

マイワシ肉部-1(表3)の播潰肉は、プルランの添加量が多い程粘性が高くなった。粘性が増す程発泡性は抑えられる傾向であった。加熱ゲルは非常に柔ら

かく、ゲル形成が非常に弱く、離水が多く、発泡性を高めた空気も分離し、ゲル物性は、測定不能であった。マイワシ肉部-2（表4）マイワシ肉部-1の結果から表1の配合のプルラン添加量を全量に対して1%とし、保水性の高いガム類としてキサントランガムを添加して検討した。キサントランガムの添加量を増す程形成能もあるのり状粘性が増した。テクスチャーは、キサントランガム1.5~2.5%添加が良く、2.0%が最も良かった。この中でゲル形成は、2.5%が良かった。しかし、全体的にゲル形成能が弱かった。

マイワシ肉部-3（表5）マイワシ-2の結果、弱いながらゲル形成が出来ることが解ったので、キサントランガムの添加量を全量に対して2.0%とし、さらに好ましいゲル形成能を高めるため、ローカストビーンガムを添加して検討した。ローカストビーンガムは、カラギーナン、キサントランガムと相乗的にゲル強度を高めることと、離水を防止するとされている<sup>17)</sup>。この

ことから、ローカストビーンガムを添加することにより、よりゲル形成能を高めることが出来た。ソフト感もあり、テクスチャー的に良かったのは、ローカストビーンガム添加量1.0~2.0%であった。

## 2) スルメイカ各部位別肉部加熱ゲルの官能評価

### ①スルメイカ胴肉部の加熱ゲル

配合内容は、結果の15-2) から、マイワシ肉部の配合内容に準じた。スルメイカ胴肉部の加熱ゲルは、概ねイワシ肉部と同様な傾向を示した。スルメイカ胴肉部-1（表6）は、保水と含気の保持する力がなく、非常に弱いゲルとなり、ゲル物性の測定は、不能であった。胴肉部-2（表7）は、何れもゲル形成は非常に弱いものであった。胴肉-3（表8）は、ローカストビーンガム添加量1.0~2.0%がゲル形成能もあり、テクスチャーには好ましかった。

### ②スルメイカ頭脚部の加熱ゲル

スルメイカ頭脚部-1（表6）は、胴肉部と同様ゲル形成は非常に弱く、ゲル物性の測定は、不能であった。頭脚部-2（表7）は、キサントランガム0.5~

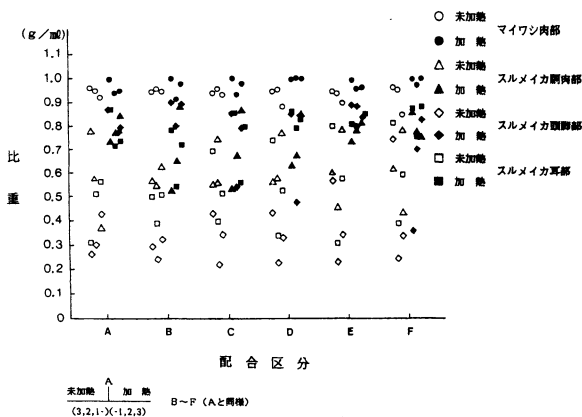


図37 マイワシ肉部，スルメイカ胴肉部配合区分別未加熱，加熱ゲルの比重

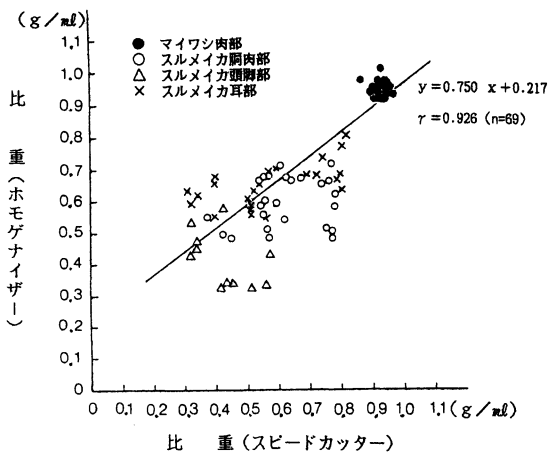


図38 マイワシ肉部，スルメイカ胴肉部配合区分別配合区分の異なる攪拌記による比重の関係

表9 試験区分の配合組成 (マイワシ肉部)

| 配合内容        | 区分 | ①     | ②     | ③     | ④     | ⑤     | ⑥     | ⑦     |
|-------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| マイワシ肉部      |    | 80%   | 70    | 60    | 50    | 40    | 30    | 20    |
| スルメイカ胴肉部    |    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    |
| 食塩          |    | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   |
| プルラン*       |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| キサントランガム*   |    | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   |
| ローカストビーンガム* |    | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| 加水          |    | 133.8 | 133.8 | 133.8 | 133.8 | 133.8 | 133.8 | 137.5 |

\* 全量に対する添加量を示す。

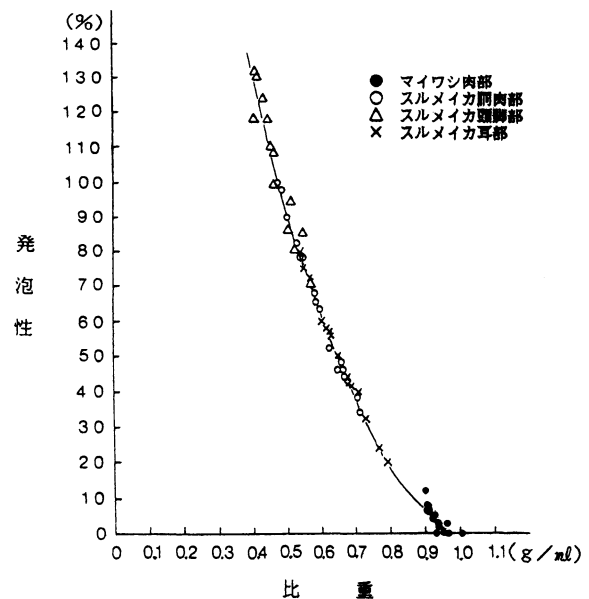


図39 マイワシ肉部，スルメイカ胴肉部配合区分の発泡性と比重の関係  
10,000r.p.m.で2分間ホモゲナイズ (未加熱)

1.5%添加ではゲル形成能が弱く、形成出来なかったが、2.0~2.5%添加で弱いながら形成した。頭脚部-3 (表8)は、ローカストビーンガム添加量1.0~2.0%でテクスチャー的に好ましかった。

### ③スルメイカ耳部の加熱ゲル

スルメイカ耳部-1 (表6)は、胴肉部-1、頭脚部-1と同様ゲル形成は非常に弱く、ゲル物性の測定は、不能であった。スルメイカ耳部-2 (表7)は、キサントガム添加量0.5~1.0%は、ゲル形成能が弱く、形成出来なかったが、1.5~2.5%添加で弱いながら形成した。スルメイカ耳部-3 (表8)は、ローカストビーンガム添加量1.0~2.0%で、テクスチャー的に好ましかった。

次に、マイワシ肉部、スルメイカ各部位別肉の総合的なゲル特性を項目別に以下図に示した。

### 3) 未加熱、加熱ゲルの比重

各区分とも未加熱の方が加熱ゲルより相対的に低い傾向であった。マイワシ肉部は、スルメイカ胴肉部、頭脚部、耳部より未加熱、加熱とも高い傾向にあった。スルメイカは、添加物が多くなる程加熱区で高くなる傾向であった。(図37)

### 4) 異なる攪拌機 (ホモジナイザーとスピードカッター) による比重の関係

異なる攪拌機による比重の関係は、発泡性の試験に用いたホモジナイザーと加熱ゲル作成に用いたスピードカッターとは相関が見られた。(図38)

### 5) 発泡性と比重の関係

発泡性と比重の関係は、図39に示すよう相関が見られ、図37の比重から各試験区の発泡性が推測可能となった。

### 6) マイワシ肉部加熱ゲルの異なるプランジャーによる破断強度と破断凹みの関係

異なるプランジャーによるマイワシ肉部の破断強度と破断凹みは図40、図41に示すように、マイワシ肉部の配合区分で高い相関が見られた。

本試験でソフトで弱いゲルの物性を測定するのに径10mmの円盤型のプランジャーを用いたが、通常、練り製品の弾力を測るのに径5mmの球状プランジャーを用いた測定データの蓄積が多いことから、両プランジャーとの関係を見たものであるが、これまでの試験結果から、径5mmの球状プランジャーを用いて練り製品 (イワシミンチ肉に卵白、澱粉配合) の弾力測定で、破断強度100g以下では、折り曲げ試験でC~D、破断強度50g以下では、折り曲げ試験でD、つみれ状の

脆いものとなった。この破断凹みは、8~15mm、水分は65~70%であったこと<sup>18)</sup>等から、一般的に、このような物性値の範囲では、高水分を保持したものは、ゲル形成が困難と考えている。

### 7) スルメイカ胴肉部加熱ゲルの異なる形態による破断強度と破断凹みの関係

マイワシ肉部の発泡性は小さいが、スルメイカ肉部の発泡性は大きく、添加物の多いスルメイカ肉部の配合区分F-3でも、未加熱のもので発泡性は20~75%、ペースト中に10~40%含気することになる。イワシ肉

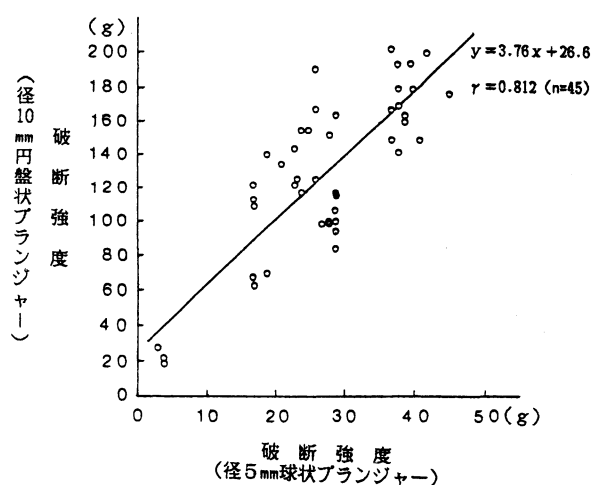


図40 マイワシ肉部配合区分の異なるプランジャーによる破断強度の関係

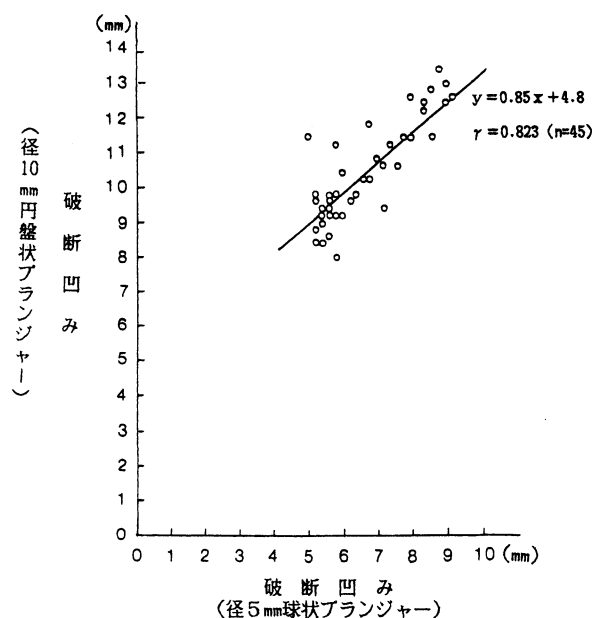


図41 マイワシ肉部配合区分の異なるプランジャーによる破断凹みの関係

部で10%以下の含気になる(図36, 38より推定)この空気が加熱により膨張, 冷却により収縮するため, チューブに入れたものは, 四方への膨張, 収縮が大きいいため, ゲル形成に何らかの影響を与えられたので, 発泡性の高いスルメイカ肉部を用いて, 菓子用プリン型容器にペーストを入れ比較した。プリン型容器は, 回りが固定されてするため, 空気の膨張, 収縮は容器の上下に限定されるため, 比較的形を保ち易く, ゲル形成に与える影響は少ないと推測した。

図42, 図43に示すように, ソフトで弱いゲル範囲では, チューブ詰め空気の膨張, 収縮があってもゲルの形成能はそこなわれないと思われた。

8) マイワシ肉部のスルメイカ包卵腺配合の加熱ゲル  
結果の12-(2)から発泡性の低い(発泡を壊す)マイワシ肉部にスルメイカ包卵腺の配合割合20%でや、高

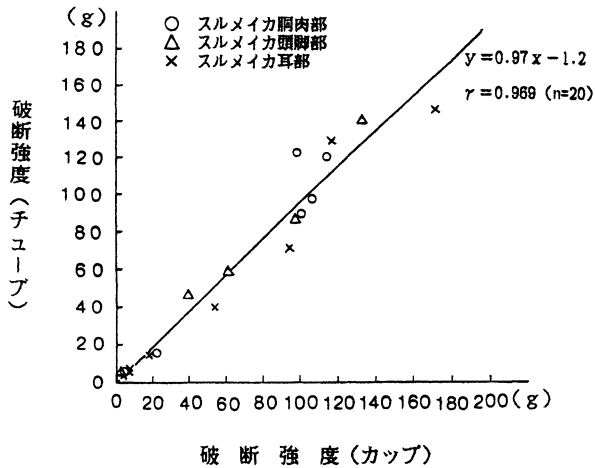


図42 スルメイカ胴肉部配合区分の加熱ゲルの異なる形態による破断強度の関係(平均値)

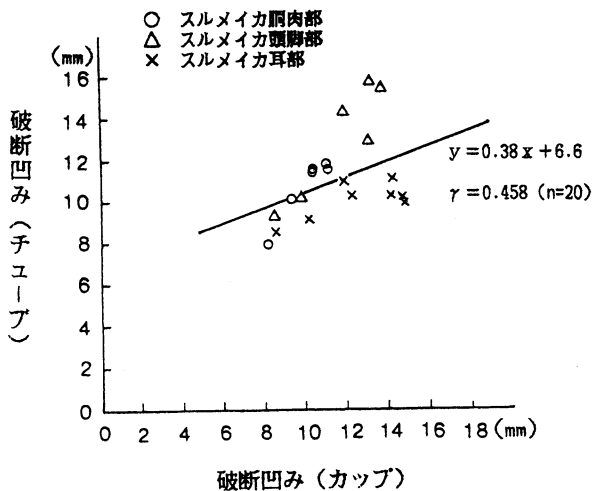


図43 スルメイカ胴肉部配合区分の加熱ゲルの異なる形態による破断凹みの関係(平均値)

くなり, 20~90%と増す程幾分高くなったことから, 多糖類の添加によるゲル形成の配合(表5)の結果を基に, 包卵腺を20~90%と割合を増やした表9の配合区分で検討した。図44に示すように比重は高く変化は少なかった。従って, 発泡性はあまり高くなかった。加熱ゲルの比重は, 未加熱より高く, 加熱により発泡性が低下したことになる。破断強度は, 包卵腺の割合が40~50%で高くなり, 70~90%と多くなる程低くなる傾向を示した。(図45)破断凹みは, 包卵腺の割合が多くなる程高くなった。(図46)また, 包卵腺の割合が多くなる程柔らかくプリン様の好ましいテクスチャーとなった。

9) スルメイカ各部位別肉部とスルメイカ包卵腺混合肉の発泡性に及ぼすプルラン, キサンタンガム, ローカストビーンガム添加量の関係

結果の15-2), 7) からスルメイカ各部位別肉部とスルメイカ包卵腺にプルラン, キサンタンガム, ローカストビーンガムの組合せで, 発泡性のある組織化が可能となった。

スルメイカの各部位別肉部の発泡性は高く, この発泡性を保持した組織化について, 配合した多糖類が発泡性に何らかの影響与えられたので, 表6~表8の配合割合に準じて検討した。

①スルメイカ部位別肉部の発泡性とプルラン添加量の関係

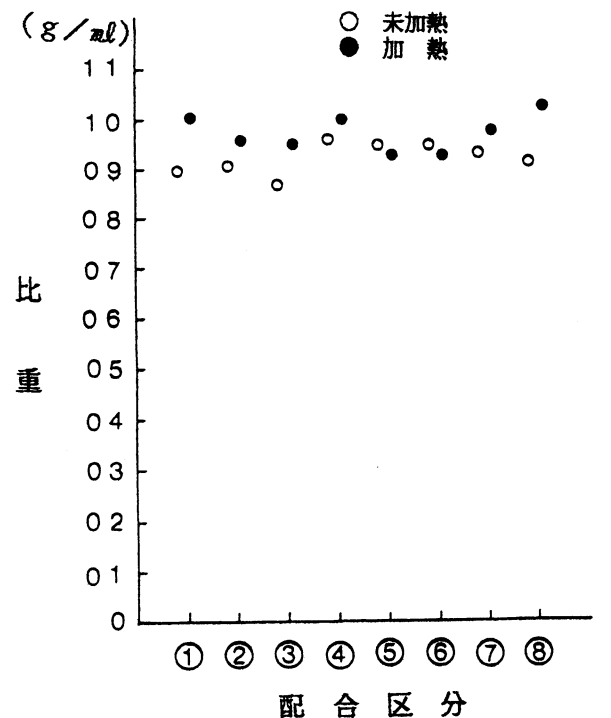


図44 マイワシ肉部のスルメイカ包卵腺配合区分別比重

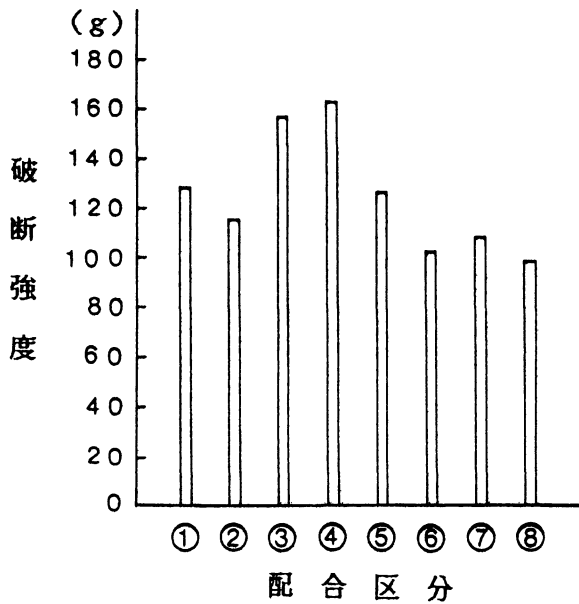


図45 マイワシ肉部のスルメイカ包卵腺配合区分別破断強度 (平均値)

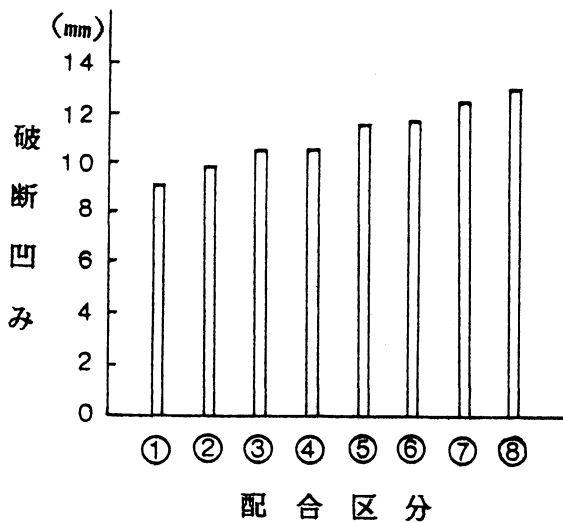


図46 マイワシ肉部のスルメイカ包卵腺配合区分別破断凹み (平均値)

発泡性とプルラン添加量の関係は、頭脚部では、0.5%添加では高くなり、0.5~2.0%で漸減し、2.5%では急減して無添加とほぼ同じ値となった。胴肉部と耳部は、概ね同じパターンで、胴肉部では0.5~1.5%添加で、耳部では0.5~1.0%添加で、無添加とほぼ同じで、これ以上の添加では両者とも低下する傾向を示した。(図47)

②スルメイカ部位別肉部の発泡性とキサンタンガム添加量の関係

発泡性とキサンタンガム添加量の関係は、胴肉部と耳部では、概ね同じパターンを示した。胴肉部は、

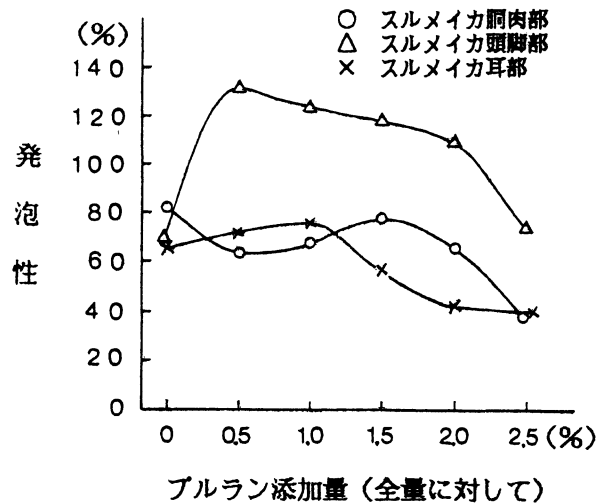


図47 スルメイカ部位別のスルメイカ包卵腺混合肉の発泡性とプルラン添加量の関係

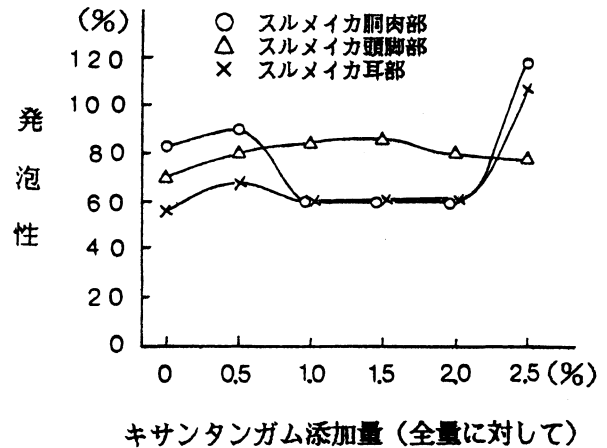


図48 スルメイカ部位別肉部とスルメイカ包卵腺混合肉の発泡性とキサンタンガム添加量の関係

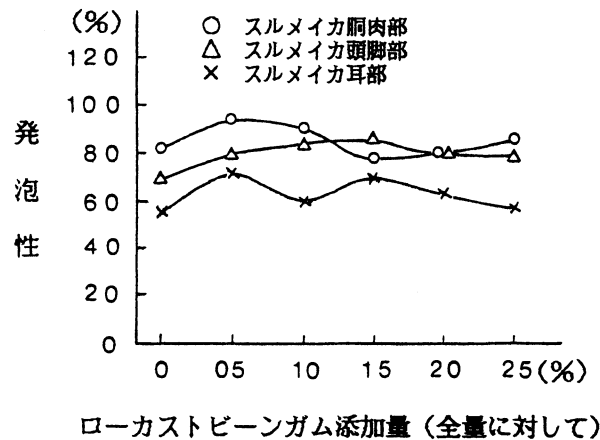


図49 スルメイカ部位別肉部とスルメイカ包卵腺混合肉の発泡性とローカストビーンガム添加量の関係

0.5%添加で漸増し1.0%で低くなり、2.0%まではほぼ一定で、2.5%で急増した。耳部は、0.5%添加で漸増し、2.0%まで無添加とほぼ同じとなり、2.5%で急増した。両者とも2.5%で急増したのはホモゲナイズで発泡性が高くなるとともに粘性も増してきて、ホモゲナイズの継続により回転刃にかかる圧力が間欠的に変化したことから、より空気を抱き込み易い状態になったと推定された。頭脚部は、0.5~2.5%添加まで、無添加とほぼ一定となった。(図48)

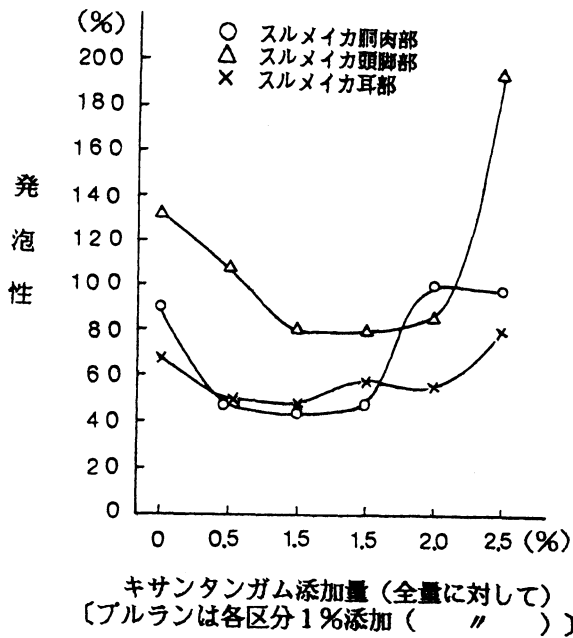


図50 スルメイカ部位別肉部とスルメイカ包卵腺混合肉の発泡性とキサントタンガム添加量の関係

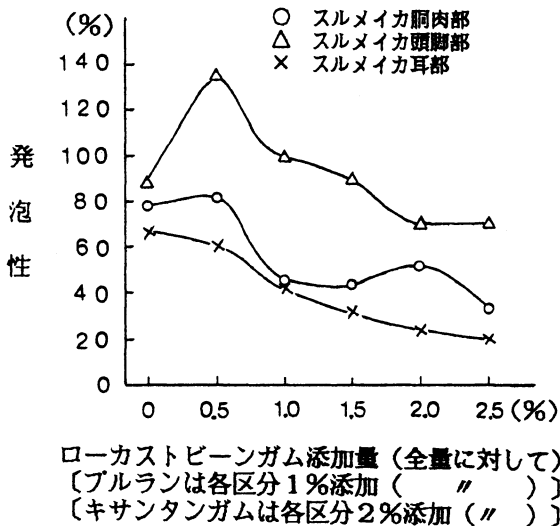


図51 スルメイカ部位別肉部とスルメイカ包卵腺プルラン、キサントタンガム混合肉の発泡性とローカストビーンガム添加量の関係

③スルメイカ部位別肉部の発泡性とローカストビーンガム添加量の関係

発泡性とローカストビーンガム添加量の関係は、スルメイカ各部位別では、ローカストビーンガム0.5~2.5%添加で、各区分とも各無添加とほぼ同じ値となった。(図49)

④スルメイカ部位別肉部の発泡性とプルラン (各区分1%添加)、キサントカガム添加量の関係

発泡性とプルラン、キサントタンガム添加量の関係は、各区分とも0.5%添加で急減し、頭脚部は、1.0%まで急減した。胴肉部は、0.5~1.5%でほぼ一定、頭脚部は、1.0~2.0%で、耳部は、0.5~2.0%でほぼ一定となった。胴肉部は、1.5~2.0%で急増、2.0~2.5%でほぼ一定となった。頭脚部は、2.0~2.5%で急増し、この関連の試験の中で、最も高くなった。(図50)

⑤スルメイカ各部位別肉部とプルラン (各区分1%添加)、キサントタンガム (各区分2%添加)、ローカストビーンガム添加量の関係

発泡性とプルラン、キサントタンガム、ローカストビーンガム添加量の関係は、0.5%添加で胴肉部は漸増、頭脚部は急増、耳部は漸減した。0.5~2.5%添加では、

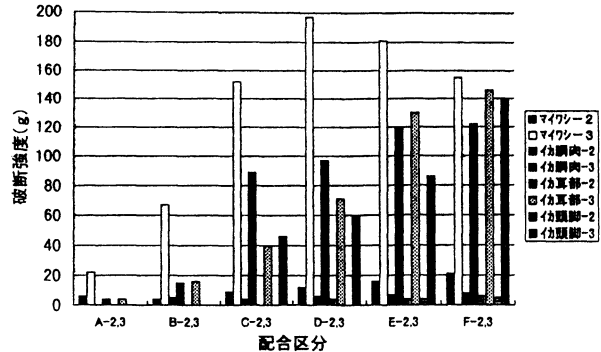


図52 マイワシ肉部、スルメイカ各部位別破断強度 (平均値)

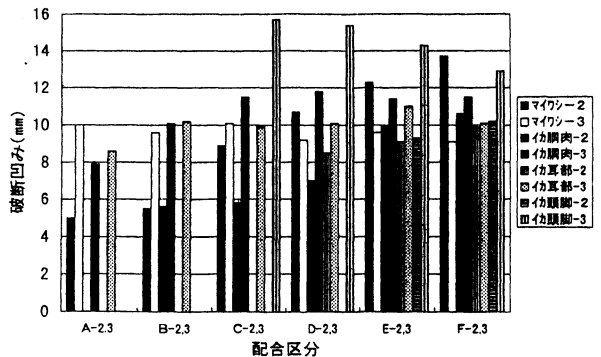


図53 マイワシ肉部、スルメイカ各部位別破断凹み (平均値)

各区分とも低くなる傾向を示した。(図51)

### 10) 魚介類肉部の加熱ゲルの破断強度と破断凹み

魚介類肉部の破断強度は、各試験区-2では、非常に小さかった。試験区-3は、マイワシ肉部では、D区のローカストビーンガム添加量1.5%が最も高く、これより添加量が多くても少なくとも低くなる傾向を示した。ゲルの物性が高いのはC~F区でローカストビーンガム添加量で1.0~2.5%の範囲で、添加量が多くなる程高くなる傾向を示した。(図52) スルメイカ各部位別肉部は、試験区-3でゲルの物性が高いのは、マイワシ肉部と同様C~Fでローカストビーンガム添加量1.0~2.5%の範囲であった。この発泡性は、図36と図38から加熱ゲルはC~F区で10~30%含気され、未加熱ペーストはC、D区で30~130% E、F区で20~75%含気されると推定された。

破断凹みは、スルメイカ頭脚部-3では、C~F区で12~16mmとやや高く、スルメイカ胴肉-3は、C~F区で概ね12mm、マイワシ肉部-2は、12~14mmであった。他はA区を除いてB~F区で、概ね10mm前後であった。(図53)

### 11) 魚介類肉部の加熱ゲルの水分含量

加熱ゲルの水分含量は、概ね85~88%の高水分含量であり、発泡性に必要な水分量は保持されていた。(表10)

表10 試験区分加熱ゲルの水分含量

| 配合内容       | 区分 | A      | B    | C    | D    | E    | F    |      |      |
|------------|----|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| マイワシ肉部-1   |    | 88.8 % | 86.6 | 86.1 | 85.7 | 85.3 | 84.9 |      |      |
| 〃-2        |    | 85.7   | 86.1 | 85.5 | 85.8 | 85.9 | 85.7 |      |      |
| 〃-3        |    | 84.4   | 86.1 | 83.9 | 83.1 | 83.0 | 82.1 |      |      |
| スルメイカ胴肉部-1 |    | 89.0   | 88.0 | 87.7 | 84.3 | 85.8 | 85.5 |      |      |
| 〃-2        |    | 85.5   | 88.0 | 87.7 | 87.3 | 86.6 | 86.1 |      |      |
| 〃-3        |    | 86.3   | 86.0 | 85.5 | 85.2 | 84.5 | 84.5 |      |      |
| スルメイカ頭脚部-1 |    | 87.1   | 88.4 | 87.7 | 86.8 | 86.0 | 86.8 |      |      |
| 〃-2        |    | 86.6   | 88.3 | 87.3 | 87.3 | 86.1 | 86.2 |      |      |
| 〃-3        |    | 85.8   | 85.7 | 85.6 | 85.5 | 84.8 | 84.2 |      |      |
| スルメイカ耳部-1  |    | 87.5   | 86.8 | 85.9 | 84.7 | 85.5 | 84.4 |      |      |
| 〃-2        |    | 86.7   | 86.4 | 86.4 | 87.1 | 87.3 | 86.7 |      |      |
| 〃-3        |    | 87.8   | 87.5 | 86.7 | 86.5 | 85.8 | 85.5 |      |      |
| 配合内容       | 区分 | ①      | ②    | ③    | ④    | ⑤    | ⑥    |      |      |
| マイワシ肉部     |    | 84.0 % | 84.4 | 84.8 | 84.2 | 87.5 | 86.6 | 87.4 | 87.3 |

スルメイカ包卵膜水分: 84.4%

表11 試験区分の配合組成 (マイワシ肉部, スルメイカ胴肉部, スルメイカ頭脚部, スルメイカ耳部)

| 配合内容       | 区分 | マイワシ肉部 | スルメイカ胴肉部 | スルメイカ頭脚部 | スルメイカ耳部 |
|------------|----|--------|----------|----------|---------|
| マイワシ肉部     |    | 80 %   | —        | —        | —       |
| スルメイカ胴肉部   |    | —      | 95       | —        | —       |
| スルメイカ頭脚部   |    | —      | —        | 95       | —       |
| スルメイカ耳部    |    | —      | —        | —        | 95      |
| スルメイカ包卵膜   |    | 20     | 5        | 5        | 5       |
| 食塩         |    | 2.5    | 2.5      | 2.5      | 2.5     |
| プルラン       |    | 1.0    | 1.0      | 1.0      | 1.0     |
| キサントラン     |    | 2.0    | 2.0      | 2.0      | 2.0     |
| ローカストビーンガム |    | 1.0    | 1.0      | 1.0      | 1.0     |
| 加水         |    | 133.8  | 133.8    | 133.8    | 133.8   |

\* 全量に対する添加量を示す。

### 16. 加熱ゲル用配合区分の設定-2

結果14の加熱用加熱ゲルの設定-1の配合内容で魚介類肉部の加熱ゲルの官能評価は、結果の15-1), 2) からソフト感もあり、テクスチャー的に良かったのは、プルラン1%, キサントランガム2%, ローカストビーンガム1~2%の配合であったこと、加水量は、設定-1に準ずること等を考慮して配合内容を設定した。試験配合内容を表11に示した。また、結果の15-7) から加熱による空気の膨張、収縮によるゲル化物の形成保持を考慮して、プリン型容器を用いた。

### 17. 配合区分の加熱ゲル

#### 1) 設定配合区分の加熱ゲルの性状

結果13の加熱用加熱ゲルの設定-1では、加熱温度を85℃、20分としたが、結果の14から発泡性を保持したゲル形成に限界が見られたことから、加熱最高温度を80℃とし、加熱温度(40~80℃)と加熱時間(20~60分)によるゲル化について検討した。

#### ①マイワシ肉部, スルメイカ部位別肉部配合区分の発泡性

マイワシ肉部配合区発泡性は、未加熱、加熱ゲルとも加熱温度、加熱時間別に差は少なく、低く5%以下で、低い値向であった。スルメイカ部位別肉部配合区発泡性は、概ね未加熱の発泡性と加熱ゲルの内、高い発泡性との差は、胴肉部で90%、頭脚部110%、耳部で80%と何れも高い値で、未加熱の発泡性を100%としたとき、発泡性が70~80%失われたことになる。加熱ゲルの発泡性は、胴肉部では加熱70~80℃、加熱時間20~60分では、40%近くあったが、他の区分は、20~30%の値となった。各区分とも加熱温度40℃では発泡性が低く、80℃の高温の方が高い傾向となった。(図54)

#### ②マイワシ肉部, スルメイカ部位別配合区分の破断強度と破断凹み

マイワシ肉部配合区分の破断強度は、加熱温度区別では、80℃が最も高く、次に70℃で以下60℃と加熱温度が低くなる程低くなり、50℃と40℃は、ほぼ同じ値となった。加熱時間と破断強度の関係は、80℃と70℃は、時間経過しても、変わらないか漸増傾向を示した。60℃は、変わらないか漸減傾向を示し、50℃と40℃は、ほぼ一定の値となった。

スルメイカ各部位別配合区発泡性は、温度区別では、概ねマイワシ肉部と同様な傾向で、加熱温度が高い程破断強度が高くなる傾向を示していた。加熱時間と破断強度の関係もマイワシ肉部と同様の傾向と

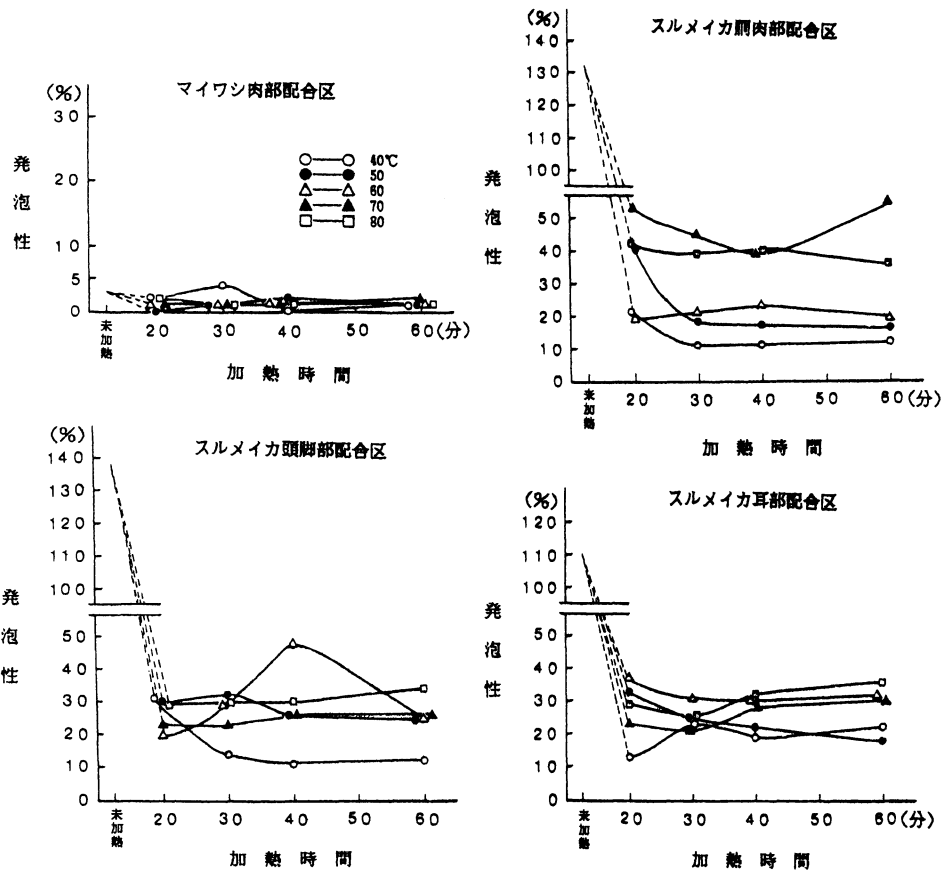


図54 マイワシ肉部，スルメイカ部位別肉部配合区分の加熱温度，加熱時間を異にした発泡性の変化

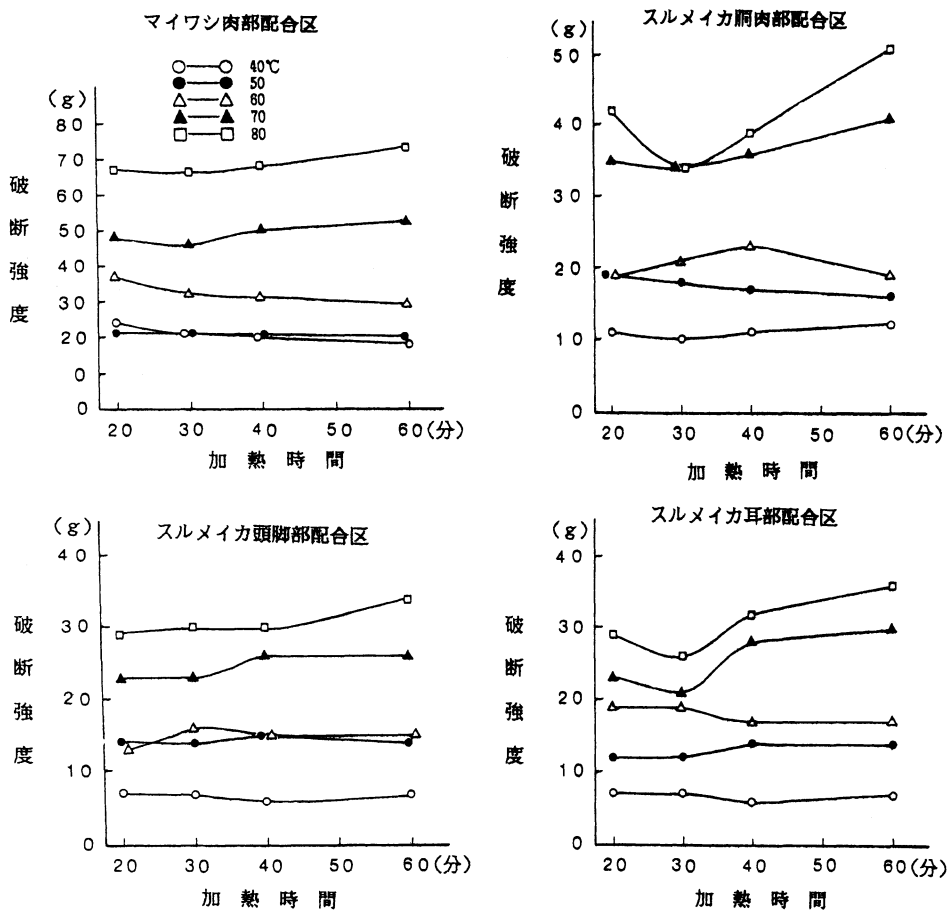


図55 マイワシ肉部，スルメイカ部位別肉部配合区分の加熱温度，加熱時間を異にした破断強度の変化



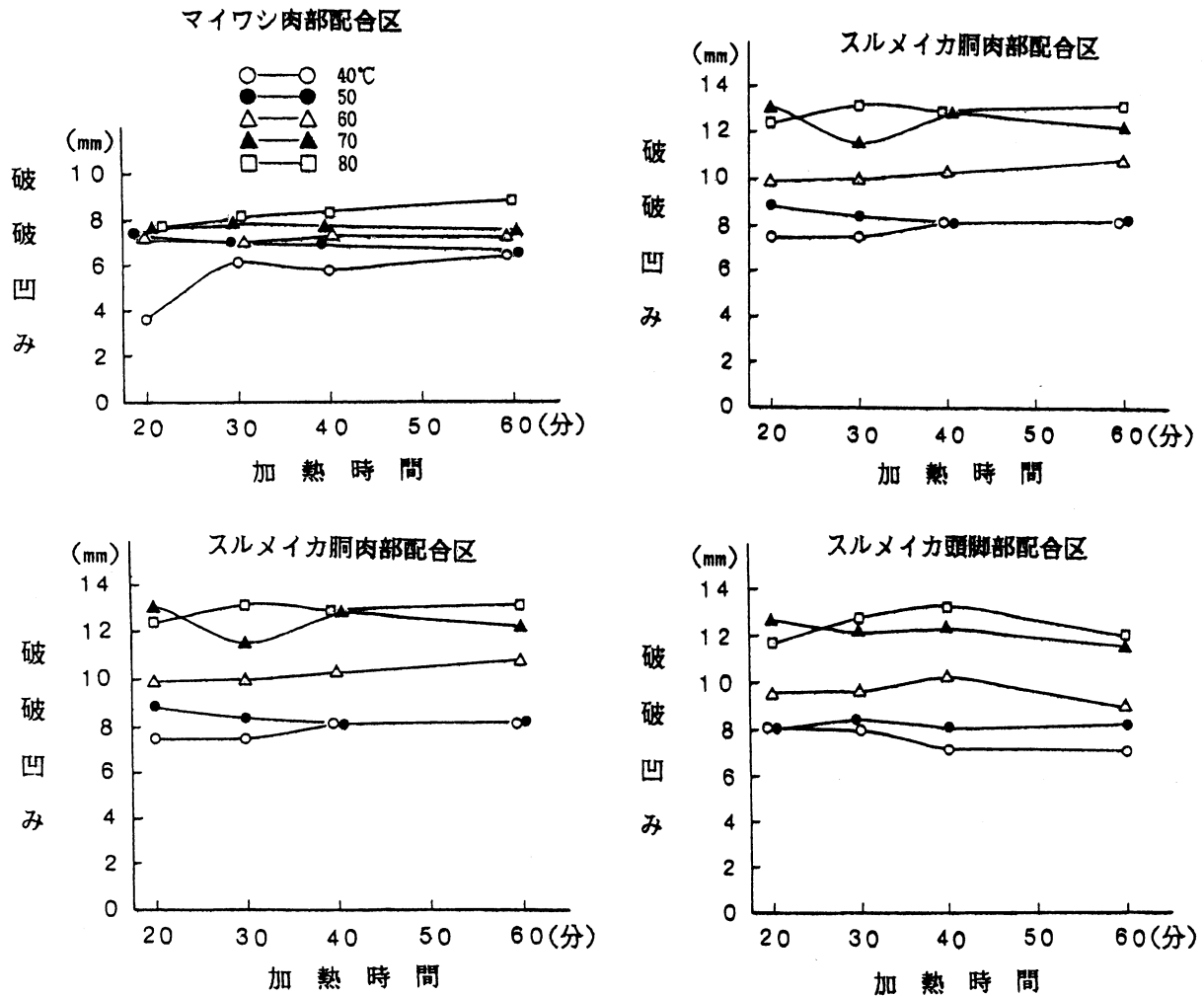


図56 マイワシ肉部，スルメイカ部位別肉部配合区分の加熱温度，加熱時間を異にした破断凹みの変化

表12 マイワシ肉部，スルメイカ部位別配合区分加熱ゲルの官能評価の結果

| 配合区分<br>加熱区分 |     | マイワシ肉部               | スルメイカ胴肉部                         | スルメイカ頭脚部    | スルメイカ耳部         |
|--------------|-----|----------------------|----------------------------------|-------------|-----------------|
| 40℃          | 20分 | のり様                  | のり様強い                            | のり様         | のり様             |
|              | 30分 | のり様、やゝ硬くなる           | のり様、やゝ硬くなる、20分より性質               | のり様、やゝ硬くなる  | のり様、やゝ硬くなる      |
|              | 40分 | のり様、べたつきぎみ、ペースト様     | のり様 変わる                          | のり・泡雪（泡雪質）様 | のり・泡雪様          |
|              | 60分 | のり様、ソフト              | のり様、粘性高くなる                       | のり・泡雪様      | のり・泡雪様          |
| 50           | 20分 | のり様、べたつきぎみ           | のり・泡雪様 <sup>1)</sup>             | 泡雪・のり様      | 泡雪様 耳部は良い       |
|              | 30分 | のり様、べたつきぎみ、40℃より柔らかい | のり・泡雪様、泡多くなる                     | 泡雪様、餅ましい    | 泡雪様             |
|              | 40分 | のり様、ソフト              | のり・泡雪様                           | 泡雪様、泡の感触ある  | のり様             |
|              | 60分 | のり様、ソフト              | のり・泡雪様                           | 泡雪様、餅ましい    | のり様             |
| 60           | 20分 | のり様、ソフト、40~50℃より良い   | 泡雪様、強まる                          | 泡雪様、ソフト     | 泡雪・のり様          |
|              | 30分 | のり様強まる、のり様食感良くない     | 泡雪・のり様 <sup>2)</sup> 、40~50℃より良い | 泡雪・のり様、泡潰れる | ○ 泡雪・のり様        |
|              | 40分 | のり様、ソフト、食感良くなる       | ● 泡雪様、少しのり様                      | 泡雪・のり様      | ● 泡雪・のり様        |
|              | 60分 | のり様、ソフト、好ましい         | 泡雪様、好ましい、30分と同じ                  | ● 泡雪様、泡潰れる  | ○ 泡雪・のり様        |
| 70           | 20分 | のり様、泡潰れる             | 泡雪・のり様、好ましい                      | 泡雪・のり様、     | ○ 泡雪様           |
|              | 30分 | ● のり様、40~60℃より良い     | ● 泡雪様、少しのり様                      | ● 泡雪様       | ● 泡雪様           |
|              | 40分 | ○ のり様                | ● 泡雪様                            | ● 泡雪・のり様    | ● 泡雪様           |
|              | 60分 | ● のり様                | ● 泡雪様                            | ● 泡雪様       | ● 泡雪様           |
| 80           | 20分 | ○ のり・泡雪様、40~70℃より良い  | ● 泡雪様、少しのり様                      | ● 泡雪様、少しのり様 | ○ 泡雪・のり様        |
|              | 30分 | ● のり・泡雪様             | ○ 泡雪様                            | ○ 泡雪様       | ● 泡雪・のり様        |
|              | 40分 | ● のり・泡雪様、最も良い        | ● 泡雪様、最も良い                       | ● 泡雪様、最も良い  | ● 泡雪・少しのり様、最も良い |
|              | 60分 | ● のり・泡雪様             | ○ 泡雪様、泡潰れる                       | ○ 泡雪・のり様    | ○ 泡雪・のり様        |

テクスチャーとして ●：大変好ましい ○：好ましい <sup>1)</sup>のり・泡雪様：のり様食感が泡雪様より強い <sup>2)</sup>泡雪・のり様：泡雪様食感がのり様より強い

なった。(図55)

破断凹みは、加熱温度区別では、マイワシ肉部配合区では、差は小さいが、加熱温度が高い程、高くなる傾向を示した。加熱時間と加熱温度の関係は、80℃と40℃は、時間の経過とともにやや高くなる傾向を示し、他は時間を経過してもほぼ一定の値を示し、60分で概ね同じ値となった。

スルメイカ各部位別破断凹みは、温度区別では、温度が高くなる程高くなり、概ね60℃以上は、マイワシ肉部より高く、50℃と40℃は、マイワシ肉部と同じ値となった。加熱時間と破断凹みの関係は、加熱時間を経過しても、ほぼ一定の値になる傾向を示した。(図56)

③マイワシ肉部、スルメイカ部位別配合区分の官能評価

加熱ゲルの官能評価は、マイワシ肉部配合区は、加熱40~50℃は、のり様の食感が強く、テクスチャー的には、好ましいものではなかったが、60℃からやや好ましいものとなり、これより温度が高くなるほどより好ましくなった。80℃では、泡雪（泡雪羹）様の食感も感じられ、加熱時間40分が最も好ましかった。

スルメイカ各部位別肉部の配合区分は、各区分とも、50℃から泡雪様の食感が強まり、加熱温度が高くなる程破断強度の高まりに相伴って泡雪様の食感もより好ましいものとなり、80℃40分加熱が最も好ましいものとなった。マイワシ肉部は、発泡性も小さく、のり様の食感が強いが、スルメイカ各肉部は、発泡性が80℃で30~40%あり(図54)、泡雪様の好ましい食感となった。しかし、80℃、60分では、泡が潰れてのり様の食感が感じられるようになり、テクスチャーにやや劣るようになった。加熱条件は、80℃、40分が最も良く、以下の試験は、この条件とした。(表12)

2) トロロイモ粉を添加した配合区分の加熱ゲルの性状

結果の17-1) から加熱条件は、80℃、40分がテクチャー的に最も良かったが、より好ましいテクスチャーにするため、いわゆる“とろみ感”をもたせるため、トロロイモ粉〔(株)猿田商店製、原料ジネンジョイモ〕

表13 試験区分の配合組成 (マイワシ肉部, スルメイカ胸肉部, スルメイカ頭脚部, スルメイカ耳部)

| 配合内容        | 区分    | マイワシ肉部 | スルメイカ胸肉部 | スルメイカ頭脚部 | スルメイカ耳部 |       |       |       |       |
|-------------|-------|--------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|
| マイワシ肉部      | 80    | 95     | —        | —        |         |       |       |       |       |
| スルメイカ胸肉部    | —     | —      | 95       | —        |         |       |       |       |       |
| スルメイカ頭脚部    | —     | —      | —        | 95       |         |       |       |       |       |
| スルメイカ耳部     | —     | —      | —        | —        |         |       |       |       |       |
| 全量          | 20    | 5      | 5        | 5        |         |       |       |       |       |
| キサンタンガム*    | 2.5   | 2.5    | 2.5      | 2.5      |         |       |       |       |       |
| 0-カステージョイモ* | 1.0   | 1.0    | 1.0      | 1.0      |         |       |       |       |       |
| トロロイモ粉*     | 2.0   | 2.0    | 2.0      | 2.0      |         |       |       |       |       |
| 水           | 1.0   | 1.0    | 1.0      | 1.0      |         |       |       |       |       |
| 加           | 0     | 0.5    | 1.0      | 0        | 0.5     | 1.0   | 0     | 0.5   | 1.0   |
|             | 133.8 | 132.6  | 131.3    | 133.8    | 132.6   | 131.3 | 133.8 | 132.6 | 131.3 |

\* 全量に対する添加量を示す。

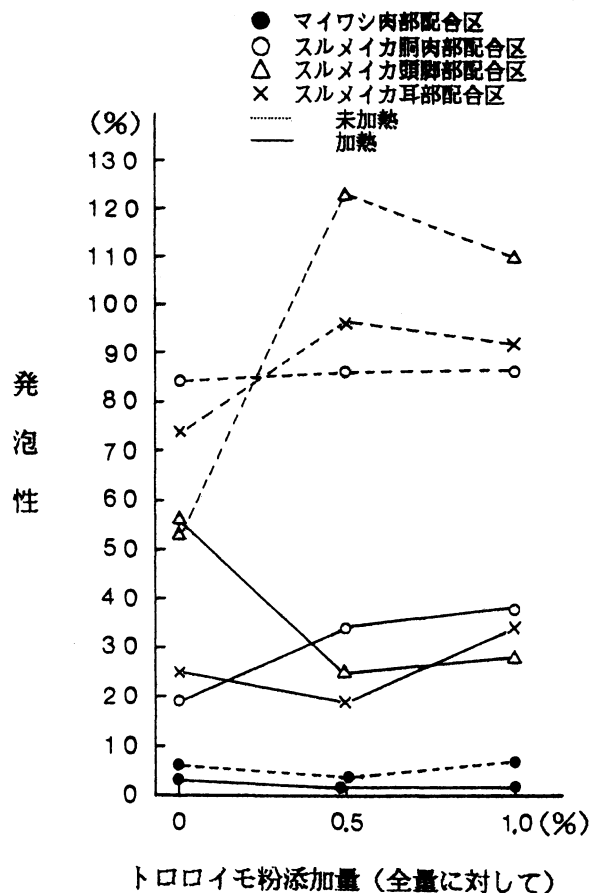


図57 マイワシ肉部, スルメイカ部位別肉部配合区分の発泡性とトロロイモ粉添加量の関係

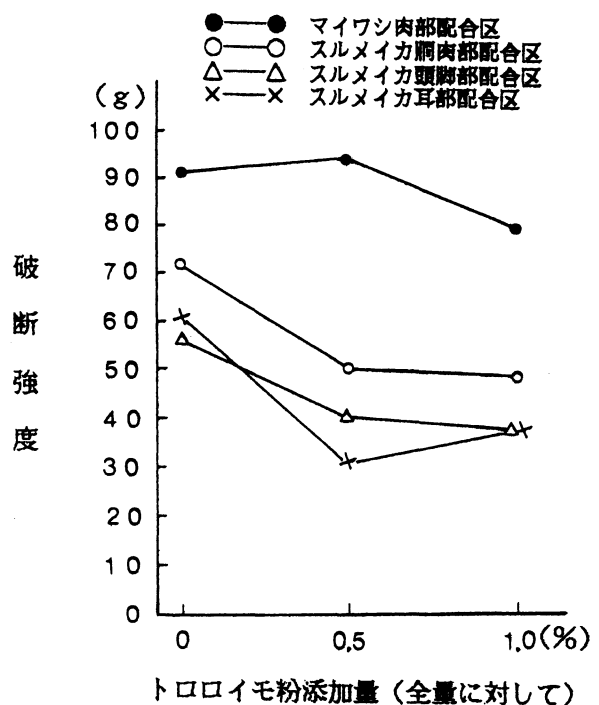


図58 マイワシ肉部, スルメイカ部位別肉部配合区分の破断強度とトロロイモ粉添加量の関係

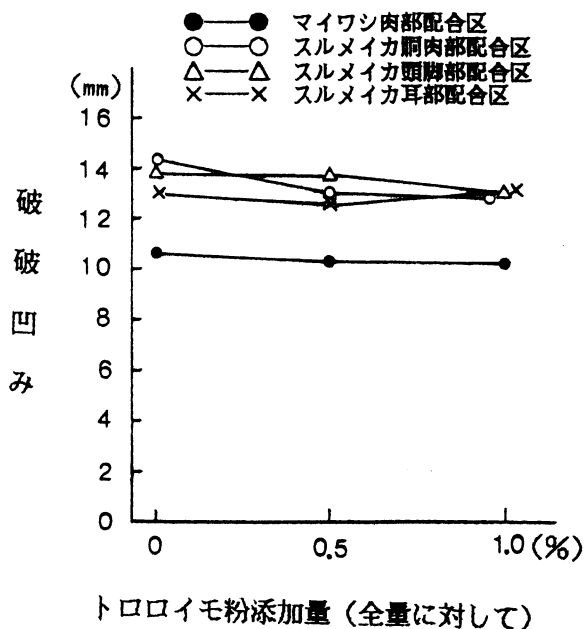


図59 マイワシ肉部，スルメイカ部位別肉部配合区分の破断凹みとトロロイモ粉添加量の関係

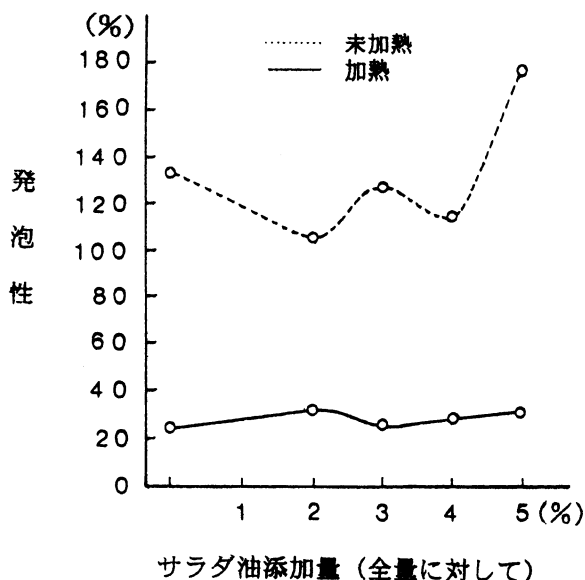


図60 スルメイカ胴肉部配合区分の発泡性とサラダ油添加量の関係

を0~1.0%添加し性状を検討した。試験配合内容を表13に示した。

①トロロイモ粉を添加したマイワシ肉部，スルメイカ部位別肉部配合区分の発泡性

未加熱の各区分の発泡性は，マイワシ肉部配合区分の発泡性は低く，スルメイカ発泡性は高くなった。トロロイモ粉添加により，スルメイカ胴肉部は変わらなかったが，頭脚部，耳部は高くなる傾向を示した。加熱により，発泡性は失われ，マイワシ肉部で2~3%，

スルメイカ各肉部は，トロロイモ粉添加0.5~1.0%で，20~40%となった。食感は，トロロイモ粉を添加すると未加熱では，なめらかさ，ぬめり感が感じられ，とろみ感は，添加量0.5%より1.0%の方がや、強く感じられた。加熱ゲルは，このとろみ感がなくなったが，なめらかさと少しぬめり感が残っており，テクスチャー的には好ましいものとなった。1.0%添加では，のり様食感が出てきて，泡雪様食感が抑えられぎみとなるため，添加量は，1.0%以下が望ましかった。(図57)

②トロロイモ粉を添加したマイワシ肉部，スルメイカ部位別配合区分の破断強度と破断凹み

各配合区分の破断強度は，トロロイモ粉添加は，マイワシ肉部でや、増加したが，1.0%添加では低下した。スルメイカ各部位別肉部は，概ね添加量を増す程低下する傾向を示した。(図58)

破断凹みは，マイワシ肉部，スルメイカ各部位別肉部は，無添加，添加区分ともほぼ一定の値を示した。(図59)

3) サラダ油を添加した配合区分の加熱ゲルの性状

加熱ゲルをより好ましいテクチャーにするため，結果の17-2)のトロロイモ粉の適用の検討に続いて，油脂によるまろやさ，口当たりの柔らかさをもたせるため，サラダ油0~5%添加し性状を検討した。試験配合内容は，表14に示した。

表14 試験区分の配合組成 (スルメイカ胴肉部)

| 区分          | ①     | ②     | ③     | ④     | ⑤     |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 配合内容        |       |       |       |       |       |
| スルメイカ胴肉部    | 95    | 95    | 95    | 95    | 95    |
| スルメイカ包卵糖*   | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     |
| 食塩          | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   |
| ブドウ糖        | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| キサンタンガム*    | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 2.0   |
| ローカストビーンガム* | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| サラダ油        | 0     | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 加水          | 133.8 | 128.8 | 128.3 | 123.8 | 121.3 |

\* 全量に対する添加量を示す。

①サラダ油を添加したスルメイカ胴肉部配合区分の発泡性

未加熱の発泡性は，サラダ油添加1~4%までは高く，概ね同じ値であったが，5%では急激に高くなった。加熱すると，これまでの一連の試験結果と同様発泡性は失われ，発泡性は，サラダ油添加1~5%までは，25~30%と概ね同じ値となった。未加熱では，食感は，サラダ油を添加すると粘性が強くなり，油によるなめらかさが出て，5%添加では，クリーム様となった。加熱ゲルは，泡雪様にまろやかさが出て，テクスチャー的には，3%添加が最も良かった。4%でね

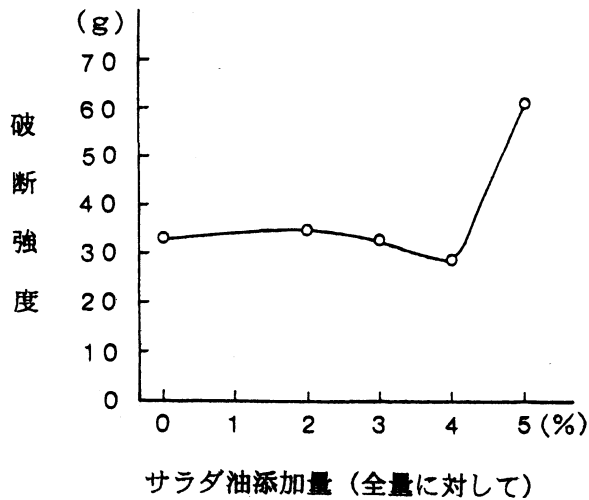


図61 スルメイカ胴肉部配合区分の破断強度とサラダ油添加量の関係

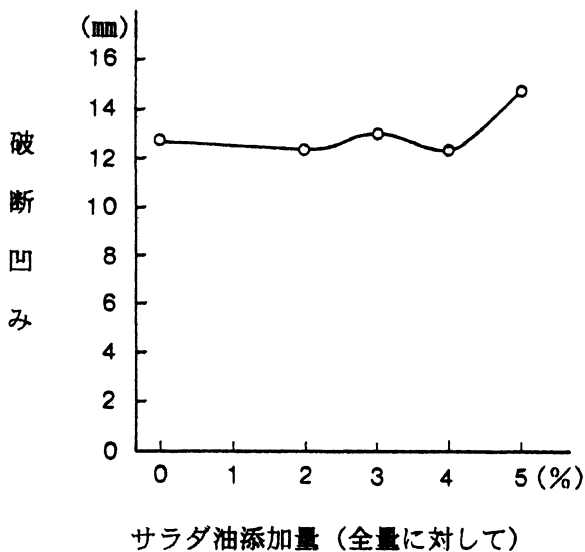


図62 スルメイカ胴肉部配合区分の破断凹みとサラダ油添加量の関係

っとり感、55%で泡雪様を抑えられ、のり様と異なるなめらかさが出てきた。このなめらかさは、トロロイモ粉添加によるなめらかさと食感は異なった。サラダ油添加量は、5%以下が望ましかった。(図60)

②サラダ油を添加したスルメイカ胴肉部配合区分の破断強度と破断凹み

破断強度は、サラダ油添加0~4%は、概ね同じかや、低下傾向を示したが、5%は、急増した。(図61)

破断凹みは、0~4%添加は概ね同じで、5%でや、高くなった。ちなみに、5%添加加熱ゲルの水分は82%で、計算上加水は145%になり、発泡性を高めるための水分含量は、結果の15-11)からも十分満たしている。(図62)

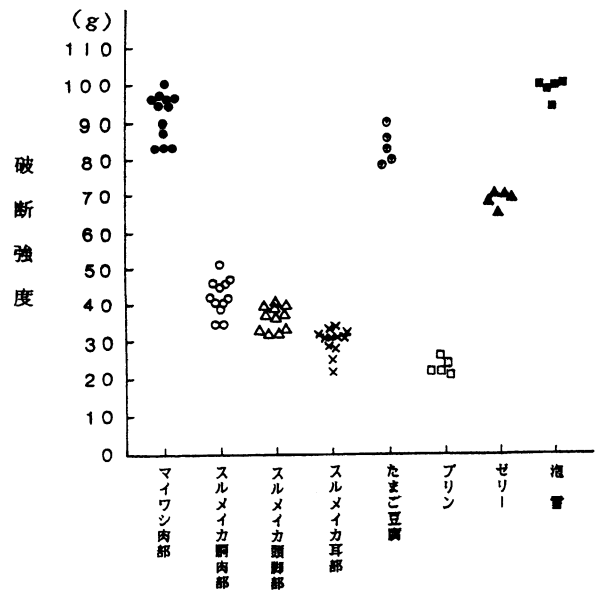


図63 マイワシ肉部、スルメイカ各部位別配合区分と市販品(たまご豆腐、プリン、ゼリー、泡雪)の破断強度の比較  
試験区分: 80℃, 40分加熱

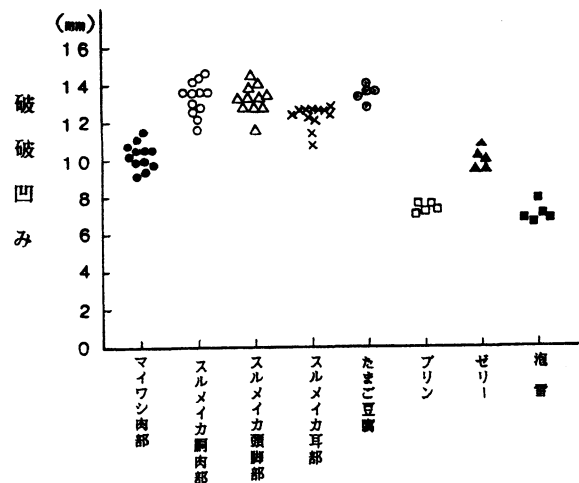


図64 マイワシ肉部、スルメイカ各部位別配合区分と市販品(たまご豆腐、プリン、ゼリー、泡雪)の破断凹みの比較  
試験区分: 80℃, 40分加熱

18. 配合区分の加熱ゲルと市販ソフト食品の物性の比較

本研究の目標とする発泡性を応用した新規ソフト食品として、この各配合区分の加熱ゲルの物性の性状がどのような食品の範疇に入るのか、当加熱ゲルに近いと思われる市販品を数点選んで、これらの物性を比較検討した。

1) 配合区分の加熱ゲルと市販ソフト食品の破断強度と破断凹み

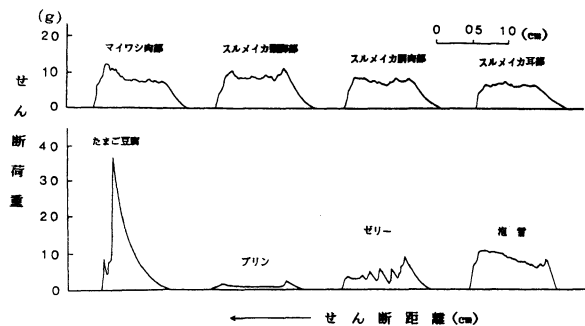


図65 マイワシ肉部，スルメイカ各部位別配合区分と市販品（たまご豆腐，プリン，ゼリー，泡雪）のせん断曲線パターン  
試験区分：80℃，40分加熱

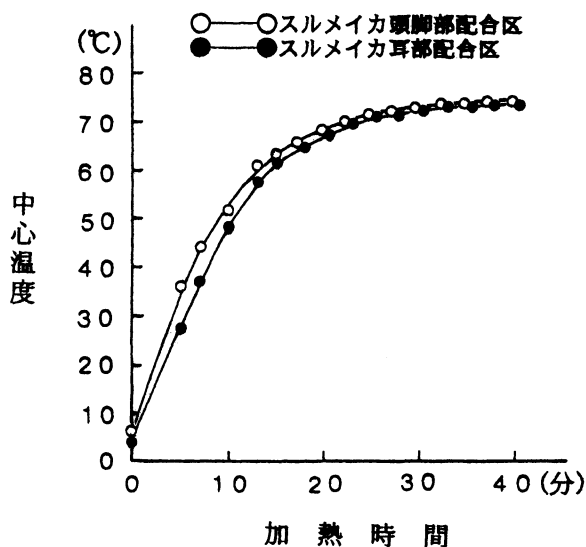


図66 湯水加熱によるプリン型ゲルの中心温度の変化  
湯水温度：80℃ 容器：菓子用プリン型容器

表15 マイワシ肉部，スルメイカ部位別肉部配合区分の未加熱，加熱ゲル生菌数

| 配合区分      | マイワシ肉部            | スルメイカ胴肉部          | スルメイカ頭脚部          | スルメイカ耳部           |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 生菌数       |                   |                   |                   |                   |
| 未加熱 (個/g) | $1.3 \times 10^2$ | $3.9 \times 10^2$ | $2.9 \times 10^2$ | $2.5 \times 10^2$ |
| 加熱 (個/g)  | —                 | —                 | —                 | —                 |

—：検出されなかったことを示す。

配合区分の加熱ゲル破断強度は，マイワシ肉部で，概ね卵豆腐，泡雪と同等で，スルメイカ部位別肉部でプリンより高く，ゼリーより低い範囲であった。（図63）破断凹みは，各製品により特徴が見られ，概ねスルメイカ各部位別配合区とたまご豆腐が同じ値を示し，これよりやや低い値でマイワシ肉部配合区とゼリーが同じとなった。プリンと泡雪は最も低い値であっ

た。（図64）

## 2) 配合区分の加熱ゲルと市販ソフト食品のせん断曲線パターン

前報<sup>19)</sup>のカッター用の刃を用いる方法で得られるせん断曲線パターンから各配合区分の加熱ゲルと市販ソフト食品の物性を検討した。

配合区分の加熱ゲルのせん断曲線パターンは，マイワシ肉部とスルメイカ各肉部配合区では概ね同じパターンを示した。市販ソフト食品と比べると泡雪に類似しており，泡を含んだ不均一なゲルなため，せん断曲線は各区分とも小さなギザギザ様な凹凸のパターンを示した。他のソフト食品は，均一なゲルのため，前者のパターンと異なっている。また，均一なゲルでも，たまご豆腐，プリン，ゼリーでは，曲線パターンが異なった。（図65）

## 19. 配合区分の未加熱，加熱ゲルの生菌数

表11の配合区分で，80℃，40分の加熱ゲルは，ソフトで泡雪様の好ましいテクチャーになったが，食品としての安全性を確かめるため，生菌数の動向を調べた。

未加熱，加熱ゲルの試料は，2℃の冷蔵庫で一夜放置して，生菌数を測定した。発泡性の高い（含気した）スルメイカ頭脚部，耳部の配合区分の中心温度は，加熱時間23分で，両者は，70℃になり，40分で，74℃になった。（図66）

未加熱，加熱ゲルの生菌数は，未加熱ではマイワシ肉部，スルメイカ肉部で $1.3 \times 10^2 \sim 3.9 \times 10^2$ であった。加熱ゲルは，何れの区も生菌は，検出されなかった。（表15）

## 考 察

一般的に発泡性は，タンパク質が変性（物理的作用として，本研究ではホモゲナイズ）し，分子内に埋もれている疎水基の露出により，表面張力が低下して発泡するとされている<sup>20, 21)</sup>。マイワシ，マアジ，マサバは，ホモゲナイズしても殆ど発泡せず，しかも，泡層とペースト層に分離している。同じ魚類でもアカハゼ<sup>22)</sup>は，このかまば弾力が強く肉眼観察等で保水性が高く，発泡性もや、高く，また，泡層とペースト層の分離はなかった。昔から発泡食品である練り製品のハンペンに使用されているサメ類としてメジロザメを取り上げこの発泡性を検討した結果，魚類と異なる点は，ホモジナイザー回転速度が3,000r.p.m.の低速で高かったが，泡層とペースト層に分離した。スルメイカは発泡性が高く，アカハゼと同様分離はなかった。ホモ

ゲナイザー回転速度による発泡性は、5,000r.p.m.の方が10,000r.p.m.より概して高かった。この試験で、回転刃にかかる圧力が間欠的に変化したことから、ホモゲナイズ中に、泡の発生→泡の破壊→泡が密になる泡性の低下→肉から新たな泡の発生が以下繰り返すものと推定され、回転速度が泡の発生・破壊に影響するものと思われた。

食塩の添加は、マイワシ、マアジ、マサバ、アカハゼの魚類では、塩溶性タンパク質が溶け出て肉糊状態になり、それ以上の食塩の添加では、全く発泡しなかった。メジロザメでは、塩溶性タンパク質が溶け出して、肉糊状態となり、それ以上の食塩添加でも発泡性は持続した。スルメイカでは、食塩の添加量が多い程発泡性は高くなった。加熱温度は、温度が高くなってもマイワシ、マサバ、マアジの発泡性は低くて変化が見られず、アカハゼは70℃まで温度の上昇とともに高くなつたが、メジロザメは90℃まで温度が高くなる程高くなる傾向を示した。この発泡性の要因にコラーゲンの作用が考えられた。サメ類の筋基質は魚類に比べて多く<sup>23, 24)</sup>、この筋基質の主要タンパク質はコラーゲンである。コラーゲン量を見るとサメ類普通肉のコラーゲン量は、他の魚類と比べてやゝ多い程度であるが、本報告に用いたメジロザメ普通肉は軟骨等の筋は除いたつもりだが、ホモゲナイザー刃に絡み付く筋が魚類に比べて多く、加熱試験では、高温になる程この筋が溶解していくことが観察されたことから<sup>6)</sup>、発泡性に関与したとも考えられた。しかし、マイワシ中骨の熱水抽出液(1:2)の発泡性<sup>7)</sup>は概ね10%、4倍濃縮すると30%とスルメイカ並みとなった。魚介類に含まれるコラーゲン含量(筋肉タンパク中のコラーゲン含量)は、マイワシ<sup>25)</sup>で1.6%、マアジ<sup>25, 26)</sup>で2.3~2.4%、マサバ<sup>25)</sup>で2.1%、イカ<sup>26)</sup>で2~3%、サメ類4.4~7.6%で、また、Yosinaka<sup>27)</sup>らはウナギ、イシガレイ、マダイ、マサバの骨+鱗のコラーゲン含量(体重当たりのコラーゲン含量)は、1.8~3.2%と報告している。このことから、歩留、コラーゲンの可溶性を考慮して、イワシ中骨の抽出液中のコラーゲン含量は、5%近くは含まれていると推定した。ゼラチンの発泡性は、5%溶解液で本方法により概ね240%近くあり、このことから、この抽出液の発泡性は、高いものであると期待したが、予測に反して低く、中骨中に発泡性を妨害する物質あるだろうと思われた。この点も考えて、メジロザメに含まれるコラーゲンは、泡性を高める方に作用するのは、少ないと思われた。

スルメイカは、加熱により発泡性が上昇し、60℃で最も高い値を示した。また、これらの泡層とペースト層は60℃では分離しないが70℃になると分離した。スルメイカは、タンパク質分解酵素活性が強く<sup>28)</sup>、肉を潰したり、加熱することにより、タンパク質の分解が促進される可能性があり、これらタンパク質の変化と発泡性との関係については、さらに検討する必要がある。

スルメイカの部位別肉部の発泡性が異なるのは、タンパク質の組織の構造の違い(構造の変化)により、発泡性に差が出たと思われた。田中<sup>29)</sup>はスルメイカ胴肉(仮称:筋繊維A, B)、脚部(筋繊維a, b, c)、耳部(筋繊維A' B' C')と異なっていることを報告しており、部位による発泡性の違いに関与しているものと考えられた。魚介類生殖腺の発泡性は種類により差が見られた。魚類では、マサバ卵巣を除いて、魚肉より生殖腺の方が高いこと、卵巣より精巣の方が高いこと、マサバ生殖腺の成熟度の違いにより、卵巣では未成熟、成熟とも差がなく、低かったが、精巣では、成熟の方が、未成熟よりかなり高かった。スルメイカについても、胴肉部より精巣、卵巣、包卵腺、ニーダム氏嚢が高いことが明らかになった。生殖腺の構成タンパク質の研究例は、魚肉タンパク質に比べて乏しく、卵巣については、リポタンパク質、精巣については、主要タンパク質としてヒストン、プロタミンが知られているが<sup>30)</sup>発泡性との関連については、今後の検討課題である。

発泡性を高めるため、タンパク質の化学修飾としてタンパク質のサクシニル化について試みた。サクシニル化については多くの研究があるが、主な機能性は乳化性で、鶏卵黄で筒井<sup>31)</sup>ら、マイワシ筋原繊維タンパク質で羽田野<sup>32)</sup>らが何れも乳化性が高くなることを報告している。また、サクシニル化率をあげる程乳化容量が増す<sup>29)</sup>こと、マイワシタンパク質で9割がサクシニル化された<sup>32)</sup>と報告されている。本来のサクシニル化は酸性の強い無水コハク酸が用いられ、これらの報告に適用された試料は、何れも精製されたタンパク質であるが、本報告で言うサクシニル化の用語(試験)は、食品として、安全性、利用し易い点を配慮して、魚肉ミンチに加水したものに対し0.5%コハク酸ナトリウムを添加し、サクシニル化した結果、魚類に比べてスルメイカでは発泡性を高め、食塩添加、加熱温度で著しくなった

魚介類生殖について概ね、無処理の場合の食塩の影響

は、精巢は卵巣より発泡性が高く、特にマサバ精巢は著しく高くなった。スルメイカ生殖腺は、泡層とペースト層の分離は見られ、特に、サバ卵巣は、食塩添加量を増す程ははっきりした。加熱温度の影響は、30~40℃ならびに70℃のピークが見られた。30~50℃で泡層とペーストの分離がマイワシ精巢、マイワシ卵巣、スルメイカ精巢で認められた。マサバ精巢は、30~80℃では分離は見られず、90℃で分離した。スルメイカ精巢、卵巣は、70~90℃の高温で分離したが、包卵腺は分離しなかった。サクシニル化した場合、食塩添加では、無処理より高くなり、食塩添加の場合、イワシ精巢、卵巣は液状に分解したが、食塩3%の添加では、分離がなくなった。スルメイカ生殖腺は何れも分離しなかった。加熱温度での発泡性は、食塩添加の場合と同様無処理より高くなった。発泡性に魚介類生殖腺のサクシニル化反応の適用は、含有されているタンパク分解酵素により、特にマイワシ、マサバの卵巣は、サクシニル化により液状となり、(30℃で1時間反応させたので、酵素反応の至適温度に近かったためだと推定している)両者は不適と考えている。ちなみに、サケ落し身にサケ精巢の添加は、落し身ゲルの弾力をかなり阻害することが報告<sup>33)</sup>されている。この阻害作用にプロテアーゼが関与していると思われる。また、無処理の場合、スルメイカ卵巣は80℃以上で分離したが、サクシニル化したものは分離せず、無処理のスルメイカ頭脚部、耳部は70以上で、サクシニル化すると両者は80℃以上で分離が見られ、サクシニル化することにより、高温加熱しても、泡層とペースト層の分離を防ぐ、すなわち保水性が与えられたと推定された。サバ生殖腺の成熟度の違いによる発泡性は、卵巣では未成熟、成熟とも殆ど差はなかったが、精巢では成熟したものが未成熟はるかに高くなった。また、スルメイカニードム氏囊の発泡性は、加水量との関係は、スルメイカ包卵腺と、ホモゲナイザー回転速度の関係はスルメイカ精巢パターンと類似した。以上のことから、生殖腺の発泡性は、魚肉に比べ魚種のみならず生殖腺の部位により種々に異なり、これも魚種特有の特性でありと思われた。また、発泡安定性は、無処理のものより高くなった。発泡性を高めたことについては、コハク酸ナトリウムを用いたため、pHは微酸性~中性に近く、酸によるタンパク変性が防げたこと、本試験のサクシニル化率は測定していないが、おそらく穏やかなサクシニル化、つまり部分的サクシニル化で発泡性を十分高めることが出来るものと推測している。

Hamada<sup>34)</sup>らは、サクシニル化率がタンパク質の違いによって異なることを報告している。有効な発泡性を得るにも魚介類肉部や生殖腺の種類により、すなわち、タンパク組成ならびに酵素作用の影響が考えられ、本試験からもサクシニル化の発泡性は、放置時間(反応時間)による発泡性とサクシニル化による発泡性が加わったもの推定された。このことから、タスパク質の変化とサクシニル化への最適条件の検討も必要と思われる。

魚介類肉部の発泡性の魚肉特性が幾つか明らかになったが、これらの生殖腺の発泡性は、含まれている強いタンパク質分解酵素により、マイワシ、マサバの卵巣に見られるように液状となり、発泡性を抑制する傾向が見られた。マイワシ、マアジ、マサバは、トリプシン、パバイン処理しても全く発泡しなかったが、アカハゼ、メジロザメ、スルメイカ各部位別肉部の発泡性は、著しく高くなり、一般的に発泡性の高い鶏卵白、卵黄と同等かより以上の発泡性を示した。このことから、アカハゼ、メジロザメ、スルメイカ肉部は、元々鶏卵白、卵黄並の発泡性が高くなる性質をもっているものと考えられた。アカハゼ、メジロザメは、発泡させるためのホモゲナイザーの回転速度を低下(3,000r.p.m.)する程発泡性がかなり高くなったが、アカハゼは、加熱により、メジロザメは、食塩添加、加熱により、発泡性はや、高くなる程度になった。スルメイカ各部位別肉部は、食塩添加、加熱、サクシニル化でかなり高くなることから、スルメイカはメジロザメに比べてタンパク質の変性がおこり易く、タンパク質の構造上、発泡性が高くなる形に移行したたものと思われた。しかし、酵素処理すると、アカハゼ、メジロザメタンパク質が非常に発泡し易い形に、スルメイカは、より発泡性が高くなる構造に変化したと推測される。タンパク質分解酵素による作用を大きく受けるタンパク質は、発泡性が高く、作用を受けにくいものは、発泡性が小さく<sup>35)</sup>なる。このことは、タンパク質分子の構造上のゆらぎに反映される<sup>35)</sup>ということからもうなずける。タンパク質(ペプチド)のNH基のHは、水に入れると水分子のHと非常に交換し易くなる<sup>36, 37)</sup>ことから、本報告で言うコハク酸ナトリウムによるサクシニル化が起ると考えられ、このタンパク質のゆらぎが酵素処理によりどのように変化するか、トリプシ<sup>38, 39)</sup>、パバイン<sup>40-42)</sup>のタンパク質に対する作用部位が異なっていることと、酵素処理しても、全く発泡しなかったマイワシ、マアジ、マサバ肉質の

性状等から、発泡性とタンパク質の分子構造上の変化の関係についての検討も必要と思われる。

発泡性が高いか低いかにについては、水産物においては、発泡性の指標がなく、今後検討しなくてはならない。発泡性の高いと言われる鶏卵白より、魚介類生殖腺は低かったが、スルメイカ肉部は、概ね生殖腺同等かやや低かったが、スルメイカ肉部は、発泡性が高いと認識している。

魚介類の発泡性の要因について、その魚介類がもっている特性—主としてタンパク質に要因があると考えられる。スルメイカの発泡性は、魚類より高いが、魚肉とイカ肉のタンパク質の構成には特に大きな違いはなく<sup>43)</sup>、イカ類にはパラミオシン<sup>43, 44)</sup>を含んでいる点である。パラミオシンは、他のミオシンの理化学的性状<sup>44)</sup>と似ているが、スルメイカパラミオシン<sup>45)</sup>は、アクトミオシン(スケトウダラ冷凍すり身から調整)に添加したときの加熱ゲルは、パラミオシンの含量が多くなる程破断応力を増加させ、少量の添加(5~15%)は伸び率を増加させる性質が明らかにされているが、しかし、現在のところ、この構成タンパク質と発泡性の関係は不明である。鶏卵白については、タンパク質の発泡性が明らかにされており、タンパク質の種類により著しく異なる<sup>46)</sup>とされている。この発泡性については、タンパク質の構造と機能の関連<sup>35)</sup>について、様々な面から究明されている。また、中村<sup>46)</sup>は、卵白構成タンパク質のアミノ酸のうち非極性側鎖をもつアミノ酸の割合が多い程発泡性が高いことを認めている。そこで、この考え方に立って魚介類に当てはめ、既往の分析データからみると、マイワシ<sup>47)</sup>、マアジ<sup>47)</sup>、マサバ<sup>47)</sup>、スルメイカ<sup>47)</sup>の筋肉タンパク質は、類似したアミノ酸パターンをもち、発泡性に関係するといわれる非極性のアミノ酸<sup>48)</sup>であるアラニン、バリン、ロイシン、イソロイシン、プロリン、メチオニン、フェニルアラニン、トリプトファン<sup>49)</sup>の全アミノ酸中に占める割合をみると、マイワシ40%、マアジ40%、マサバ普通肉41%、血合肉42%、スルメイカ39%で変わらない。しかし、筋肉の遊離アミノ酸は、筋肉アミノ酸に比べて著しく異なり、特定のアミノ酸が偏る場合が多いとされている。マイワシ<sup>49, 50)</sup>、マアジ<sup>47, 49, 50)</sup>、サメ類<sup>49)</sup>、スルメイカ<sup>51)</sup>の非極性アミノ酸の全アミノ酸に対する割合は、マイワシ普通肉2~9%、血合肉9%、マアジ普通肉6~9%、血合肉7%と低く、サメ類は22~27%、スルメイカは23~42%となった。ちなみに卵白<sup>52)</sup>は41%となる。これまでの試験から、マ

イワシ、マアジ、マサバの発泡性は低く、メジロザメはやや高く、スルメイカは最も高くなること、酵素処理により、発泡性高くなることから、遊離アミノ酸に関しても、これらの数値の傾向と発泡性の関連が見られ、発泡性の要因を探る一つの方法と考えられた。しかし、トリプシン、パパイン処理によるタンパク質の分解が魚種により、発泡性が著しく高くなったり、全く発泡しなくなったことから、タンパク質の一次構造から発泡性との関連<sup>53)</sup>を推察して見たが、大きな違いが見いだせず、発泡性とタンパク質の構造の関係は、少なくとも、一次構造の違いからではなく、高次構造の関係が推測され、発泡性と分子構造上の変化の関係についての検討も必要と思われた。

発泡性の高いものと低いものの組合せについては、発泡性の高いものとしてスルメイカ耳部を用い、発泡性の低い魚肉と混合した場合、魚肉の種類により、発泡性が高くなるものと低いまま効果のないものがみられた。マイワシ、マアジ、マサバの肉部は効果がなく、発泡性を妨害しているように推測された。これは、上述のごとく、鶏卵白の発泡性を左右する要因として明らかされている卵白構成アミノ酸に占める非極性アミノ酸が高い<sup>46)</sup>、言い換えると魚肉の遊離アミノに占める非極性アミノ酸の割合が低いと推測している。アカハゼ、メジロザメはスルメイカ耳部の混合割合が高くなる程相対的に高くなった。これは、魚種特性が強く現われたと思われた。

スルメイカ包卵腺<sup>2)</sup>は、発泡性が高く、粘性が強い。加水を250%と多くしても、また、食塩添加、高温処理しても泡層とペースト層の分離が見られなかったことから、発泡性の高い素材として用い、魚肉、スルメイカ部位別肉部、魚介類生殖腺と混合した場合、肉部ではアカハゼ肉部、メジロザメ肉部でスルメイカ包卵腺10%混合した混合した場合相乗効果が見られた。スルメイカ部位別では胴肉部で包卵腺5%混合で相乗効果があり、魚肉より各部位の混合試料がより高くなった。魚介類生殖では包卵腺5~10%の混合でマサバ精巢、スルメイカニーダム氏嚢が著しく相乗効果を、マイワシ精巢、スルメイカ精巢、スルメイカ卵巣がかなりの相乗効果を得た。相乗効果の高く現われたのは、何れもそれ自体発泡性の高いものが包卵腺と相乗的に高くなる傾向であった。少量のスルメイカ包卵腺混合で相乗的に発泡性が高くなった理由は、ホモゲナイザー中に包卵腺を主体に気泡が、乳化作用によるミセルが生成し、これを核に気泡が多く生成し、これが混合試



料の発泡性を相乗的に高めたと推定された。これに関連して発泡性の低いサバ卵巣をホモゲナイズにより発泡させ、しばらく静置後（泡層が幾分残っている）再びホモゲナイズすると発泡性が著しく高くなった例も得ている。また、包卵腺の混合割合を高めるとペースト層は密となり、発泡性が抑えられ、包卵腺自体の発泡性の値に収斂された。

スルメイカ包卵腺の発泡性が高いことについて考えられることは、Kimura<sup>54)</sup>らはアルゼンチンインレックス包卵腺の粘質物の主要成分は、ムチンでO-結合型糖鎖（ムチン型糖鎖）に富んでいると報告している。最近糖鎖の機能<sup>55)</sup>注目されてきているが、加藤<sup>56, 57)</sup>はタンパク質と多糖類をハイブリット化させると著しく乳化性を高めることが出来る。また、遺伝工学的手法によりリゾチームに多糖類を結合することにより、高い乳化性を保持したものに改変出来ることを報告している。アルゼンチンインレックスと同じアカイカ科（スルメイカ科）に属するスルメイカ包卵腺にもムチン型糖鎖が富んでいると推定される。乳化性の高いものが必ずしも発泡性が高いとは言えないが、一般的に発泡性の高いものは、乳化性が高く、スルメイカ包卵腺の発泡性は、タンパク質と結びついた糖鎖（多糖類）が重要な働きをしていると考えられた。スルメイカニーダム氏嚢は、発泡性も高く包卵腺と類似した強い粘性を有していて、両者はイカ発生上必要な成分を保持していると思われる。包卵腺は産卵に際し、包卵腺由来のゼリーを分泌、この中に卵を排出して、直径60~80 $\mu$ mの卵塊を形成<sup>58, 59)</sup>する。ニーダム氏嚢については、精子は精莖と呼ばれる一種のカプセルに詰め込まれ、ニーダム氏嚢中に保有される<sup>58)</sup>。何れもスルメイカの受精・発生上重要な生殖上の一部になっているものであり、魚卵についても、表層胞には糖タンパク質が極めて高く含有されていると報告されている<sup>60)</sup>。これら生殖腺を-30℃で凍結させて、室温に放置した時魚肉に比べてかなり早く解凍し、なかでもスルメイカ包卵腺、ニーダム氏嚢は、他の生殖腺に比べて早いようであった。このことから逆に凍りにくくする性質を備えていると推定され、卵、精子の凍結を防ぎ、細菌、カビ等の微生物の侵入を阻止する生体防御的な機能<sup>55)</sup>は糖鎖が担っており、魚介類生殖腺にもこの機能が備わっていると思われる。タンパク質に結合した糖鎖の構造の違いが、発泡性に影響したと思われる。発泡性の要因をさぐる一つの方法と考えられた。この様に、スルメイカ包卵腺、ニーダム氏嚢については、健康機能性の

存在が十分予測され、発泡性とあいまって素材としての利用方法の検討も必要と思われる。

発泡性の要因については、上記で述べたごとく、幾つかの考え方を推測したが、本質的には、タンパク質の構造-分子構造の変化をホモゲナイズ、食塩添加、加熱ネサクシニル化、プロテアーゼの作用、魚介類肉部、生殖腺の混合、糖鎖（糖タンパク質）等の物理的、化学的処理により幾つかの点が明らかとなったが、基本的な性状を明らかにするためには、タンパク質の高次構造の変化との関連の検討が必要である。また、スルメイカの部位別により、発泡性が異なるのと、筋肉の構造の違いとの関連、魚介類の種類による発泡性違いは、魚種特性として片付けられるが、これらの面を含めて発泡性の原理・原則を明らかにすることは、重要なテーマである。

発泡性を保持したまゝ組織化するには、水分含量を85%以上の高水分にし、発泡化を図り、加熱によりタンパク質の変性からくる保水性の低下を防止する必要がある。加熱による、つまりゲル化に当たり、保水性が強く、発泡性の高いスルメイカ包卵腺の配合は、今の所必要不可欠であり、この他少量の添加でこれらの条件を満たすものとして、多糖類のプルラン、キサンタンガム、ローカストビーンガムを取り上げ、これらの組合せにより、つまり、プルラン1%、キサンタンガム2%、ローカストビーンガム1~2%の配合でテクスチャー的にも好ましいものが出来た。

これらの多糖類は、発泡性を抑制せず、むしろ相乗的に高める場合もあった。この中で最も粘性の高いキサンタンガムでは、キサンタンガム単独のみの1%添加は、ホモゲナイズにより、空気を抱き込ん（気泡の発生）でいるが、発泡性は見られなかった。プルラン、ローカストビーンガムも発泡性は見られなかった。スルメイカ各肉部にこれら多糖類の添加が発泡性を維持または高めた要因は、タンパク質には、多くの機能性<sup>61)</sup>があり、反応性の高い基<sup>62)</sup>を有している。多糖類にもタンパク質反応性の特性<sup>63)</sup>があり、サクシニル化（コハク酸ナトリウム添加）により発泡性を十分高めたこと、また、加藤<sup>56, 57)</sup>は、タンパク質と多糖類をハイブリット化させると著しく乳化性を高めた一すなわち、発泡性を高めた等のことから、ホモゲナイズ2分と短い時間であるが、配合したスルメイカ各肉部とスルメイカ包卵腺のタンパク質と包卵腺に含まれる多糖類ならびに添加した多糖類が部分的に反応結合して、発泡し易い形態になったと推定した方が説明出来ること

考えられた。発泡性を保持したマイワシ加熱肉は、通常ねり製品の弾力測定に用いられている5mmプランジャーと本試験でソフトな弾力測定に用いた径10mm円盤状プランジャーの関係をみると、5mmプランジャーに換算すると破断強度20~40g、破断凹み5~9mmの範囲に、スルメイカ部位別肉部で破断強度25~30g、破断凹み5~9mmとなり、ほぼ似た様な値となった。両者ともプリン様のゲル形成が出来、ソフトな弾力の指標となりえると思われた。マイワシ肉部に発泡性の高い包卵腺を20~90%と配合割合を増し、プルラン、キサントランガム、ローカストビーンガムを添加しても、発泡性は、2~10%と小さかった。これイワシ魚肉特有の発泡性を押さえる力が上回ったと考えられた。また、包卵腺の配合割合が60~90%と多くなるほど破断強度は、低下傾向となり、破断凹みは逆に高くなり、このことは、包卵腺は、しなやかさを付与すると考えられ、これが好ましいテクチャーを生み出すものと思われた。

スルメイカ各部位にこれらの多糖類添加は、未加熱の状態では、発泡性の高いクリーム状のものになった。これを加熱すると包気した空気、離水が大きくなり、発泡性の高いものほど強く、組織化しないか弱いゲル状のものとなった。しかし、これらの多糖類を適切に組合せることにより、ソフトなプリン様のテクチャーを持つ組織化が可能となった。このことは、破断強度の値が小さい割には破断凹みの値が大きいことから推測している。

組織化のため、密封した状態では、空気の膨張等により、形が崩れ易くなる。破断凹は、チューブよりカップの方がや、高めであり、形成状態も良かったことから、型枠に入れた方が望ましかった。

これまでの試験の加熱は、85℃、20分としたが、含気された空気の膨張により好ましいゲル形成保持に限界がみられた。このことから以下の本試験では、加熱温度40~80℃、加熱時間20~60分で試験し、80℃、40分加熱が泡雪（泡雪羹）様の食感が感じられ、テクチャー的に最も好ましいものとなった。結果の14で、表11に示した配合内容の単独あるいは2~3の組合せでは、組織化は困難であったが、配合全体を用いることで淡雪様の好ましいゲル化となり、マイワシ、スルメイカのタンパク質に、スルメイカ包卵腺のタンパク質、ムチン（ムチン型糖タンパク質）、プルラン、キサントランガム、ローカストビーンガム等が複雑に絡みあい、気泡の固定と好ましいゲル形成が出来たため

と考えている。このことから、加熱による空気圧（蒸気圧）と形成したゲルを壊さないするための、圧力調整法（容器より空気圧を逃す）の検討が必要である。

最近では、高齢者向け食品として、喉ごしの良い「つるつる」、「ずるずる」と言ったウエットなものが好まれてきている。そこで、結果の16-1)のゲルをより好ましいテクチャーにするため、「とろみ感」をもたせることとし、トロロイモ粉（ジネンジョイモ）を添加して検討した結果、加熱ゲルはなめらかさとぬめり感が残り、好ましいテクチャーとなった。表11の配合でも、プルラン自体にとろみ感があり、この未加熱の配合も好ましいかった。トロロイモ粉を添加したものは、未加熱ではより好ましいものであったが、加熱により、このとろみ感はなくなった。この性状は、トロロイモでは、良く知られたこと<sup>64)</sup>であるが、プルランも同様に熱変性により消失したと思われた。トロロイモ粉を0.5~1.0%添加すると破断強度は低下傾向みとなった。多糖類のガムは、かまぼこの足の補強効果はないと言われているが<sup>65)</sup>、本試験に用いた多糖類は、むしろゲルを増強する方に作用し、配合内容で異なると考えられた。しかし、とろろいも粉は、ゲルを低下する作用を示したが、破断凹みは、無添加と変わらず、このことから、よりソフト感のある加熱ゲルが形成出来たと考えている。

脂質の添加は、まろやかさ、口当たりの柔らかさを出すとされているが、スルメイカ胴肉部配合では、サラダ油を3%添加がテクチャー的に最も良く、それより多く添加するとねっとり感やべとつき感が出てくるため、5%以下が望ましかった。サラダ油添加による乳化物を形成し、添加量が多い程白さを増した。発泡性は、サラダ油添加4%までは、概ね同じで変化は見られなかったが、5%添加では、急増した。発泡性は、乳化機構における油滴球が空気に置き替わった機構<sup>66)</sup>になるとされており、逆に、乳化は、発泡性の微細な空気が油滴球に置き替わると考えられ、乳化による発泡性は、脂質の添加とともに同じか低下すると予測したが、5%添加で発泡性が急増したことは、スルメイカ胴肉の発泡性と乳化による発泡性が相乗して高くなった。つまり、適当な脂質の添加による乳化は、空気を抱き込み易く、これが発泡性を高めたと考えられた。5%添加で、加熱ゲルの破断強度で急増し、破断凹みもや、高くなったが、これは、条件により、乳化によるすり身の加熱ゲルの破断強度、破断凹みの向上を伊藤ら<sup>67)</sup>、野田ら<sup>68)</sup>、岡崎ら<sup>69)</sup>が報告し、ゲル

の構造的な変化を推察しているが、本試験結果も同様な現象が起っていると思われた。ただ、加熱ゲルの物性がすり身に比べて非常に弱いこと、配合している多糖類とゲルとの関連も考慮して発泡性急増の要因も検討する必要がある。また、加熱ゲルは、ソフト感のあるまるやかなものが出来、トウモロコシ粉添加のものとは食感が微妙ことなり、この用途向けの検討も必要と思われた。

本研究の配合区分(表11)の加熱ゲルと市販ソフト食品の破断強度、破断凹み、せん断曲線パターンを比較すると、この各加熱ゲルは、市販品の中でも、プリンから卵豆腐に至る柔らかい範疇に入っているものと思われた。配合区分の加熱ゲルの物性は、結果の17-1) -③官能評価結果とこれらのせん断曲線パターンから泡雪に近いものと推測されるが、厳密には、泡雪とは、のり様、柔らかさ、食感等が微妙に異なっており、新しい食品の開発をするためにも、これらテクスチャーとしてのジャンルの位置づけについての検討が必要であると思われた。

今後は、ソフト食品素材・食品として介護用、幼児用、一般向け用への用途向けの検討が必要である。

## 要 約

低未利用水産物を用いたソフトな食品素材、食品を開発するために、発泡性を取り込んだ利用技術開発を取り上げ、まずは、マイワシ、マアジ、マサバ、アカハゼ、メジロザメ並びにスルメイカ肉部と生殖腺を用いて物理的、化学的処理による原料の発泡特性を検討〔1)~15)〕した。更に、得られた知見に基づいた食品素材、食品を開発するために、ゲル化と保水助剤の効果も含めて検討〔16)~27)〕した。その結果、加熱ゲルの物性は、プリン状から卵豆腐に至る範疇で、ソフトで新しいテクスチャーを持つ食品を作れることが判明した。

- 1) 魚介類肉部の発泡性は、スルメイカが最も高く、次いで、アカハゼ≒メジロザメ>マイワシ≒マサバ≒マアジの順に低くなった。
- 2) スルメイカの部位別(皮付き)の発泡性は、耳部>頭脚部>胴肉部>胴肉部(剥皮)の順となり、皮の占める割合も関与することが示唆された。
- 3) 試料を磨砕しつつ発泡させる装置としてホモゲナイザーを用い、回転数と時間を変えて発泡性を調べると、ホモゲナイザー回転数は、5,000r.p.m.の方が10,000r.p.m.より高く、1~7分では、回転

時間が長い方が高くなる傾向を示した。マイワシ、マアジ、マサバは、回転数(3,000~15,000r.p.m.)が高くなる程高くなり、アカハゼ、メジロザメ、スルメイカ各部位は逆になり、回転数が高くなる程低下する傾向となった。但し、スルメイカ耳部、頭脚部は、5,000r.p.m.が最も高くなった。

- 4) 食塩添加(0.5~3.0%)は、マイワシ、マアジ、マサバ、アカハゼでは、添加量が多くなりにより、塩溶性タンパク質の溶解が進む程発泡性はなくなった。メジロザメは添加量を増すに従ってやゝ高くなる傾向を示した。スルメイカは添加量を増す程メジロザメよりさらに高くなり、部位別では頭脚部が最も高くなった。
- 5) 加熱(30~90℃)によるマイワシ、マアジ、マサバの発泡性は、殆ど認められず、アカハゼ、メジロザメ、スルメイカは加熱により高くなり、アカハゼは70℃付近、メジロザメは90℃付近、スルメイカは50~60℃で最大となった。
- 6) 魚介類生殖腺の発泡性は、マサバ卵巣を除いてマイワシ精巣、卵巣、マサバ卵巣、スルメイカ精巣、包卵腺、ニーダム氏嚢は、魚肉より高く、スルメイカと同等かそれ以上の高い値となった。また、卵巣よりも精巣の方が高く、スルメイカ卵巣、包卵腺は、最も高い値を示した。また、魚類では、卵巣よりも精巣の方が高い傾向を示した。
- 7) 生殖腺の成熟度の違いによる発泡性は、マサバ卵巣では未成熟、成熟とも概ね差はなく低かったが、精巣は、成熟の方が未成熟より可なり高い値となった。
- 8) タンパク質の化学修飾としてサクシニル化による発泡性の改善は、魚類では効果が少なかったが、スルメイカでは各部位とも食塩添加、加熱温度による発泡性は、無処理より高く、効果は大きかった。本報告で言うサクシニル化は、コハク酸を用いなくても、コハク酸ナトリウムで良く、添加量は、魚肉に対して0.5%が適量であった。
- 9) サクシニル化による発泡安定性は、無処理より高く、マイワシ、マアジ、アカハゼ、スルメイカでの効果は大きく、24時間放置しても、泡層とペースト層の分離は見られなかった。
- 10) 生殖腺の発泡性は、無処理の場合、食塩添加量(0.5~3.0%)を増す程マイワシ精巣、スルメイカ包卵腺、卵巣はやゝ増加傾向に、マイワシ卵巣、マサバ卵巣は減少傾向となった。サクシニル化し

た場合、無処理よりマイワシ精巢、スルメイカ包卵腺は高く、マサバ精巢が最も高くなった。他は無処理の場合と同様な傾向となった。

- 11) 加熱(30~90℃)による発泡性は、無処理の場合マイワシ精巢、マサバ卵巣、卵巣は70℃付近に、スルメイカ包卵腺は60℃付近にピークが見られた。マイワシ卵巣、スルメイカ卵巣は温度が高くなる程低下する傾向を示した。サクシニル化した場合、70℃付近でマサバ卵巣は、無処理より著しく高くなった。
- 12) スルメイカ各部位別肉部、マサバ精巢のサクシニル化により発泡性が著しく高くなるのは、反応時間の間、自家酵素によるタンパク質分解での発泡性が加わったためであった。
- 13) 魚肉のトリプシンとパパイン処理による発泡性の改善は、メジロザメとスルメイカに見られ、マイワシ、マアジ、マサバは、全く発泡しなかった。
- 14) 魚介類肉部、生殖腺の一般成分と発泡性には特に関連はみられなかった。
- 15) 発泡性の高いスルメイカ耳部と魚肉混合の発泡性は、マイワシ、マアジ、マサバの肉部は、スルメイカ耳部の混合割合を高めても、若干高くなる程度であったが、アカハゼ、メジロザメ肉部は、スルメイカ耳部の混合割合を増す程高くなった。
- 16) 発泡性の高いスルメイカ包卵腺5~20%の混合割合で、アカハゼ肉部、メジロザメ肉部、スルメイカ胴肉部、頭脚部、耳部、マイワシ精巢、卵巣、マサバ精巢、スルメイカ精巢、卵巣、ニーダムシ氏嚢と相乗効果が見られた。特に、マサバ精巢、ニーダム氏嚢の相乗効果が高かった。
- 17) 組織化用の配合組合せで、発泡性を出すには、少なくとも加水150%以上(全体とし水分85%以上)する必要があり、このような高水分ものをゲルするのは困難であったが、ゲル化と保水助剤(プルラン、キサンタンガム、ローカストビーンガム)により、発泡性の保持とゲル化の改善に非常に効果的であった。
- 18) マイワシ肉部、スルメイカ肉部の加熱ゲルで、ソフト感もあり、テクスチャー的に良かったのは、プルラン添加1%、キサンタンガム2%、ローカストビーンガム1~2%であった。
- 19) 発泡性を起こす手段として、異なる方式のホモゲナイザーとスピードカッターでは、発泡物の比重には相関が見られた。
- 20) 発泡性と比重の関係に相関が見られ、発泡物の比重のから発泡性が推定出来た。比重から換算した発泡性は、マイワシ肉部で概ね未加熱で1~10%、加熱ゲルで1~8%、スルメイカ各部位別肉部は、未加熱で20~130%、加熱ゲル10~30%であった。
- 21) 形態の異なる加熱ゲルのチューブとカップでは、破断強度、破断凹みに相関が見られた。未加熱で発泡性の高いものほど加熱後、空気、水分が分離して、ゲル形成が非常に弱くなった。ゲル形成出来たものでは、チューブよりカップの方で破凹みが深く、形成状態等から見て、組織化当たってチューブより型枠に入れた方が良いと判断された。
- 22) 組織化用として用いたプルラン、キサンタンガム、ローカストビーンガムの添加は、この組合せと少量の添加で、発泡性の保持ならびに相乗的に高める作用があった。また、加熱ゲルの物性を高めるため、この添加量を増すと、粘性や破断強度は高くなったが、発泡性は低くなる傾向を示した。
- 23) 本試験で用いた配合割合のテクスチャー的に最も好ましい加熱条件は、80℃、40分であった。
- 24) トロロイモ粉の添加は、未加熱では、とろみ感があったが、加熱するとこのとろみ感がなくなったが、なめらかさとぬめり感が残り好ましいテクスチャーとなった。トロロイモを0.5~1.0%添加すると破断強度は低下したが、破断凹みは変わらなかった。
- 25) サラダ油の添加は、5%以下が望ましく、加熱ゲルは、脂質によるまろやかさが出て、3%添加がテクスチャー的に好ましいものとなった。
- 26) 各配合区の加熱ゲルの生菌は、何れも検出されなかった。
- 27) マイワシ、スルメイカ肉部の配合 組合せの加熱ゲルの物性は、加熱温度・時間の調整(85℃、40分)によりプリンから卵豆腐に至る柔らかいものにすることが可能となった。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、有益なご指導、ご助言を頂きました。当時、水産庁中央水産研究所加工流通部長(現、東京農業大学生物産業学部教授)にありました西岡不二男氏に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 羽田野六男・高野秀明・高間浩蔵 (1979) : 多獲性多脂魚タンパク質の高度利用 - II, マイワシ・サクシニル化筋原繊維タンパク質の化学的性質と機能特性. 日水誌, **45** (7), 861-865.
- 2) 浅原充雄・嶋内 潤・田中良治 (1997) : 平成8年度低・未利用水産物を用いた新規食素材の開発に関する成果報告書, 山口県外海水産試験場.
- 3) 浅原充雄・嶋内 潤・白木信彦 (2000) : 平成11年度低・未利用水産物を用いた新規食素材の開発に関する成果報告書, 山口県水産研究センター.
- 4) 山野善正・鶴 敏之・杉原史郎・三木栄三 (1982) : モノグリセライドによるエマルジョンの安定性と粘性. 日食工誌, **29** (3), 137-142.
- 5) 齋尾恭子 (1987) : 第4節 大豆タンパク食品の機能性, 起泡性. 大豆とその加工 I (渡辺篤二・齋尾恭子・橋詰和宗共著, 建帛社, 東京, pp.289-292).
- 6) 浅原充雄・嶋内 潤・田中良治 (1998) : 平成9年度低・未利用水産物を用いた新規食素材の開発に関する成果報告書, 山口県外海水産試験場.
- 7) 浅原充雄・嶋内 潤・白木信彦 (1999) : 平成10年度低・未利用水産物を用いた新規食素材の開発に関する成果報告書, 山口県外海水産試験場.
- 8) 志水 寛 (1981) : 肉タンパク質と水の相互作用, pHの影響. 新版魚肉ねり製品 (岡田 稔・衣巻豊輔・横関源延編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.38-40.
- 9) 村田安代 (1984) : 第2部 素材を中心とする調理, 卵. 調理科学 (調理科学研究会編), 光生館, 東京, pp.331-341.
- 10) 河村フジ子 (1984) : 第1部 調理操作, 泡立てる. 調理科学 (調理科学研究会編), 光生館, 東京, pp.191-195.
- 11) 西本淳一 (1990) : I. 栄養成分の分布と消長, 一般成分. 魚肉の栄養成分とその利用 (竹内昌昭編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.9-33.
- 12) 須山三千三 (1958) : ニジマス卵成熟中の一般成分の変化. 日水誌, **24** (8), 656-659.
- 13) 科学技術庁資源調査会編 (1982) : 四訂日本食品標準成分, 大蔵省印刷局, 東京.
- 14) 中村 敏 (1986) : 第7章 新素材, プルラン. 食品加工の革新技術 (木村 進・亀和田光男監修), シーエムシー, 東京, pp.269-274.
- 15) 中村 敏 (1987) : 第2章 デンプン系新素材, プルラン. 食品新素材の開発と応用 (亀和田光男・監修), シーエムシー, 東京, pp.87-97.
- 16) 黄海三雄 (1988) : キタンサンガム. 天然添加物と新食品素材, 食品化学新聞社, 東京, pp.48-50.
- 17) 坂本 武 (1988) : ローカストビーンガム. 天然添加物と新食品素材, 食品化学新聞社, pp.43-45.
- 18) 浅原充雄・菅 昭人・田中良治・松森 茂 (1985) : 組織化による魚体の食品素材化. 昭和59年度魚介類有効栄養成分. 利用技術研究成果の概要 (水産庁), pp.292-319.
- 19) 浅原充雄・菅 昭人・田中良治・松森 茂 (1988) : 凍結粉碎肉 (ファインミート) の変性処理による食品素材化. 昭和63年度魚介類有効栄養成分利用技術研究成果の概要 (水産庁), pp.401-425.
- 20) 北島直文・土井悦四郎 (1987) : 泡沫の物性. 日食工誌, **34** (8), 549-557.
- 21) 土井悦四郎 (1994) : 食品の分子構造と機能特性. 京大食糧科学研究報告, **57**, 3-12.
- 22) 浅原充雄・田中良治・田井中剛 (1933) : 低利用魚のかまぼこ形成能について. 水産物の利用に関する共同研究, 第33集, 8-13.
- 23) 志水 寛・清水 亘 (1960) : 水産動物に関する研究 - XXVIII, 魚類筋肉の蛋白組成. 日水誌, **26** (8), 806-809.
- 24) 渡部終五 (1994) : 1. 魚の栄養の科学, 魚類のタンパク質. 魚の科学 (鴻巣彰二監修, 阿部宏喜・福家伸也編), 朝倉書店, 東京, pp.1-11.
- 25) K. Sato, R. Yoshinaka, M. Sato and Y. Shimizu (1986) : Collagen Content in the Muscle of Fishes in Association with Their Swimming Movement and M-eat Texture. Nippon Sisan Gakkaishi, **52** (9), 1595-1600.
- 26) 畑江敬子 (1994) : 5. 魚の調理・加工の科学, 魚介類の調理. 魚の科学 (鴻巣彰二監修, 阿部宏喜・福家伸也編), 朝倉書店, 東京, pp.133-146.
- 27) R. Yoshinaka, K. Sato M. Sato and H. Anbe (1990) : Distribution of Colla-gen in Body of Several Fishes. Nippon Sisan Gakkaishi, **56** (3) pp. 549.
- 28) 福田 裕 (1993) : イカの利用加工. 水産物の利用に関する共同研究, 第33集, 1-7.
- 29) 田中武夫 (1958) : イカ肉の利用・加工に関する組織学的及び組織化学的研究 - 1, イカ肉の組織的特性. 東海水研報, (20), 77-89.
- 30) 山口勝己 (1992) : 第III章 魚介類非筋肉組織の化学, 生殖腺. 水産利用化学 (鴻巣彰二・橋本周久編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.205-216.
- 31) 筒井知己・小原哲次郎 (1980) : サクシニル化鶏卵卵黄蛋白質の乳化特性. 日食工誌, **27** (6), 293-297.
- 32) 羽田野六男・高野秀明・高間浩蔵・座間宏一 (1979) : 多獲性多脂魚タンパク質の高度利用 -, マイワシ・サクシニル化筋原繊維タンパク質の乳化特性と可溶化. 日水誌, **45** (8), 951-954.
- 33) 福田 裕・永峰文洋・石川 哲・柳谷 智・松原久・山内 寿一 (1986) : たん白変性および配合成分の特性利用による組織化. 昭和60年度魚介類有効栄養成分利用技術研究成果の概要 (水産庁), pp.449-481.
- 34) M. Hamada, Y. Nagai, N. Kai and Y. Tanoue (1997) :

- Influence Added Amounts of Succinylation Level for some Protein. Journal of National Fisheries University, **46** (2), 95-99.
- 35) 中村 良 (1998): 6. 卵の調理, 泡立ち性, 卵の科学 (中村 良編), 朝倉書店, 東京, pp.86-93.
- 36) 猪飼 篤 (1988): 第七章 生きた姿, 立体構造. はたらくバイオ分子タンパク質, 東京化学同人, 東京, pp.93-107.
- 37) 濱口構造 (1990): 6. 蛋白質の動的構造, 蛋白質分子内部のゆらぎ. 改訂蛋白質機能の分子論, 学会出版センター, pp.152-163.
- 38) 生化学辞典, 2版 (1990) (今堀和友・山川民生監修), 東京化学同人, 東京, p.935.
- 39) 酵素ハンドブック, 7刷 (1990) (丸尾文治・田宮信雄監修), 朝倉書店, 東京, pp.545-546.
- 40) 生化学辞典, 2版 (1990) (今堀和友・山川民生監修), 東京化学同人, 東京, pp.1010.
- 41) 酵素ハンドブック, 7刷 (1990) (丸尾文治・田宮信雄監修), 朝倉書店, 東京, pp.557-558.
- 42) 石下真人・鮫島邦彦 (1995): 酵素処理による食肉の軟化. 食肉の科学, **36** (1), 5-10.
- 43) 今野久仁彦 (1994): 1. 魚の栄養の科学, 無脊椎動物のタンパク質. 魚の科学 (鴻巣彰二監修, 阿部宏喜・福家伸也編), 朝倉書店, 東京, pp.12-21.
- 44) 土屋隆英国 (1977): 無脊椎動物の筋原繊維タンパク質. 魚肉タンパク質 (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.24-42.
- 45) 松崎松一郎 (2000): 第7章 加工によるイカの成分変化. イカの栄養・機能成分 (奥積昌世・藤井建夫編著), 成山堂書店, 東京, pp.164-173.
- 46) 中村 良 (1995): 食品蛋白質の特性と機能に関する分子科学的研究. 日食工誌, **42** (9), 720-726.
- 47) 須山三千三・鴻巣彰二編 (1987): 第3章 魚介類筋肉の主要成分. 水産食品学, 恒星社厚生閣, 東京, pp.14-70.
- 48) 渡部終五 (1992): 第II章 魚介肉の化学, タンパク質 (鴻巣彰二・橋本周久編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.40-74.
- 49) 藤田眞夫 (1988): I. 分布, 脊椎動物の含窒素化合物. 魚介類のエキス成分 (坂口守彦編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.25-43.
- 50) 佐藤 守 (1990): I. 栄養成分の分布と消長, 遊離アミノ酸. 食肉の栄養成分とその利用 (竹内昌昭編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.44-54.
- 51) 石川宣次 (1991): 第6章 利用と化学, 筋肉の化学的性状. イカ-その生物から消費まで- (奈良敬二・奥谷喬司・小倉通男共編), 成山堂書店, 東京, pp.352-259.
- 52) 青山頼考 (1998): 4. 卵の栄養, タンパク質, 卵の科学 (中村 良編), 朝倉書店, 東京, pp.43-47.
- 53) 浅原充雄・嶋内 潤・白木信彦 (2001): 平成12年度低・未利用水産物を用いた新規食品素材の開発に関する成果報告書, 山口県水産研究センター.
- 54) S. Kimura, Y. Sugiura, H. Mizuno, N. Kato and Y. Hanaoka (1994): Occurrence of a Mucin-type Glycoprotein in Nidamental Gland Mucosubstance from Squid *Illex argentinus*. Fisheries Science, **60** (2), 193-197.
- 55) 大西正健 (1996): 5. 糖鎖の生理・薬理活性. 糖質の科学 (新家 龍・南浦能至・北畑寿美雄・大西正健編), 朝倉書店, 東京, pp.146-172.
- 56) 加藤昭夫 (1994): 多糖類修飾による蛋白質の機能変換と新規食品素材の開発. 日食工誌, **41** (4), 304-310.
- 57) 加藤昭夫 (1996): タンパク質の多糖修飾による高機能化. 化学と生物, **34** (10), 695-701.
- 58) 浜辺基次 (1962): 日本海西南海域におけるスルメイカの発生学的研究. 日水研報告, (10), 1-45 (1962).
- 59) 桜井泰憲 (1995): 23. 産みの苦し二世誕生-スルメイカの散乱. イカの春秋 (奥谷喬司編著), 成山堂書店, pp.165-173.
- 60) 北島 健 (1996): 魚卵に学ぶ: N-グリコシ型糖タンパク質の構造と機能. 日水誌, **62** (2), 289-290.
- 61) 畑江敬子・青木 宏 (1984): 第3部 調理と食品成分, 蛋白質. 調理科学 (調理科学研究会編), 光生館, 東京, pp.447-467.
- 62) 大井龍夫 (1998): 1. 序論, タンパク質を構成する原子団. タンパク質の科学 (鈴木敦士・渡部終五・中川弘毅編), 朝倉書店, 東京, pp.6-12.
- 63) 大橋司郎 (1990): 12. 食品工業における多糖類, 概説, 多糖類の機能と具備すべき特性. 食品ハイドロコロイド科学 (西成勝好・矢野俊正編), 朝倉書店, 東京, pp.152-160.
- 64) 今泉雅子 (1998): 第2部 素材を中心とする調理, いも (付. こんにゃく). 調理科学 (調理科学研究会編), 光生館, 東京, pp.294-299.
- 65) 岡田 稔 (1999): 第9章 副原料の科学, 多糖類ガム, セルロース. かまぼこの科学 (岡田 稔), 成山堂書店, 東京, pp.201.
- 66) 山内文雄 (1990): 13. 植物蛋白質の構造と機能特性, ダイズ蛋白質. 食品ハイドロコロイドの科学 (西成勝好・矢野俊正編), 朝倉書店, 東京, pp.172-179.
- 67) 伊藤秀明・石川 哲・福田 裕 (1997): 組織化 (ゲル化) 中の魚肉における脂質と魚肉蛋白の相互作用. 平成2年度水産利用加工研究推進全国会議資料 (水産庁中央水産研究所), pp.93-96.
- 68) 野田誠司・岡崎恵美子: 魚油乳化によるすり身加熱ゲルの物性向上効果. 平成9年度水産利用加工研究推進全国会議資料 (水産庁中央水産研究所), pp.149-152.

- 69) 岡崎恵美子・永瀬光俊・野田誠司 (1998) : 乳化すり身の加熱ゲル形成に及ぼす加熱温度の影響. 平成10年度水産利用加工研究推進全国会議資料, pp.169-172.