

## 鯉節抽出残渣の効率的な液化に関する研究

田中淳也\*・時高正明\*<sup>2</sup>・堀川滝護\*<sup>2</sup>Study on Efficient Liquefaction of Extraction Residue of Dried Bonito  
Junya Tanaka, Masaaki Tokitaka, Takimori Horikawa

めんつゆの製造過程で排出され、廃棄されている鯉節抽出残渣（以下、残渣）に含まれるタンパク質を微生物の産生する酵素により分解・可溶化し、アミノ酸を含む分解液を効率的に得るための方法を検討した。食品製造に利用されるカビを残渣に接種・培養して製造する残渣麹は、エクストルーダーにより表面積を増加させた残渣を用いることでタンパク質分解酵素活性（以下、中性プロテアーゼ活性）が向上した。この方法により製造した残渣麹と食塩を含まない水とを混合し、50℃で攪拌しながら液化させることで最も高いタンパク質分解率が得られた。

## 1. 緒言

残渣はめんつゆ製造の過程で大量に発生し、その大部分が水分とタンパク質で構成されている。このタンパク質を分解することでアミノ酸が得られ、それを調味液の原料に利用することができると考えられる。現在、これらの残渣は廃棄されているが、食品素材として利用することにより廃棄コストの削減や環境負荷の低減が期待できる。本研究では、食品製造に利用されているカビを利用して残渣中のタンパク質を分解し、可溶性のアミノ酸を含む分解液を得るための効率的な方法について検討した。

## 2. 実験方法

## 2・1 エクストルーダー処理

製造ラインより排出された残渣を二軸エクストルーダー（ラボルーダマークⅡ：(株)日本製鋼所）を用いて80℃、100℃、120℃の3つの温度帯で加熱膨化処理を行った。

## 2・2 残渣麹の製造

エクストルーダー処理した残渣および未処理の残渣に種菌を接種し、恒温恒湿器（LaboStar LHU-112：エスベック(株)）を用いて30℃・相対湿度90%の条件で残渣麹の製造を行った。1日1回の手入れを行い、10日間の培養を行った。残渣麹の中性プロテアーゼ活性は国税庁分析法注解<sup>1)</sup>に則して測定した。

## 2・3 残渣中タンパク質の分解率

残渣100gと真水600mlを混合し、プロテアーゼ活性が残渣の乾燥重量当たり0、 $3 \times 10^3$ 、 $15 \times 10^3$ 、 $75 \times 10^3$ 、 $380 \times 10^3$  U相当となるように酵素剤（プロテアーゼA「アマノ」SD：天野エンザイム(株)）を添加した。発酵装置（CTB-33：タイテック(株)）を使用し、50℃で72時間液化を行った。窒素測定はケルダール分析装置（Kjeltec8460：フォスジャパン(株)）を使用し、分解液中の全窒素量を投入残渣の全窒素量で除した値に100を乗じてタンパク質の分解率を算出した。

## 2・4 食塩濃度の検討

残渣100gと濃度0、5、10、15%に調製した食塩水600mlを混合し、さらに酵素剤1gを加えた。発酵装置により50℃で72時間液化を行った。

## 2・5 攪拌の効果

2・2によって製造した残渣麹100gと水600mlを混合し、発酵装置により50℃で72時間液化を行った。攪拌する試験区はマグネット式回転翼を300rpmの速度で回転させて攪拌した。

## 2・6 分解液中の成分

分解液中の窒素測定はケルダール分析装置（Kjeltec8460：フォスジャパン(株)）を使用し、遊離アミノ酸測定はアミノ酸自動分析計（JLC-500V：日本電子(株)）を使用した。

## 3. 実験結果および考察

## 3・1 エクストルーダー処理の効果

製造ラインから排出される残渣は硬い粗砕粒である（図1A）。残渣麹を製造するために使用するカビは残渣表面を覆うように菌糸を伸長させるため、表面積が広がるほど伸長する菌体の量が多くなると考えられる。菌体量の増加は代謝産物であるプロテアーゼの増加につながるため、エクストルーダー処理が与える残渣麹のプロテアーゼ活性への影響について検討した。

エクストルーダーは、スクリュウで試料を輸送しながら混練、加熱、加圧、成形を行う食品加工機械である。押出口にて圧力が一気に開放されるため、食品内部の水分が瞬時に蒸発し、このとき発生する爆発的膨張により成形を行うことができる。

エクストルーダーに残渣を投入し、80℃、100℃、120℃で処理したところ、粗砕粒であった鯉節が図1に示すように繊維状に変化した。100℃以上での処理では、残渣の硬化が起り、120℃では装置内で焦げ付くこともあった。そのため、100℃より低い温度での処理が好ましいと考えられる。

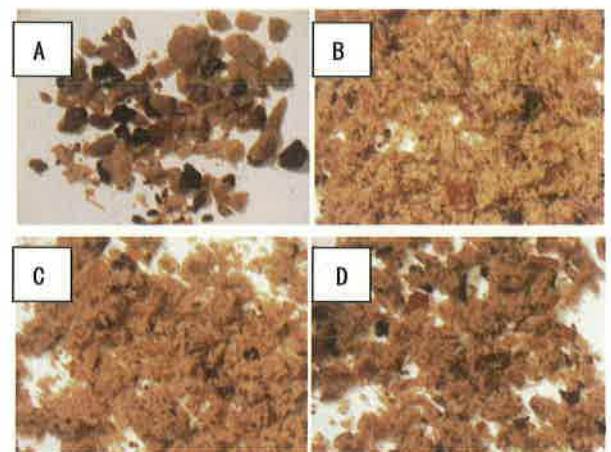


図1 エクストルーダー処理による残渣の形状変化  
A：未処理 B：80℃処理 C：100℃処理 D：120℃処理

3・2 残渣麴の製造

エクストルーダー処理を施した残渣および未処理の残渣に鯉節カビを接種し、10日間の培養を行った。培養後の残渣麴の中性プロテアーゼ活性を測定した結果、未処理の残渣麴では800 U/g-dryであった。一方、処理温度80℃の残渣麴では約1,600 U/g-dry、処理温度100℃および120℃の残渣麴では約1,200 U/g-dryであった(図2)。この結果から、エクストルーダーで残渣を繊維状に解し、表面積を増加させることにより、残渣麴のプロテアーゼ活性を高める効果があると推察される。また、処理温度100℃および120℃の残渣麴では、処理温度80℃の残渣麴と比較してプロテアーゼ活性がやや低い値となった。前述のとおり、高温でエクストルーダー処理を施すと残渣の硬化がみられることから、処理温度の高い試験区ではカビの菌糸が伸長しにくく、結果としてプロテアーゼ活性が高くならなかったものと推察される。

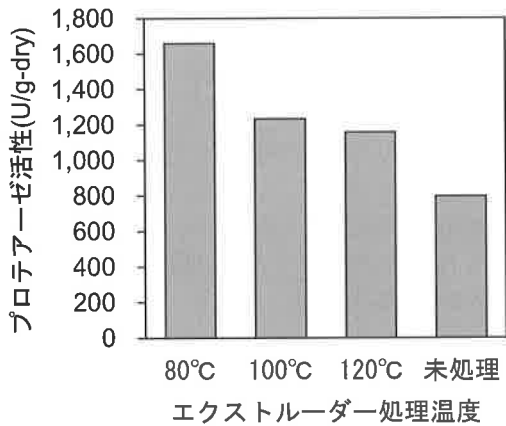


図2 エクストルーダー処理とプロテアーゼ活性の関係

3・3 残渣中タンパク質の分解率

残渣タンパク質を分解するにあたり、最大となる分解率を把握するため、酵素剤を用いて確認試験を行った。測定の結果、 $75 \times 10^3$  U/g-dryまではプロテアーゼ活性の増加とともに分解率も向上し、約80%を示した。 $380 \times 10^3$  U/g-dryの分解率は約85%に留まり、 $75 \times 10^3$  U/g-dry以降の分解率の向上はみられなかった(図3)。このことから、50℃で72時間液化を行った場合、残渣タンパク質の分解率の最大値は85%程度であることが確認された。

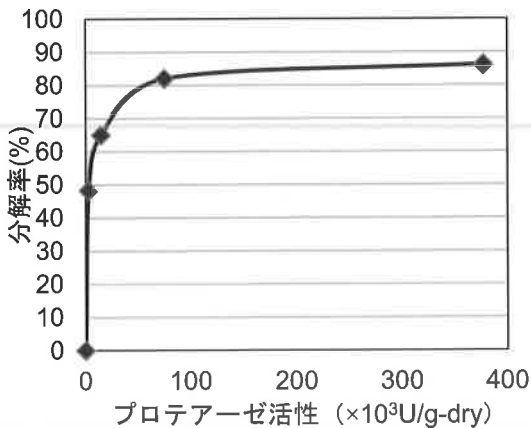


図3 プロテアーゼ活性と残渣中タンパク質の分解率との関係

3・4 食塩濃度の影響

食塩濃度0%の試験区では分解率が約52%と、各試験区の中で最も高い分解率を示し、食塩濃度の増加とともに分解率が低下した(図4)。食塩の存在によりプロテアーゼの作用が阻害された<sup>2)</sup>ものと思われる。このことから、食塩を含まない水と混合することで高い分解率を得られることが確認できた。

食塩を添加しない場合、微生物汚染の懸念がある。多くの微生物は25~40℃を増殖の最適温度としており、50℃という比較的高い温度帯で生育しにくいとされている。しかしながら、高温でも生育可能な微生物が存在する<sup>3)</sup>ため、液化工程が長時間に及ぶ場合には汚染対策が必要となる。その場合は、微生物抑制効果があり、かつ高い分解率を維持できるような食塩添加量を検討する必要がある。

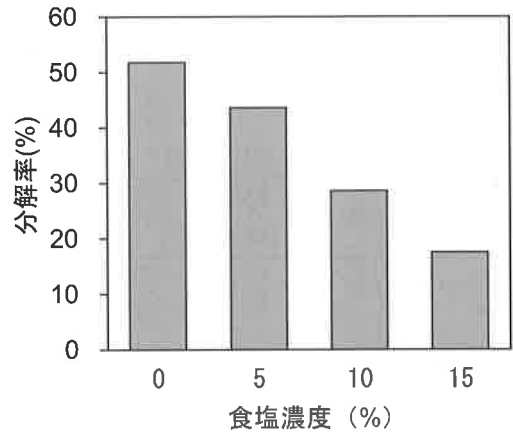


図4 食塩濃度とタンパク質分解率の関係

3・5 攪拌の効果

鯉節カビを使用して製造した残渣麴の液化を行ったところ、攪拌した残渣麴の分解率は約21%、攪拌をしない残渣麴の分解率は約16%であった。醤油麴カビを使用して製造した残渣麴では、攪拌した残渣麴の分解率は約53%、攪拌をしない残渣麴の分解率は約40%であった(図5)。いずれの残渣麴においても、攪拌することにより分解率が約30%向上した。なお、本実験に供した残渣麴のプロテアーゼ活性は、鯉節カビを用いたものでは1,400 U/g-dry、醤油麴カビを用いたものでは9,000 U/g-dryであり、分解率の差はプロテアーゼ活性に起因していると考えられる。

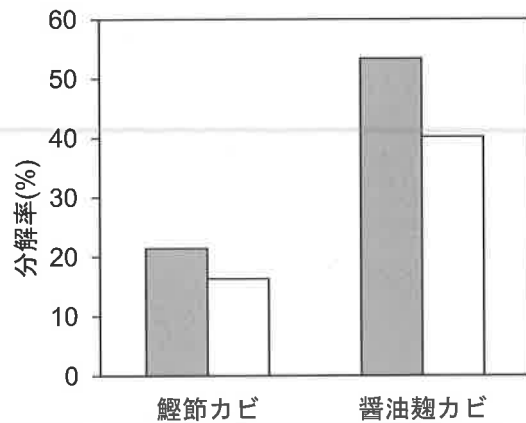


図5 攪拌の有無と分解率の関係  
■ : 攪拌あり □ : 攪拌なし

### 3・6 分解液中の成分

全窒素量は醤油の旨味の指標とされており、また、種々のアミノ酸の中でもアスパラギン酸とグルタミン酸は旨味を呈するアミノ酸とされている<sup>4)</sup>。残渣麹の液化によって得られた分解液に含まれるこれらの成分を測定した。鯉節カビを用いた残渣麹の分解液中の全窒素量は0.3%、アスパラギン酸は19 mg/100ml、グルタミン酸は57 mg/100mlであった。一方、醤油麹カビを用いた残渣麹の分解液中の全窒素量は0.6%、アスパラギン酸が104 mg/100ml、グルタミン酸が233 mg/100mlであり(表1)、鯉節カビを用いたものに比べて旨味アミノ酸含有量の多い分解液が得られた。両残渣麹の全窒素量の差は約2倍であったのに対し、呈味性アミノ酸含有量の差は約5倍であった。この原因については、本研究では解明できなかったが、それぞれの菌種が産生する酵素の種類に違いがあるものと考えられる。

表1 分解液中の遊離アミノ酸組成

遊離アミノ酸	鯉節カビ (mg/100ml)	醤油麹カビ (mg/100ml)
アスパラギン酸	19	104
グルタミン酸	57	233

### 4. 結 言

鯉節残渣中に含まれるタンパク質を効率的に分解・可溶化し、アミノ酸液を得るための方法の検討を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 80℃でエクストルーダー処理した残渣を用いることで、プロテアーゼ活性の高い残渣麹を製造することができる。
- (2) 真水と残渣麹を混合し、50℃で攪拌しながら液化させることで最も高いタンパク質の分解率が得られた。
- (3) 味噌や醤油の製造で使用されているプロテアーゼ生産能力の高い菌種を使用することで、残渣中タンパク質の分解率を向上させ、旨味系アミノ酸の多い分解液を得ることが期待できる。

本研究を進めるにあたり、実験試料および関連情報を提供いただきました株式会社シマヤおよび関係者の皆様に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 国税庁所定分析法注解, (財)日本醸造協会
- 2) 枡倉辰六郎, 広瀬義成, 森治彦ほか: 増補 醤油の科学と技術, 日本醸造協会 (1994)
- 3) 高野光男, 横山理雄: 食品の殺菌—その科学と技術—, 幸書房 (2003)
- 4) 船津保浩, 小長谷史郎, 加藤一郎ほか: マルソウダ加工残渣から調整した魚醤油と数種アジア産魚醤油との呈味成分の比較. 日本水産学会誌, 66, (2000)