

## オカラ麹の製麹と性質の検討

日渡美世<sup>\*1</sup>、大塚規博<sup>\*2</sup>、伊藤雅子<sup>\*1</sup>、児島雅博<sup>\*1</sup>、村瀬 誠<sup>\*1</sup>

### Preparation of Okara Koji and its Characteristics

Miyo HIWATASHI, Norihiro OTSUKA, Masako ITO,  
Masahiro KOJIMA and Makoto MURASE

Food Research Center, AITEC<sup>\*1</sup> Aichi Institute of Technology<sup>\*2</sup>

豆腐製造時の副産物であるオカラの食品への有効利用を目的として、製麹原料としての使用について検討した。オカラの水分条件を検討したところ、オカラの水分は40~50%が適当であることが分かった。オカラ麹の性質について検討した結果、酵素活性は、中性プロテアーゼ活性が高く、水溶性窒素、アミノ態窒素ともに顕著に増大した。窒素分解特性からは醤油用麹菌及び豆味噌用麹菌が適当であった。また、匂い分析により、製麹による匂いの変化が測定された。

#### 1. はじめに

豆腐製造時の副産物であるオカラは大豆由来の有用成分を豊富に含む素材であり、有効利用が望まれている。現在オカラは年間約70万トン排出されるが、焼却や飼料への利用が大半である。しかしながら、オカラは乾燥重量当たり、食物繊維40~45%、たんぱく質25~30%、脂質10~15%と豊富な栄養成分を含み、更にカルシウム、マグネシウムといったミネラル、ビタミンB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、E、イソフラボンなどの微量成分は大豆の50%以上残存しており、食品素材としても有望である。オカラやその発酵生産物の食品や飼料への利用については、これまで数多く検討されている<sup>1)</sup>が、実用的には一部の菓子などへの利用にとどまっている。その理由として、オカラが多水分であり極めて腐敗しやすいこと、製品としての高品質化、差別化が難しいことが挙げられる。

本研究では、オカラの加工法として製麹について検討した。オカラを麹とすることにより、旨味や風味の改良、栄養成分の増強、味噌様調味食品<sup>2)</sup>、醤油様調味食品<sup>3)</sup>、漬床など幅広い用途への利用が可能となる。また、オカラの発酵による抗酸化性の増大についても報告されていることから<sup>4)</sup>、新たな機能性の付与による付加価値の向上についても期待される。しかしながら、排出されたオカラは水分80~85%と高水分であることから水分調整を行う必要がある。そこで本研究では、製麹時のオカラの詳細な水分条件について検討した。次に、オカラ麹の酵素活性、成分、匂い値の変化をもとにオカラ麹の性質について検討した。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 材料

オカラは、県内豆腐メーカーにて排出されたものを、冷後-20℃で凍結保存し、使用時に、凍結乾燥により乾燥オカラとした。麹菌は、醤油用麹菌(*Asp. sojae*, *Asp. oryzae*)、味噌、甘酒用麹菌(*Asp. oryzae*)、焼酎、泡盛用麹菌(*Asp. awamori*, *Asp. saitoi*)をそれぞれ使用した(表1)。

##### 2.2 オカラ麹の調製

500ml容三角フラスコに乾燥オカラと蒸留水を採取し、全量を40gとして、水分25から80%に調整した。121℃、20分間加熱殺菌し、冷後、麹菌の胞子を10<sup>5</sup>~10<sup>6</sup>cells/gの割合で接種した。製麹は、恒温恒湿器内で培養温度30℃、相対湿度95%の条件下で行い、48時間で出麹とした。

##### 2.3 菌体量、酵素活性の測定

菌体量は、麹菌量測定キット((株)キッコーマン)を使用して測定し、N-アセチルグルコサミン量をもとに乾燥重量1g当たりの重量として算出した。プロテアーゼ活性は、基準みそ分析法<sup>5)</sup>に従って測定し、チロシン量として算出した。α-アミラーゼ活性は、α-アミラーゼ活性測定キット((株)キッコーマン)を使用して測定した。酵素活性はいずれも水分40%の試料1g当たりの値に換算して表示した。

##### 2.4 窒素成分の分析

全窒素、水溶性窒素、アミノ態窒素は、いずれも基準みそ分析法に従って測定した。オカラ麹2gを秤量し、蒸留水20mlを加えて加熱抽出し、No.2ろ紙によるろ過

<sup>\*1</sup>食品工業技術センター 保蔵技術室 <sup>\*2</sup>愛知工業大学

後ろ液を集めて 50m/ に定容したものを試料溶液とした。グルタミン酸量は、高速アミノ酸自動分析計(L-8500型、(株)日立製作所)を使用して測定した。

## 2.5 匂い分析

匂い分析は、FP0-II ポータブルオドメーター((株)双葉エレクトロニクス)を用いて行った。試料は直径2.5cm、高さ5.6cmの試料瓶へ厚さ2cmとなるように採取した。気体は試料瓶から本体へ連続的に吸引し、本体内蔵の二種類の酸化半導体ガスセンサによる測定値(V)を1秒毎に取り込んだ。匂い値は、両センサの測定値が最大となったピーク時間における値をベクトル表示して算出した、「香質」(ベクトル角度)と「強度」(ベクトル長さ)で表した。各オカラ麹と、比較のため、黄粉、乾燥オカラ、納豆、糠床、味噌麹、ヨーグルト、及びカマンベールチーズについて匂い分析を行った。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 オカラの水分条件の検討

製麹時のオカラの水分調整について検討した。オカラの水分を25%から70%までに調整してオカラ麹を調製した。味噌、醤油用麹菌からは米味噌用を、焼酎、泡盛用麹菌からは泡盛用1をそれぞれ取り上げて検討した。オカラ麹の菌体量を図1に示した。米味噌用では水分25%から35%にかけて菌体量が増大し、35%以上では菌体量の増大は見られなくなった。泡盛用1では米味噌用に比べてより高水分域で増殖したが、水分50%で最大となり50%以上では減少した。麹菌の増殖の傾向は、オカラの水分値に伴う水分活性の上昇に関連していると考えられる。

次に、水分30%から70%で調製したオカラ麹の - アミラーゼ活性とプロテアーゼ活性の測定結果を図2に示した。米味噌用(図2a)、泡盛用1(図2b)ともに、 - アミラーゼ活性は、水分40%以上で活性が認められるようになり、水分が高いほど高くなった。酸性プロテアーゼ活性は米味噌用では、水分30%から40%で最大であり、40%から50%で急激に低下した。泡盛用1についても水分40%で活性が最大となり以降同様の傾向だった。中性プロテアーゼ活性は、米味噌用では、水分50%で最大となり、60%から70%で急激に低下した。泡盛用1では中性プロテアーゼ活性は、水分40%で最大となったが全体的に低い傾向を示した。

以上の結果から、酵素活性を指標とした際の、両菌株ともに適した水分条件としては、水分40%から50%が好適であると考えられた。他の菌株でも水分40%から50%で良好に増殖し、高い酵素活性が得られた。排出時のオカラの水分は約80%から85%程度であり、そのままでは製麹が不可能であることから、排出されたオカラを利用

表1 供試菌株

試験区名	菌種	種類または菌株名	用途
醤油用	<i>Asp. oryzae</i>	種麹(混合、H社)	醤油
	<i>Asp. sojae</i>		
豆味噌用	<i>Asp. oryzae</i>	種麹(B社)	豆味噌
米味噌用	<i>Asp. oryzae</i>	種麹(B社)	米味噌
甘酒用	<i>Asp. oryzae</i>	種麹(B社)	甘酒
泡盛用1	<i>Asp. awamori</i>	B社	焼酎、泡盛
泡盛用2	<i>Asp. saitoi</i>	B社	泡盛

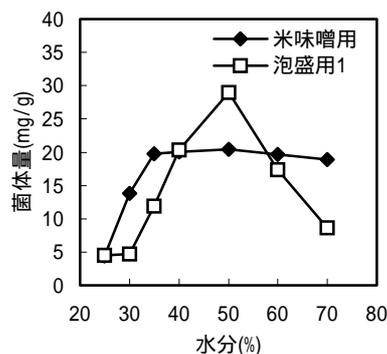
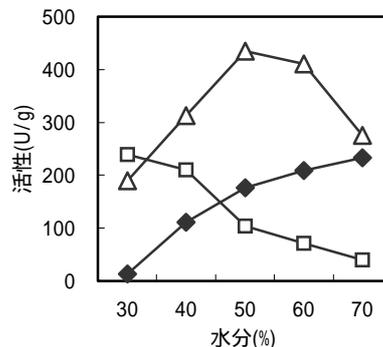


図1 水分条件と菌体量

a) 米味噌用



b) 泡盛用1

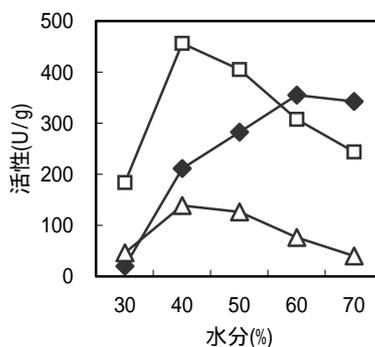


図2 水分条件と酵素活性

◆ -アミラーゼ    □ プロテアーゼ(pH3)  
 ▲ プロテアーゼ(pH6)

表2 オカラ麴の酵素活性

	-アミラーゼ (U/g)	酸性プロテアーゼ (U/g)	中性プロテアーゼ (U/g)
味噌用米麴	45～90	60～110	50～100
味噌用大豆麴	70～135	20～50	100～200
オカラ麴(醤油用)	15～20	140～160	310～370
オカラ麴(豆味噌用)	65～85	30～70	280～380
オカラ麴(米味噌用)	65～100	200～240	230～300
オカラ麴(甘酒用)	80～100	40～70	190～220
オカラ麴(泡盛用1)	30～60	360～380	110～120
オカラ麴(泡盛用2)	5～10	140～190	60～70

表3 オカラ麴の窒素成分の分析

試験区名	水分 (%)	全窒素 (g/100g)	水溶性窒素 (g/100g)	アミノ態窒素 (g/100g)	グルタミン酸 (g/100g)
醤油用	40.1	3.29	1.93	0.74	1.14
豆味噌用	44.0	3.10	1.59	0.71	1.17
米味噌用	45.9	3.05	1.19	0.28	0.48
甘酒用	45.8	2.78	1.02	0.30	0.18
泡盛用1	40.0	3.24	1.04	0.42	0.47
泡盛用2	39.0	3.39	1.25	0.31	0.40
オカラ(水分調整後)	39.5	3.11	0.23	0.03	0

する場合は、適当な水分値まで乾燥させるか、副材料の添加による水分調整を行う必要がある。

### 3.2 オカラ麴の酵素活性と窒素成分

各試験区の種麴を使用し、水分40%で製麴したオカラ麴の、-アミラーゼ活性とプロテアーゼ活性の測定結果を表2に示した。オカラ麴は、米麴や大豆麴に比べて、中性プロテアーゼ活性が高い傾向が認められた。焼酎、泡盛用麴菌(泡盛用1、泡盛用2)では、特に酸性プロテアーゼが高くなった。オカラにはでん粉がほとんど含まれないが、本試験からは試験区によっては-アミラーゼ活性も十分認められた。なお、各オカラ麴の菌体量はいずれの試験区でも20mg/g程度あり、試験区による差は見られなかった。

オカラ麴の窒素成分の分析結果を表3に示した。水分調整後のオカラでは水溶性窒素量及びアミノ態窒素量は非常に低いが、オカラ麴とすることにより、全ての試験区で、水溶性窒素、アミノ態窒素ともに顕著に増加した。オカラ麴のプロテアーゼ活性と、窒素分解性とを比較すると、特に、醤油用と豆味噌用では、水溶性窒素、アミノ態窒素、グルタミン酸量ともに高くなったが、米味噌用では高いプロテアーゼ活性を示しながら、アミノ態窒素、グルタミン酸量は低くなった。焼酎、泡盛用

麴菌のうち、泡盛用1は泡盛用2より高いプロテアーゼ活性を示したが、アミノ態窒素、グルタミン酸量ともに両者で差はなく低くなった。オカラ中のたんぱく質の分解性は、醤油用や豆味噌用といった大豆用の麴菌を使用したオカラ麴で高く、オカラ麴としても適していると考えられた。なお、各オカラ麴の遊離アミノ酸組成について分析したところ、その組成比に大きな差は認められなかった。

### 3.3 オドメーターによる匂い分析

各オカラ麴と、比較のために市販大豆製品や発酵食品の、オドメーターを用いた匂いの分析結果を図3に示した。匂いの質を表す香質値をもとに比較したところ、乾燥オカラは黄粉と非常に近い値を示した。また、発酵によるオカラの匂いの変化は香質値の低下として表れることが分かった。次に、各オカラ麴間の香質値と強度値を比較したところ、焼酎、泡盛用麴菌は、他の試料に比べて強度値は顕著に高くなり、類似した香質値となった。一方、甘酒用、米味噌用、豆味噌用は、それぞれ似た香質値を示し、強度値は低くなった。醤油用は両者の中間的な香質値を示し、強度値は低くなった。このように、オドメーターによってオカラ麴の匂いが区別された。また、オカラ麴と他の大豆製品や発酵食品とを比較すると、

## 4. 結び

オカラは製麹原料としての利用が可能であり、水分調整と麹菌の選択により、酵素活性の高いオカラ麹が調製できた。オカラを利用する上では、排出されたオカラの管理が課題となるが、現在オカラの乾燥技術が進み、乾燥オカラの用途開発が望まれていることから、十分に管理されたものについては、製麹原料としての利用も可能と考えられる。

### 文献

- 1) Desmond K. O'Toole: *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 363(1999).
- 2) 遠藤浩志・大野正博・小野和弘・斎藤孔男：福島県ハイテクプラザ試験研究報告, 平成6年度, 166(1994).
- 3) 大野正博・遠藤浩志・小野和弘・斎藤孔男：福島県ハイテクプラザ試験研究報告, 平成7年度, 113(1995).
- 4) Matsuo, M : *Biosci. Biotech. Biochem.*, **61**, 1968(1997).
- 5) 基準みそ分析法(全国味噌技術会).

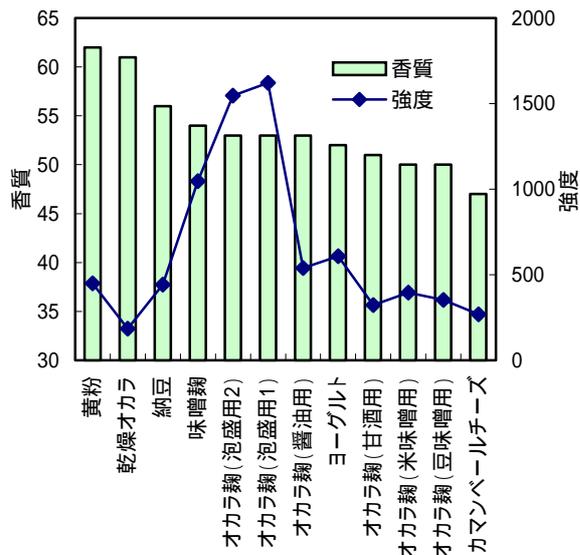


図3 オカラ麹のオドメーターによる分析

オカラ麹の香質値は、市販味噌麹やヨーグルトと比較的に近い値を示し、黄粉、納豆、カマンベールチーズとは異なる値を示した。

本機は二本のセンサからなり、重質系センサは揮発性の低い気体に反応し、軽質系センサは揮発性の高い気体に反応する。しかしながら、個々の試料に対して両センサが反応する物質については不明である。また、試料毎に水分含量や比重が異なることから、定量的な分析方法についても考慮する必要がある。今後これらの測定値と官能試験との間の相関についても検討する必要があると考えられる。