

食品加工廃棄物の有効利用に関する研究

— 大豆加工廃棄物の有効利用 —

恩田 匠・辻 政雄・荻野 敏

Utilization of Food Processing Waste

— Utilization of Strained Lees of Soy-Bean Processed Products Using Effective Microorganisms —

Takumi ONDA, Masao TSUJI and Satoshi OGINO

要 約

大豆加工食品である醤油と豆腐の製造時の廃棄物、すなわち醤油粕およびオカラの有効利用のため、それらのコンポスト化について検討を行った。各種の実験条件を設定し、市販の微生物資材を添加してその評価を行った。その結果、醤油粕とオカラを混合し、糖蜜を添加したコンポスト試料が最も有用微生物の生育が良好で、水溶性タンパク質の増大も認められ、肥料・飼料への利用に有効であると思われる。また、醤油粕の好氣的分解についても検討した。

Summary

There is importance for utilization of soy-processed waste, 'soy-u-ka-su'; strained less of soy-sauce and 'okara'; strained less of 'Tofu'. To clarify possibility of utilization of these less, composting of these less using effective microorganisms and investigation of growth of microorganisms and of changes of chemical composition of compost samples were performed in some experimental conditions. As a results, it was suggested that 'soy-u-ka-su', 'okara' have possibility to utilize for compost.

1. 緒 言

醤油は味噌や清酒などとともに、本邦において古くから製造されてきた代表的な発酵食品であり、現在、その生産量は国内では約120万tであり、海外においては増加傾向にある。この醤油製造にともない副生される醤油の絞り粕（以下、醤油粕という）は、年間約10万t（県内約800t）とも推定されている。醤油粕は大豆、小麦を主体としており、良質なアミノ酸やタンパク質を含む栄養価の高い有機物であり、従来から一部は家畜用の飼料として利用されてきた。しかしながら、近年では国内の畜産業の衰退や安価な輸入飼料の増加により、飼料としての利用は減少傾向にあることから、醤油粕の大半は産業廃棄物として、投棄・焼却処分されている。最近では、この醤油粕の高度利用について各方面において検討が行われてきており、一部では、活性炭および酢液への変換¹⁾、食用茸の栽培²⁾への利用が確立されている。

また、同じ大豆を利用して製造される豆腐において副生されるオカラについても、過去には食用とされてきたが、現在ではその消費量は少なくなってきており、主に畜産飼料として利用されている。オカラは、高栄養の有機物であ

るため腐敗しやすく、保存性の向上のための検討³⁾が行われている。

本研究では、醤油粕およびオカラの有効利用法の一つとして、新たな廃棄物を生み出すことのない再資源化方法として、醤油粕およびオカラを微生物処理することにより、その堆肥（コンポスト）化・飼料化または減量化についての基礎的な実験を行った。

2. 試験方法

2-1 実験材料および方法

醤油粕は、本県内の醤油製造企業A社およびB社から入手し、絞り後2週間前後の粕を供試した。

2-2 供試オカラ

オカラは、本県内の豆腐製造企業C社からの、発生後2日以内の新鮮なものを供試した。この供試オカラは高度に粉碎処理されており、日常的に知られているオカラよりもかなり微細化されている。

2-3 供試微生物土壌改良資材

コンポスト化のための微生物は、市販の微生物土壌改良資材である「EM1」⁴⁾（(株)イーエム・ジャパン社製）

Table 1 Media composition

glucose	1.0 % (w/v)
Bactopeptone	0.3 % (w/v)
yeast extract	0.3 % (w/v)
malt extract	1.0 % (w/v)
ethanol	1.0 % (v/v)
acetic acid	1.0 % (v/v)

This media was adjusted at pH5.8.

を用いた。このEM 1は、(財)自然農法国際研究開発センターEM研究所が研究・開発、製造している微生物製剤で、乳酸菌、酵母、放線菌、糸状菌、光合成細菌などの機能性の異なる約10属80種の微生物群が含まれる微生物菌液である。

このEM 1をTable 1のように作製した培養基に1/10量になるように接種し、25℃で7日間培養した。EM 1は、使用前に酵母、乳酸菌、一般生菌、放線菌の生菌数を確認した。

2-4 一般成分分析

醤油粕、オカラおよびコンポスト化過程の試料の成分分析は、食品の一般成分分析⁹⁾に準じて行った。すなわち、水分は105℃乾燥法により、タンパク質はケルダール分解法により、脂質はソックスレー抽出法により、灰分は

550℃灰化法により測定した。水溶性タンパク質は、20gの試料を100℃の沸騰水中で10分間放置した後のろ液に抽出されるタンパク質をケルダール法により計測した。無機塩類については、Pの分析はバナドモリブデン酸法¹⁰⁾、その他は原子吸光分光法により測定した。また、醤油粕については、プロスキー法¹¹⁾により食物繊維も測定した。

2-5 微生物の測定

コンポストおよびコンポスト化過程の試料の評価のため、微生物の分析を行った。すなわち、一般生菌、大腸菌群、乳酸菌、酵母、放線菌の生菌数を以下の方法により計測した。なお、培地の殺菌は、全て121℃15分間のオートクレーブ処理を行った。

2-5-1 一般生菌

標準寒天培地(栄研社製)を用いて、混釈培養法により培地を作製し、37℃で培養48時間後のコロニーを生菌数として計測した。

2-5-2 大腸菌群

デソキシコレート寒天培地(栄研社製)を用いて、混釈培養法により培地を作製し、37℃24時間培養後に赤変したコロニーを生菌数として計測した。

2-5-3 乳酸菌

BCP加標準寒天培地(栄研社製)を用いて、混釈培養法により培地を作製し、30℃3~7日間培養した。このとき、培地には、好気性菌の生育を抑制するため、アジ化ナトリ

Table 2 Experimental conditions on composting

	'Syoyu-kasu' a)	'Okara' b)	'Tou-mitu' c)	EM d)	H ₂ O
A	5 kg			500ml	
B	5 kg				
C	5 kg		1 l	500ml *	
D	3.5kg	1.5kg		500ml	
E		5 kg		500ml	
F		5 kg		500ml *	
G	3.5kg	1.5kg	1 l	500ml	
H	5 kg		1 l	500ml	
I	3.5kg	1.5kg	1 l	500ml	5 l
J		5 kg			
K	5 kg			1000ml	
L		5 kg		1000ml	
M	3.5kg	1.5kg	1 l	1000ml	
N	3.5kg	1.5kg	1 l	1000ml	5 l

a) Syoyu-kasu ; strained less of soy-sauce,

b) Okara ; strained less of 'Tofu',

c) Tou-mitsu ; 1/2 dilluted strained less of sugar;

d) EM ; culture of effective microorganisms.

* ; containing only lactic acid bacteria.

ウムおよびシクロヘキシミドを10mg/mlになるように添加し、牛酸性をより明確に判定するため、炭酸カルシウム²⁾を0.5%添加した。培養後、炭酸カルシウムを透明化し、周囲を黄変させるコロニーを生菌数として計測した。

2-5-4 酵母

pH4.5に調整したYM寒天培地 (Difco社製) を用いて、平板塗抹法により培地を作製し、25℃ 3～5日間培養後の生菌数を測定した。

2-5-5 放線菌

早川³⁾が開発したHV寒天培地を用いて、平板塗抹法により培地を作製し、25℃ 4～7日間培養後の生菌数を計測した。



Fig. 1 Photograph of BAC-20

2-6 コンポスト化実験

コンポスト化実験は、市販のコンポスト化容器 'エコペール' (12ℓ容量; イーエム・ジャパン社製) を使用して行った。Table 2に示したように、醤油粕、オカラ、糖蜜、蒸留水の配合割合を変えて14の実験区を設置し、25℃に調節した室内に放置した。糖蜜 (イーエム・ジャパン社製) は、廃糖蜜を温水で2倍に希釈したものを供した。これら実験区のうち、K～Nにはコンポスト化容器内の試料表面にステンレス製の板を乗せ、約3kgの重りによる荷重を加えた。また、A～Jに添加したEMは一般生菌数として約 10^6 cfu/ml、K～Nに添加したEMは約 10^8 cfu/ml濃度とした。

2-7 好氣的分解のための予備実験

好氣的分解実験は、市販の生ゴミ処理機 'BAC-20' (Fig. 1, 昭和エンジニアリング社製) を用いて行った。本装置は、家庭からの生ゴミなどの有機系廃棄物を微生物処理することによる減量化を実現する装置で、有機系廃棄物にBacillus属細菌や各種の放線菌などの好気性微生物群およびオキシドレグクターゼなどの酵素類が顆粒化された微生物製剤⁴⁾ 'SMバイオ' を添加し、装置内で回転させることにより、微生物作用による有機物の分解を促す機構に

従っている。

醤油粕10kgを、あらかじめ作製された菌床が充填されているBAC-20に添加し、自動運転を行った。

3. 実験結果および考察

3-1 醤油粕およびオカラの成分分析

3-1-1 供試醤油粕の性状と成分分析

醤油粕は、絞り後は60cm厚さ2cm程度の堅い板状の形態 (Fig. 2-a) であり、非常に強い醤油特有の発酵臭を有していた。A社のものは、絞り操作後、乾燥・粉砕処理が施されており、2cm厚さ0.5cm程度のチップ状の形態 (Fig. 2-b) であった。B社のものは、絞り操作したままの板状の形態であった。

A社およびB社の醤油粕の成分分析結果をTable 3に示した。B社の醤油粕は、乾燥処理を施しているため、A社のものと比較して水分含量が低かった。また、A社のものは、食塩濃度が高く、糖類は少なかった。これらの差異は、仕込み時の各原料の配合割合や発酵期間および醤油の絞り率が異なるためと考えられた。

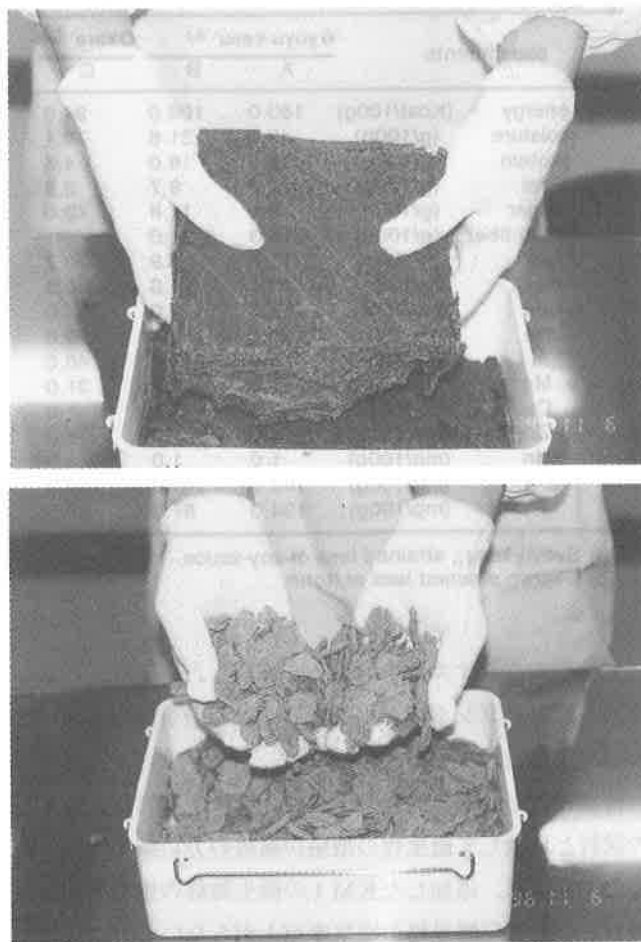


Fig. 2 Photographs of 'Syoyu-kasu'; strained less of soy-sauce
a (upper) : Company A, b (lower) ; Company B.

3-1-2 オカラの性状と成分分析

C社からのオカラは、高度に粉碎処理されており、乳白色もしくは淡黄色の粒度の細かいパウダー状の形態であった。水分が多く、いわゆる悪臭は有さず豆腐特有の香りを呈した。

このオカラの成分分析結果をTable 3に示した。

3-2 醤油粕およびオカラの初発汚染菌

3-2-1 醤油粕の汚染菌

B社の醤油粕を分析したところ、一般生菌数で約 10^7 cfu/gと、非常に高いレベルで汚染菌が認められた。これらは、粘性をもった、グラム陽性の好気性桿菌であり、*Bacillus*属系統の細菌であると思われた。

3-2-2 オカラの汚染菌

オカラには、一般生菌数で約 10^6 cfu/mlの汚染が認められた。これらの細菌は主に、*Bacillus*属細菌と乳酸菌であると思われた。

3-3 醤油粕およびオカラの嫌気発酵によるコンポスト化

Table 3 Chemical composition of 'Syoyu-kasu' and 'Okara'

constituents	'Syoyu-kasu' a)		'Okara' b)
	A	B	C
energy (Kcal/100g)	160.0	199.0	94.0
moisture (g/100g)	45.0	31.6	79.1
protein (g/100g)	15.3	16.0	4.4
fat (g/100g)	8.7	9.7	2.8
suger (g/100g)	5.1	11.8	13.0
dietary fiber (g/100g)	14.3	24.0	
ash (g/100g)	11.6	6.9	0.7
NaCl (g/100g)	10.4	5.6	0.3
Fe (mg/100g)	11.0	6.0	17.0
Na (mg/100g)	4,195.0	2,153.0	120.0
K (mg/100g)	473.0	247.0	146.0
Mg (mg/100g)	57.0	31.0	31.0
Cu (mg/100g)	2.0	3.0	1.0
Zn (mg/100g)	4.0	4.0	5.0
Mn (mg/100g)	1.0	1.0	3.0
Ca (mg/100g)	149.0	149.0	150.0
P (mg/100g)	134.0	87.0	65.0

a) Syoyu-kasu ; strained less of soy-sauce,
b) Okara ; strained less of 'tofu'.

醤油粕およびオカラを利用して作製した各実験区のコンポスト試料のコンポスト化過程における微生物の増殖について計測した。

荷重を加えなかったA~Jのコンポスト試料は、K~Nの試料と比較して微生物の増殖が腐敗の方に傾く傾向があった。これは、添加したEM1の微生物群の生菌数が少なかったことと発酵過程の嫌気度が上がらないことが原因と考えられる。A~Jの実験区のうち、E、FおよびJは、特に腐敗が激しく、著しい腐敗臭を呈し、大腸菌群の細菌も認められた。この原因として、オカラは水分含量が高い

ため腐敗しやすく、添加したEM1液の添加量が少なかったことが考えられる。また、A、B、CおよびIIは、微生物の増殖が良好でなく、これは食塩濃度が高いため、さらに醤油粕に含まれる抗菌性物質の影響¹¹⁾と考えられた。D、GおよびJは、A~Jの試料の中では、比較的微生物の増殖もよく、有用微生物である乳酸菌と酵母の生菌数も比較的高かった。

荷重を加えたK~Nの実験区の試料は、各種微生物の増殖も良好で、腐敗臭も呈さなかった。特にMは、最も微生物の増殖がよく、特に有用微生物の乳酸菌および酵母の生菌数が高かった。このMのコンポスト化過程の微生物群の生菌数の変化とpHの変化をFig. 3に示した。コンポスト試料調整後、5週間後~8週間後の微生物の生菌数は安定した。また、このMの水溶性タンパク質含量の変化を調べた結果、実験開始時(0週間目)で1.02%が8週間目の試料で1.25%と大きく増大し、栄養的にも優れていた。さらに、微生物群の増殖が良好であった実験区の試料、すなわちD、G、J、K、LおよびNは、醤油粕が元々有する悪臭が軽減されていた。

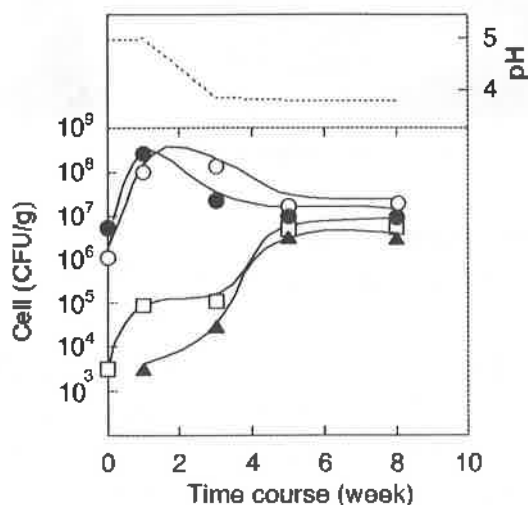


Fig. 3 Changes of numbers of microorganism and pH in composting on experimental condition M.

Symbols : ● ; bacteria, ○ ; lactic acid bacteria,
▲ ; yeasts, □ ; actinomycetes.

オカラのみを原料とするLも、有用微生物の増殖がよく、保存性の向上が計られた。

以上のことから、醤油粕とオカラを混合して、荷重装置を付与して嫌気条件にし、EM1を微生物資材として用いることで、コンポスト化できる可能性を明らかにした。作製したコンポストは、新たなコンポスト作製のための微生物資材、いわゆる元肥として有用であることが考えられ、特に乳酸菌と酵母は土壤の微生物相を発酵型に変換させる

働きをもつため、作物に対する効果が期待される。また、本実験でコンポストとして作製した試料は、畜産動物のための飼料としての用途も考えられた。

3-4 醤油粕の好氣的分解による減量化

BAC-20を用いた醤油粕の減量化実験の結果、微生物群の作用による温度の上昇があり、醤油粕投下24時間後に約50%程度の体積減量が認められ、醤油粕の構造の微細化が認められた。今後、体積減少量の定量的な実験が必要である。

4. 結 言

醤油粕およびオカラの微生物処理による再利用化方法として、嫌気発酵を用いたコンポスト化、好氣的分解について基礎的検討を行った。その結果、醤油粕とオカラを混合して、荷重装置を付与して嫌氣的条件にし、EM Iを微生物資材として用いることで、微生物の増殖が良好で、水溶性タンパク質の増大が認められるコンポストが作製できる可能性を明らかにした。今後、実用化のためには、より大きなスケールでの実験が必要である。

コンポスト化実験にあたり、貴重なご助言をいただきました長崎県工業技術センター久保克己専門研究員に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) キッコーマン株式会社他：食品産業における廃棄物からの有機物分離・利用技術，食品産業エコ・プロセス技術研究組合，p.69 (1996)
- 2) 門脇清：醬研，4，4，105 (1978)
- 3) 久保克己：長崎県工業技術センター研究報告，印刷中
- 4) 富民協会・毎日新聞社：農業富民別冊，EMのすべて，p.114 (1994)
- 5) 日本食品科学工学会新・食品分析法編集委員会編：新・食品分析法，光琳，p.879 (1996)
- 6) 日本薬学会：衛生試験法・注解，p.295 (1990)
- 7) OLYMPIA, M., ONO, H., SHINMYO, H. and TAKANO, M.: Journal of Fermentation and Bioengineering, 72, 193 (1993)
- 8) 早川正幸・野々村英夫：土壤放線菌の選択分離法，日本放線菌学会，p.7 (1992)
- 9) 兎束保之・山崎豊彦・長沼孝文・早川正幸：山梨大学地域共同開発研究センター研究成果報告，山梨大学，p.38 (1996)
- 10) 藤井則和・湯浅克己：醬研，22，105 (1996)