

テンペ発酵条件と素材の利用法

田畑 恵* 橋本 俊郎*

1. はじめに

オカラは豆腐製造の際に副生成物として産出されており、年間産出量は全国で 70 万トン、茨城県内でも 1.4 万トンにおよんでいる。しかしオカラは水分量が多く腐りやすいうえにパサパサした食感であることから、食品としての需要が低く、産出量の多くは産業廃棄物として処理されている。しかし産業廃棄物としての処理費の負担が大きい（14 円～/kg）ことや、平成 13 年 5 月に施行された食品リサイクル法により、オカラの有効利用法が求められている。

オカラは大豆の搾りかすであるが、大豆タンパク質は 3 割程度残っており、また食物繊維、大豆イソフラボン、サポニン、レシチンなど、様々な病気のリスクを低減すると注目されている成分が含まれている。そのためオカラを食品素材として利用することが望ましいと考え、酵素等を利用したオカラの食品素材化法を検討した。

乳酸菌は昔から漬物やヨーグルトなどの発酵食品に広く用いられており、発酵に伴って生成する乳酸によって大腸菌などの腐敗性細菌の増殖が抑えられることが知られている。一方テンペ菌はインドネシアで大豆発酵食品に一般に使われているカビの一種で、脱臭作用や繊維分解酵素活性があることが知られている。そこでオカラを乳酸菌とテンペ菌で発酵させたところ、日持ちがよく、さらに舌触りがなめらかなオカラにすることができた。そこで今回は発酵条件や素材の利用法について詳細に検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

県内の豆腐製造業者から産出される生オカラを冷凍保存したものを使用した。使用時には蒸気で解凍、殺菌を行った。

2.2 オカラテンペ試作方法

オカラテンペは図 1 のオカラテンペ製造工程にしたがって試作した。

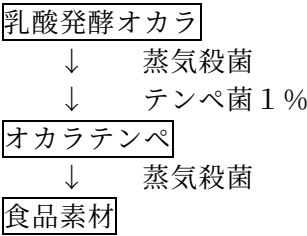
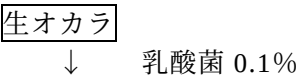


図 1 オカラテンペ製造工程

2.3 食品素材としての評価

図 1 のオカラテンペ製造工程により得られたオカラテンペを蒸気殺菌したあと、フードプロセッサーでペースト状にしたものを食品素材として利用した。

- (1) 合い挽き肉の 50%を生オカラで置換したハンバーグと合い挽き肉の 50%をオカラテンペで置換したハンバーグを試作し、形状や味を比較した。またオカラテンペ配合率を 0～100%に変えたハンバーグを試作し、ドリップ量、収縮率、厚み増加率を測定した。
- (2) 強力粉の 0, 10, 20%をオカラテンペで置換したパンを家庭用ホームベーカリーで試作し、形状を比較した。またレオメーターで一定時間後の硬さを測定した。

3. 結果と考察

3.1 オカラテンペ生成の最適条件の検討

(1) 最適温度について

オカラテンペ生成の最適温度を明らかにするために、さまざまな温度での発酵を行った。結果は表 1 の通りである。

表 1 各温度におけるオカラテンペ生成状況

設定温度 (℃)	生成状態
20	×
25	×
30	◎
35	◎
40	○
45	△
50	×

*加工食品部

オカラ全体が菌糸で覆われた良好なオカラテンペが得られた発酵温度は 30℃から 40℃の間で、45℃でも若干菌糸の伸びが見られたが、45℃以上、あるいは 25℃以下ではオカラテンペは得られなかった。また発酵中の温度変化を図 2 に示したが、発酵開始から 12～15 時間後にオカラの品温が上昇し始め、45℃付近まで温度が上昇しており、テンペ菌の活動が活発になっていることが示唆された。

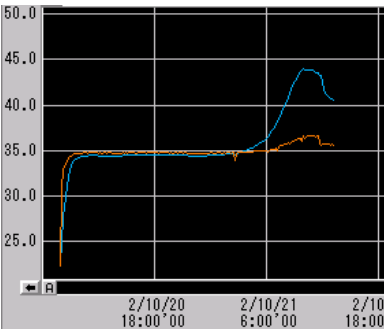


図 2 オカラの温度変化

(2) 酸素濃度変化について

テンペ菌による発酵と酸素消費量の関係を知るために、乳酸発酵オカラとテンペ菌 1 % を密閉容器に入れて、一時間ごとに酸素濃度を測定した。結果は図 3 の通りである。

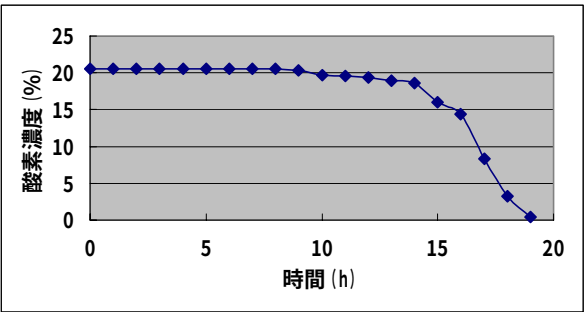


図 3 テンペ菌の発酵時における酸素濃度の変化

品温が上昇し始めるのと同じく 12～15 時間後に酸素濃度が低下し始めていることがわかり、20 時間後には密閉容器の酸素がほとんど消費されていた。また酸素が低濃度の状態ではテンペ菌が増殖しないことも明らかとなった。

(3) pH について

今回は生オカラに乳酸菌を添加し、乳酸発酵させた後にテンペ菌による発酵を行ったが、乳酸発酵によって pH が低下しすぎると、テンペ発酵が進まないことが懸念さ

れたため、テンペ菌の pH 耐性を調べた。

まず乳酸で pH を調節したポテトデキストロース培地にテンペ菌を塗抹して 35℃で 24～48 時間培養し、コロニーを計測した。結果は図 4 の通りである。

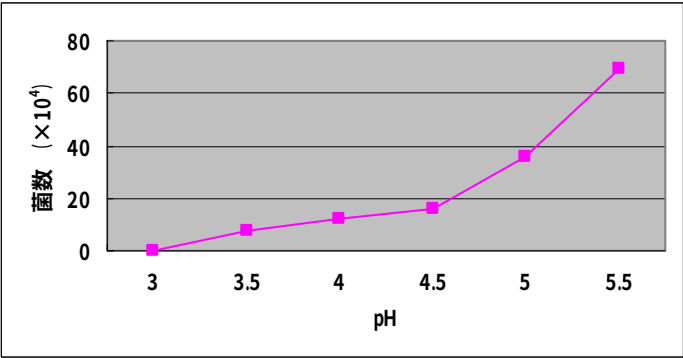


図 4 各 pH におけるテンペ菌数

市販ポテト培地の pH は 5.5 であったが、pH が低下するにしたがってテンペ菌数は減少した。また pH4.0 以下ではコロニーが非常に小さく、培養に時間がかかった。

つぎに殺菌した生オカラの pH を乳酸で調整してテンペ菌を接種し、オカラテンペの製造を試みた。結果は表 2 の通りである。

表 2 各 pH におけるオカラテンペ生成状況

pH	テンペ生成
2.9	×
3.5	×
4.2	△
4.5	○
5.0	◎
6.7	◎

生オカラの pH は 6.7 であり、20 時間程度で良好なテンペが得られた。しかし pH が低下するにしたがって発酵時間が長く必要となり、pH4.0 以下であるとテンペ菌よりも黒カビが優勢となった。また pH3.0 以下であるとテンペ菌は死滅してしまった。

これらの結果から、pH の低下によりテンペ菌の生育が抑制されることが明らかとなった。オカラテンペ製造工程で乳酸発酵を行う場合には、pH4.5 以下にならないようにする必要がある。

(4)発酵容器内のオカラの厚さについて

(2)の結果より、酸素濃度が低下するとテンペ菌が増殖できないことが明らかとなった。テンペ菌による発酵の際にオカラの嵩が高くなってしまうと、酸素不足によ

て発酵が進まないことが懸念されたので、テンペ発酵とオカラの厚さの関係について検討した。オカラとテンペ菌 1 %を混ぜたものを、プラスチックカップに 2.5～10cm になるように詰め、35℃で発酵させた。結果は表 3 の通りである。

表 3 各厚さにおけるオカラテンペ生成状況

厚さ (cm)	テンペ生成
2.5	◎
5	◎
7.5	△
10	×

24 時間でテンペ発酵が順調に進むのは厚さ 7.5cm までであった。24 時間以上かければ 10cm 以上でも菌糸が伸びていくが、発酵にムラができてしまうので、オカラの厚さは 7 cm 以下が好ましい。

3.2 食品素材としての評価

(1)オカラテンペ添加ハンバーグ

オカラテンペ生成のための最適条件が明らかとなったので、つぎに食品素材としてのオカラテンペの評価を行った。まず生オカラとオカラテンペの違いを明らかにするために、肉の 50%を生オカラとオカラテンペに置換したハンバーグを試作した。結果は図 5 の通りである。



図 5 生オカラ添加ハンバーグ（左）とオカラテンペ添加ハンバーグ（右）

生オカラを 50%添加したハンバーグはまとまらずに焼いたときに崩れてしまい、食感も悪かったが、オカラテンペを 50%添加したハンバーグは焼いても崩れず、またザラツキもなかった。このことからオカラテンペは生のオカラよりも二次加工性に優れていることが明らかとなった。

そこでオカラテンペの配合率を変化させて、ドロップ率・収縮率・厚み増加率を測定した。結果は表 4 の通り

である。

表 4 オカラテンペ（OT）配合率による変化

OT 配合率 (%)	ドロップ率 (%)	収縮率 (%)	厚み増加率 (%)
0	19	38	130
25	5	19	116
50	1	0	100
100	1	0	100

オカラテンペを添加すると焼いた場合に肉汁が保持され、ドロップや縮みを抑えることが確認された。職員の官能検査による評価も含め、ハンバーグには 50%までオカラテンペを添加することが可能だと考えられる。

(2)オカラテンペ添加パン

つぎにオカラテンペ添加パンについての検討をするため、強力粉の 10%、20%をオカラテンペで置換したパンを試作した。結果は図 6 の通りである。



図 6 オカラテンペ添加パン
（左から 0 %，10%，20%）

注）底辺の割れ目はホームベーカリーの羽根による

10%置換では膨らみや生地目の状態などで無添加のものほとんど変わらないパンが得られた。一方 20%置換では生地はほとんど膨らまず、また目の粗いパンとなってしまう。そこでオカラテンペ無添加のパンと 10%添加のパンを同一の条件下で保存し、レオメーターにより硬さを測定したところ、オカラテンペ添加パンは硬化が遅いことが明らかとなった（図 7）。そこでセンター職員を対象に、保存 4 日目のパンの官能検査を行ったところ、オカラテンペ添加パンはしっとりとして柔らかく、有意な差が認められた。

これらの結果から、パンには 10%までオカラテンペを

添加することが可能だと考えられる。

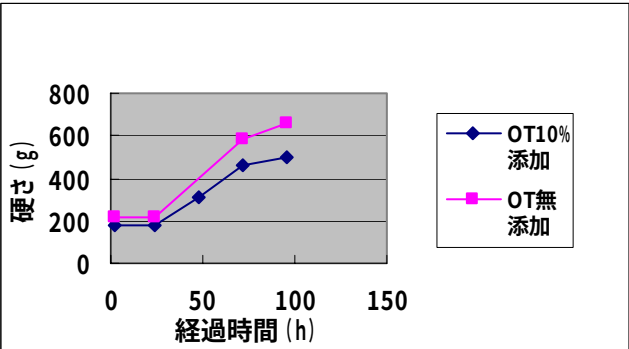


図7 パンの硬さ変化

4. まとめ

オカラをテンペ菌で発酵させることにより、オカラ臭を取り除き、舌触りがなめらかで二次加工しやすいオカラテンペにすることができた。オカラテンペ生成の最適条件は発酵温度が 30～40℃，また発酵開始から約 12 時間後にテンペ菌の増殖が盛んになり，品温上昇と酸素濃度の低下が見られたので，適度な酸素の存在下で発酵させる必要がある。

オカラテンペはハンバーグでは肉の 50%，パンでは強力粉の 10%までそれぞれ置換可能であり，肉汁の保持や水分の保持など，付加価値のある食品素材として利用できることが明らかとなった。

現在オカラを乳酸菌，テンペ菌で連続的に処理できるオカラ食材化装置の試作・開発の支援を行っており，今後も製品化を目指して支援していく予定である。