

## 産業廃棄物のおからを利用したテンペの作成と成分分析

下伊那農業高等学校食品化学科 26番 平澤 未悠

### I はじめに

私は世界の発酵食品に興味があり、インドネシアの発酵食品であるテンペの製造を通してテンペ菌について学ぼうと思った。テンペとは、大豆にテンペ菌を付着させ発酵させた食品であり、海外では肉の代替品としてヴィーガンの方やダイエット中の方に多く食べられている。しかし日本ではあまり見かけることがないため、研究を通してテンペの魅力を知ろうと思った。また、産業廃棄物であるおからを利用しておからテンペを作り、食品ロスの削減に貢献できないかと考えた。

### II 目的

- 1 テンペ菌の培養、テンペの成分分析を行いテンペについて理解する
- 2 おからテンペの製造ができないか試み、食品ロスの削減に貢献する

### III 方法

- 1 旭松食品（長野県飯田市駄科 1008）を訪問し、テンペ菌についてお話を聞き、おからテンペのアドバイスをいただく。

- 2 テンペ菌の培養

(1) 材料、使用器具、分量（表1参照）

- ・大豆 ・片栗粉(※) ・テンペ菌 ・シャーレ ・ジップロック ・ポリ袋
- ・インキュベータ ・鍋

※テンペ菌が少量のため全体に均等に繁殖するよう片栗粉でかさ増しをする。

表1 大豆テンペの試験区

	①	②	③	④	⑤	⑥
大豆 (g)	50		200			
片栗粉 (g)	0	0	2	0	8	10
テンペ菌 (g)	市販のテンペを 1g置いた	2.5	0.5	10	2	1
培養方法	シャーレで32℃で培養		ジップロックで32℃で培養			

(2) 製造方法

- ①大豆を一晩冷蔵庫で浸漬させる。夏季は腐敗しやすいため冷蔵庫で浸漬させる
- ②大豆の皮むき。皮が残っているとテンペ菌がうまく発酵しないため丁寧に行う
- ③大豆を45分-1時間煮る
- ④水を捨てた鍋で軽く加熱して水分を飛ばし、40度に冷ましてポリ袋へ入れる
- ⑤テンペ菌と片栗粉を混ぜたものを袋へ入れ、よく振って均等に菌を付着させる
- ⑥シャーレ：シャーレに大豆を敷き詰め、インキュベータ（32℃）で1日培養  
ジップロック：穴を開けたジップロックに入れて、インキュベータ（32℃）で1日培養

- 3 おからテンペの製造、培養

(1) 材料、使用器具、分量（表2参照）

- ・おから ・おからパウダー ・5倍酢(※) ・片栗粉 ・テンペ菌 ・鍋

・瓶 ・ジップロック ・インキュベータ ・オートクレーブ ・シャーレ  
 ※pHを下げるため酢を加える

表 2 おからテンペの試験区

	①	②	③	④
おから	冷凍しておいた手作りのおから		おからパウダー（市販）	
おから (g)	130	30	90	
水 (g)	全体が半分浸る程度	0	48	144
酢 (g)	100	50	12	36
片栗粉 (g)	8	8	0	8
テンペ菌 (g)	2	2	0.2	2
培養方法	ジップロック	シャーレ	ジップロック	

## (2) 製造方法

### ○おから

- ①おから、水、酢を鍋で混ぜて加熱する
- ②筋がかけるようになったら火を止め、30分ほど置く
- ③しっかりかき混ぜ、40度に冷ます
- ④テンペ菌と片栗粉を混ぜたものに加え、袋を振りよく混ぜる
- ⑤シャーレ：シャーレにおからを敷き詰め、インキュベータ(32℃)で3日培養  
 ジップロック：穴を開けたジップロックにおからを入れインキュベータ(32℃)で培養

### ○おからパウダー（※旭松食品から提供していただいたレシピを参考）

- ①おからパウダーに5倍酢と水を入れて良く混ぜる
- ②耐熱容器(今回は瓶)に入れ、オートクレーブ(121℃で20分)で滅菌する
- ③40℃程まで冷ます
- ④ポリ袋に入れ、テンペ菌を1g入れよく振り混ぜる
- ⑤インキュベータ(30-32℃)で3日程度発酵させる

## 4 ホルモン滴定法によるアミノ酸量の定性

試料：大豆テンペ、おからテンペ

試薬：5%硫酸、10%硫酸、中性ホルマリン溶液、フェノールフタレイン、  
 リンタングステン酸溶液、0.1M 水酸化ナトリウム水溶液

方法：

### (1) 試料溶液の作成

- ①テンペ菌を1g量り取る（大豆テンペ：1.0220g、おからテンペ：1.0455g）
- ②ビーカーに精秤したテンペと、試料の10倍量のDWを入れ1時間放置
- ③吸引ろ過瓶にブフナーろうとを付け、吸引ろ過する
- ④③で空になったビーカーに試料の10倍量のDWを入れ1時間放置
- ⑤吸引ろ過する
- ⑥吸引ろ過した試料を合わせて沸騰させる
- ⑦吸引ろ過する
- ⑧ブフナーろうとを外し、ゴム栓を付けて減圧濃縮する
- ⑨溶液と同量の10%硫酸を測り入れる

### (2) 中性ホルマリン溶液の作成

- ①ホルマリンをビーカーに入れる
- ②フェノールフタレインを7滴入れる
- ③pHが8.0になるまでNaOHを加える

### (3) 本試験

- ①三角フラスコにホールピペットで試料溶液 5 ml 取る
- ②メスフラスコで DW を 20ml 測り入れる
- ③中性ホルマリン溶液を加える
- ④フェノールフタレイン溶液を 10 滴加える
- ⑤0.1M NaOHを加え、滴定を行う。終点は微紅色とする

## IV 結果

### 1 旭松食品研究開発本部の池田さんのお話

テンペとは、元々バナナの皮で大豆を包んで発酵させたもの。バナナの皮やハイビスカスの葉に付着しているクモノスカビの一種。原理は大豆表面の乳酸菌が発達して pH を下げ、テンペ菌が活動する。発酵温度は 30-32℃で、発酵が進みすぎると孢子が黒く変色し苦味の元となる。

テンペ菌は、乾燥に強く、好気性菌のため水分が多いと繁殖しづらい。ゆで大豆(100g)の分量が 63.5 g に対して、テンペ菌の水分量は 57.5g と少ない。

おからテンペでは、水分の多いおからよりも、水分の少ないおからパウダーのほうが作りやすい。酢を加えることで pH を下げて菌を繁殖させやすくする。また、殺菌作用がある。

以前、旭松食品でもテンペを販売していたが、需要が減ってしまい生産が中止された。旭松食品でもおからテンペの研究をしていたため、おからパウダーを使用したおからテンペのレシピを特別に教えていただいた。

### 2 テンペ菌の培養



図①

図②

図③

図④

図⑤

図⑥

- ①の試験区ではテンペ菌は生えなかった。付着させたテンペにだけ菌が生えていたが、腐敗臭が少しした。
- ②の試験区ではテンペ菌が生えたが、菌の生え方にばらつきが出た。
- ③の試験区ではテンペ菌がまんべんなく生えたが、発酵の進みすぎにより黒くなっている部分があった。
- ④の試験区ではテンペ菌が真っ白にまんべんなく生えた。発酵が進み黒く変色している部分があった。
- ⑤の試験区ではテンペ菌がまんべんなく均等に生えていた。
- ⑥の試験区ではテンペ菌が生えていない部分があり、菌の生え方にもバラつきがあった。

### 3 おからテンペの製造、培養



①

②

③

④

- ①菌糸は生えていたが端のほうが発酵が進んでいて黒く変色していた。匂いは腐敗臭ではなくテンペの香りがした。
- ②菌が生えていなかった。
- ③菌は生えていたが、発酵が進み茶色く変色していた。少し腐敗臭もした。

④菌は生えていなかった。水分が少なくボロボロしていた。赤カビが生えていた。

#### 4 ホルモン滴定法によるアミノ酸量の定性

表3 実験の滴定値

	大豆テンペ	おからテンペ
滴定値 (ml)	216.96	183.05
ブランク (ml)	174.01	146.91
アミノ酸量 (mg/100g)	35.9	23

アミノ酸量は以下の式で求めた。

$$\text{アミノ酸量 (mg/100g)} = (a - b \times \frac{20}{25}) \times F \times 0.0014 \times \frac{D}{C} \times \frac{100}{S}$$

a: 本試験の滴定値

b: ブランクの滴定値

$\frac{20}{25}$ : ブランクの試料の採取量

F: 0.1M NaOH の factor 1.000

C: 試料溶液の採取量 (ml)

S: 試料の採取量 (g)

0.0014: 0.1M NaCl 1ml に相当する窒素量

D: S(g) の試料を用いて調整した試料溶液の量 (ml)

## V 考察

### 2 テンペ菌の培養

テンペ菌が多い分、はやく均等に菌は生えるが、発酵が進みすぎてしまい黒く変色しやすくなるため、適量が良いと考えられる。

シャーレでの培養では、大豆 50g に対してテンペ菌 0.5g 程度でまんべんなく発酵し、ジップロックでの培養では、大豆 200g に対しテンペ菌 2g 程度が適量だと考えられる。

テンペ菌が少なすぎると菌の生え方にムラができてしまい均等に生やすことができないため、片栗粉を加えることで、均等に菌を生やすことができると考えられる。

### 3 おからテンペの製造、培養

手作りのおからは大豆よりも水分量が多いため、テンペ菌が生えづらいと考えられる。また、水分が多い分、発酵時間を長くするとすぐに腐敗してしまうため、温度管理や水分量の調節が大切になると考えられる。

おからパウダーでのテンペづくりでは、水分量が少なかったためぼろぼろしてしまい菌が繁殖しづらかったと考えられる。湿度の調節をしなかったことと、大豆に比べて隙間がなかったことから、好気性菌であるテンペ菌がうまく繁殖できなかったと考えられる。

### 4 ホルモン滴定法によるアミノ酸量の定性

大豆テンペの滴定値がおからテンペの滴定値に比べて大きかったことから、おからテンペよりも大豆テンペのほうがアミノ酸量が多い食品であると考えられる。

試料と試薬の量が足りなくなってしまい本試験を 1 回しか行うことができなかったため正確な実験を行うことができなかったと考えられる。

## VI 今後の課題

おからでのテンペが完成できなかったため、水分量の調整や湿度の調整を行ってみたい。大豆とおからでのタンパク質量や水分量などの成分の違いを、実験を通して調べ、テンペ菌が活動しやすい条件を見つけておからテンペを完成させたい。

## VII 参考文献

<https://cookpad.com/recipe/6226465>

<https://kawashima-ya.jp/?mode=cate&cbid=1528376&csid=4>