

# フード ケミカル

月刊

食品のおいしさと安心を科学する技術情報誌  
A Technical Journal on Food Chemistry & Chemicals.

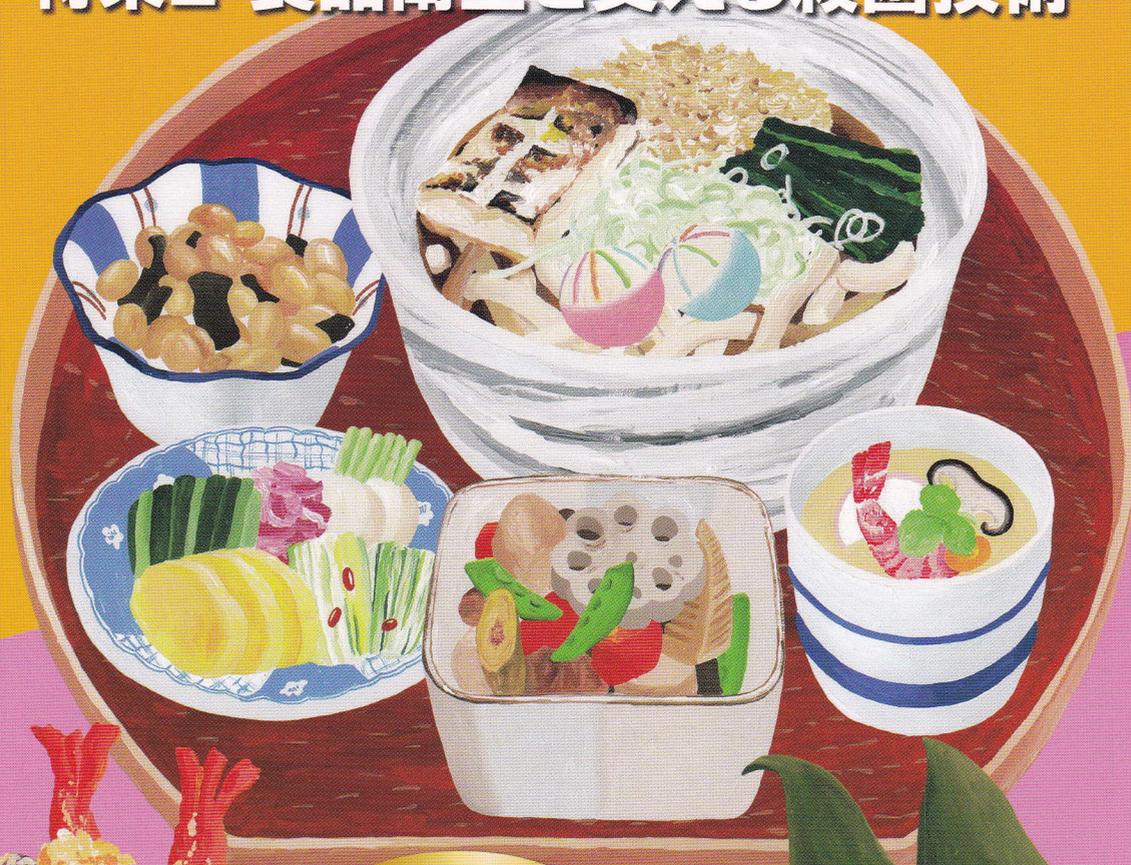
2017

1

381

## 特集1 日本食と添加物・素材の文化

## 特集2 食品衛生を支える殺菌技術



PICK UP!  
編集部イチ押し

(株)林原 ファイバリクサ™②

千葉県

袖ヶ浦市から発信する食品産業④

**ifia**  
JAPAN  
International  
Food Ingredients  
& Additives  
Exhibition  
and Conference



#### 宮尾茂雄 Shigeo Miyao

東京家政大学家政学部 短期大学部 食品加工学研究室 教授

みやお・しげお

- 略歴 東京農工大学農学部卒(1973年)、東京都立食品技術センターを経て東京家政大学教授 四川大学客員教授、全日本漬物協同組合連合会技術顧問。
- 著書 「食品微生物学ハンドブック」,「漬物の機能と科学」,「漬物入門(改訂)」,「中国漬物大事典」,「漬物の絵本」,「絶品漬物ブック」,「日本の伝統食品事典」など

泡菜(パオツァイ)は、中国、四川省で多く漬けられている乳酸発酵漬物であるが、手軽に漬けることができることから中国の広い地域で作られている。前回(1)は、四川省における泡菜の実態および使用されている原料野菜や製造工程について報告した。そこで、今回は、泡菜の試作を試み、製造過程における微生物の挙動および化学変化について検討を加えた。

#### 1. 泡菜の試作

泡菜の試作試験は、基本的には表1で示す配合割合で調製した野菜を食塩、砂糖、白酒(中国固有の蒸留酒)を含む漬液に漬け込み、図1で示した製造工程の概略にしたがい製造を行った。なお、製造の際は、泡菜製造に専用に用いられる泡菜壺(パオツァイタン：外径19cm、高さ21cm、壺口7cm)を使用し、一定の温度の下で発酵を行った。

表1 泡菜の基本的配合

白菜	1000g	食塩	78g
生姜	100g	砂糖	78g
唐辛子	26g	白酒	26mL
花椒	8g	水	1500mL

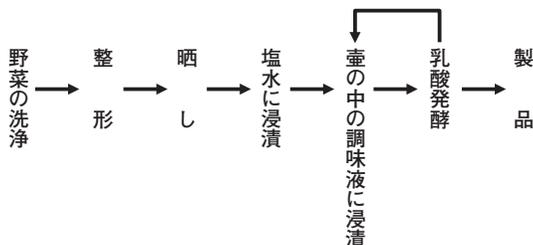


図1 泡菜(パオツァイ)の基本的な製造方法

#### 2. 微生物および化学変化

泡菜の食塩濃度は、常法に従いモール法で分析を行った。生菌数は標準寒天培地を用い混釈平板培養法により30℃、48時間培養後、グラム陰性菌数はCVT培地を用い、28℃、48時間培養後、真菌数はPDA培地を用い、28℃、5日間培養後、乳酸菌数はMRS寒天培地を用い、30℃、48時間培養後、それぞれの出現コロニー数から計数した。発酵中にみられる主要な有機酸は、酢酸、乳酸、リンゴ酸であることから、それらの有機酸をキャピラリー電気泳動装置(横河アナリティカルシステムズ HP3Dキャピラリー電気泳動システム)を用い、分析を行った。キャピラリーは有機酸分析用(Agilent #G1600-62311)を使用し、緩衝液は有機酸分析用バッファー(Agilent #8500-6785)を用いて行った。

基本的な泡菜製造として、食塩濃度3%、発酵温度20℃で発酵を行った場合の変化について検討を加えた。

微生物の挙動について調べた結果を図2に示した。発酵の進行にともない乳酸菌は急速に増殖し、4日目以降は生菌数のほとんどを乳酸菌が占めるようになった。野菜に多く付着しているグラム陰性菌は漬け込み開始時には $10^7/g$ に達したが、それ以降は乳酸菌の増殖に伴うpHの低下により減少し、7日目以降は検出されなくなった。また、酵母は漬け込み開始時には $10^3/g$ 程度存在していたが、4日目にはほとんど検出されなくなった。

本誌 2014 年 9 月号～2015 年 11 月号では東京家政大学・生活科学研究所の総合研究「温故知新プロジェクト」の成果を紹介してきました。

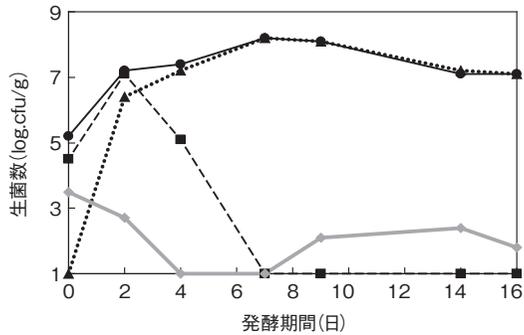


図2 泡菜の発酵における微生物の挙動(食塩3%, 20°C)

●: 細菌数 ▲: 乳酸菌 ■: グラム陰性菌数 ◆: 酵母

しかし、8日目以降に酵母がみられるようになったが、菌数は $10^3/g$ 以下にとどまった。泡菜の製造において重要な役割を果たす乳酸菌とそれらの増殖に伴うpHの変化について漬け込み開始時から8日目までの変化について調べたものが図3である。発酵開始時においては、乳酸菌数は $10^2/g$ レベルであったが、発酵の進行に伴い4日目には $10^8/g$ に達した。また、pHは漬け込み開始時は6.4であったが、乳酸菌の増殖に伴い徐々に低下し、3日目以降には、通常の細菌が増殖困難となる4.5以下となり、さらに8日目にはpH3.2まで低下した。このことは、pHが4.5以下となった3日目以降において有害菌となるグラム陰

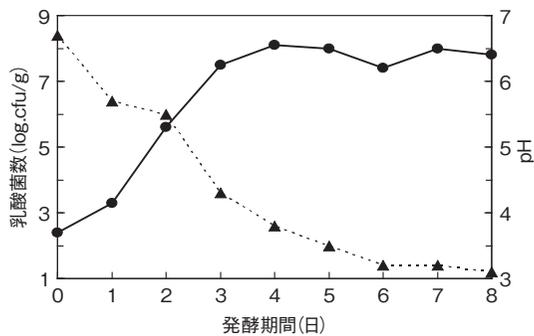


図3 泡菜の発酵における乳酸菌数およびpHの変化(食塩3%, 20°C)

●: 乳酸菌 ▲: pH

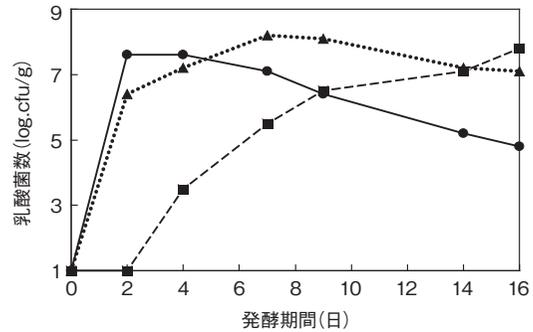


図4 泡菜発酵の乳酸菌数変化に及ぼす温度の影響(食塩3%)

●: 30°C ▲: 20°C ■: 10°C

性菌が急速に減少したことと一致している。

泡菜の発酵に対しては、温度、食塩濃度、気相、糖濃度など、さまざまな要因が影響を及ぼしている。そこで、泡菜の食塩濃度を3%とし、発酵温度を変えた場合の発酵に及ぼす影響について検討を加えた。乳酸菌数の変化について調べた結果を示したのが図4で、同様にpHの変化について示したのが図5である。30°Cでは、乳酸菌の急速な増殖が認められ、2日目には $10^8/g$ 近辺までに達した。しかし、それ以降は徐々に減少し、16日目には $10^5/g$ まで減少した。20°Cでは、30°Cよりも乳酸菌の増殖速度はやや低下したが、6日目には $10^8/g$ に達し、16日目にお

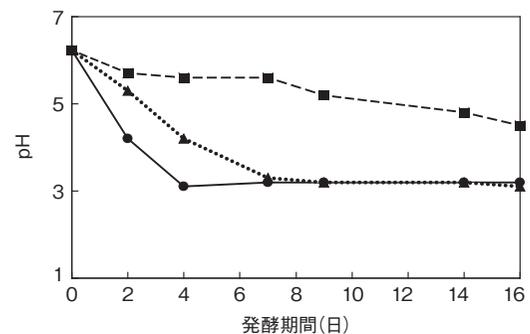


図5 泡菜発酵のpHに及ぼす温度の影響(食塩3%)

●: 30°C ▲: 20°C ■: 10°C

いても  $10^7/g$  を維持していた。一方、 $10^\circ\text{C}$  で発酵した場合は、発酵開始時から2日目までは乳酸菌の増殖は認められなかったが、4日目以降から増殖が見られるようになり、8日目には  $10^6/g$ 、16日目には  $10^8/g$  に達した。また、pHは  $30^\circ\text{C}$  の場合は4日目に、 $20^\circ\text{C}$  の場合は7日目に pH3.0 近辺まで低下したが、 $10^\circ\text{C}$  の場合は、16日目に至っても pH5.0 近辺にとどまっていた。

泡菜の発酵によって生産される主な有機酸は、原料野菜由来のリンゴ酸および乳酸発酵由来の乳酸、酢酸であることが推測されるので、食塩濃度を3%とし、 $20^\circ\text{C}$  で発酵を行った場合の乳酸、酢酸、リンゴ酸の濃度変化について調べ、その結果を図6に示した。主要な有機酸である乳酸は、発酵開始後4日目以降から増加し始め、7日目には約1.0%、9日目には約1.5%に達した。また、酢酸は緩慢に増加する傾向が見られたが、4日目以降はほとんど変化がなく0.2%程度にとどまった。同様にリンゴ酸は、0.1%以下で推移したが、なくなることはなかった。通常の発酵漬物では、産膜酵母の生育により、乳酸の減少が見られることがあるが、泡菜の場合は、産膜酵母の生育が良好に抑制されているので、乳酸の減少が少なかったものと考えられる。

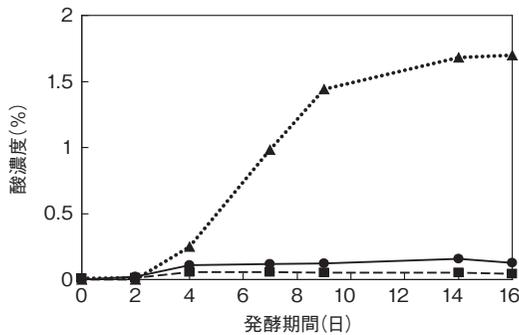


図6 泡菜の発酵における有機酸の変化(食塩3%,  $20^\circ\text{C}$ )

●: 酢酸 ▲: 乳酸 ■: リンゴ酸

### 3. 泡菜壇の内部気相における酸素濃度の変化

泡菜は製造の際に泡菜壇と呼ばれる専用の壺が使用される。泡菜壇の内部の気相部分は、発酵に伴い徐々に嫌気状態となることが予想されることから、気相部分における酸素濃度を測定した。あらかじめ泡菜壇の蓋の一部に内部の気体を採取するための注射針を通すことのできる微小の孔を開け、ガス測定に用いられる専用の粘着テープで孔を塞いでおいた。実際に酸素濃度を測定する際はガス測定専用の粘着テープを貫いて注射針を挿入し、内部ガスを吸引採取しながら残存酸素濃度を測定した。酸素濃度計としては、飯島電子製 Oxygen meter (Model RO-102) を使用した。

発酵温度が残存酸素濃度に及ぼす影響について調べたものが図7で、食塩濃度はいずれも5%で行った。その結果、発酵開始時は、酸素濃度は約20%であったが、 $10^\circ\text{C}$  で発酵を行った場合、緩やかに酸素濃度が減少し、50時間後に約15%、150時間後には約5%となった。一方、15、20、 $25^\circ\text{C}$  の場合は、急速に酸素濃度は減少し、特に、20、 $25^\circ\text{C}$  の場合は、50時間後には、約7%まで減少した。しかし、150時間後は、約5%で、 $10^\circ\text{C}$  で発酵を行った場

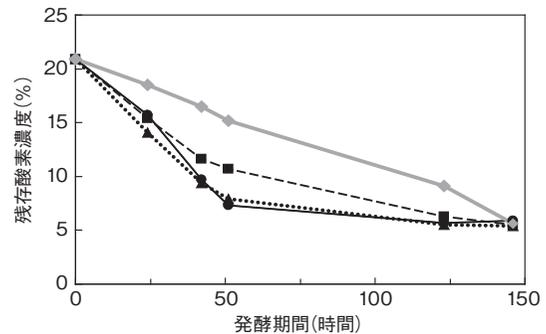


図7 泡菜の発酵における残存酸素濃度に対する温度の影響(食塩5%)

●:  $25^\circ\text{C}$  ▲:  $20^\circ\text{C}$  ■:  $15^\circ\text{C}$  ◆:  $10^\circ\text{C}$

2015年12月号からは東京家政大学教員の研究のうちから「温故知新」的な成果をピックアップして紹介しています。

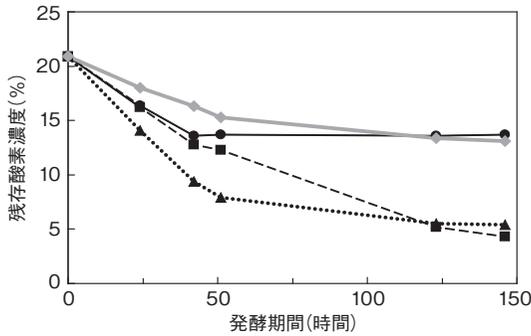


図8 泡菜的発酵における残存酸素濃度に対する食塩の影響 (20℃)

● : 2.5% ▲ : 5.0% ■ : 10% ◆ : 15%

合の残存酸素濃度と同等であった。したがって、発酵温度によって残存酸素濃度の減少速度は異なるものの食塩濃度が5%で発酵を行った場合は、最終的には残存酸素濃度は約5%にまで減少することがわかった。つぎに、発酵温度は20℃であるが、食塩濃度を变化させた場合の残存酸素濃度に及ぼす影響について調べた。その結果は図8に示すとおりで、食塩濃度が5.0%および10.0%の場合は、減少速度にやや違いが見られるが、150時間後には約5%でほぼ同程度の濃度まで減少した。しかし、2.5%および15%の場合は、急速な酸素濃度の低下はみられず、いずれも約14%にとどまった。このように食塩濃度が5,10%の場合と2.5,15%の場合とで差が見られたのは、2.5%のような低食塩濃度の場合、急速に乳酸菌が増殖したために野菜に多く付着している好気性菌の増殖が阻害され、酸素の消費が緩慢になったためと考えられ、また、15%と高濃度の場合、乳酸菌および好気性菌のいずれもが高食塩濃度のために増殖が抑制され、酸素の消費が緩慢になったためと考えられる。一方、5,10%の場合、乳酸菌の増殖がある程度阻害される状況下で好気性菌の活動が続いたために酸素の消費が進行した結果と推定される。

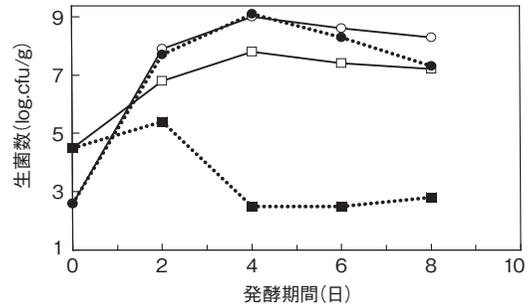


図9 泡菜壇の蓋の有無が微生物に及ぼす影響 (食塩3%, 20℃)

○ : 開放系・乳酸菌 □ : 開放系・真菌  
● : 閉鎖系・乳酸菌 ■ : 閉鎖系・真菌

#### 4. 泡菜壇の蓋による大気遮断の効果

次に、泡菜壇の大きな特徴となっている蓋の有効性を確認する目的から蓋による大気遮断が発酵に及ぼす影響について検討を加えた。図9は蓋の有無(開放系および閉鎖系)が乳酸菌および真菌の増殖に及ぼす影響をみたものである。乳酸菌に関しては蓋の有無にかかわらずほぼ同程度の増殖がみられ、いずれの場合も2日目には約 $10^8$ /g、4日目には約 $10^9$ /gにまで達した。しかし、真菌に関しては大きな差がみられ、通常の泡菜的製造方法(閉鎖系)の状態においては、4日目には $10^3$ /g以下となり、その後も大きな増殖は見られなかった。一方、開放系で発酵を行った場合は、酸素を好む産膜酵母の増殖が認められ、7日目には $10^7$ /g以上に達した。これは、開放系で発酵を行った場合は、通常の泡菜的製造と異なり、真菌(主に酵母)数がかかなり多くなることを意味している。真菌のなかには乳酸を資化するものが多いことから保存中に乳酸が消費され、pHの上昇を引き起こしたり、風味が変化する可能性のあることを示している。このことは、泡菜的製造に泡菜壇が重要な役割を果たしていることを裏付けるものといえる。

#### 参考文献

・宮尾茂雄：月刊フードケミカル，380，96-99 (2016)