



PROFILE

笹川秋彦
ささがわ
あきひこ

キムチの発酵制御法と耐熱性菌の殺菌法

今回は高圧処理を利用した非加熱殺菌において、高圧処理によってキムチの発酵過程を制御する方法と、高圧処理とパルス電界処理とを併用した耐熱性菌の殺菌方法について紹介する。

発酵食品とキムチ

発酵食品は味噌、醤油、食酢をはじめ、酒、発酵乳、納豆、塩辛、漬物などに至るまで、世界的に重要な位置を占めている。キムチは、日本の漬物の中でも急速に生産量が増大しており、99年には浅漬けを上回り、01年には35万トンに達し、漬物市場の約30%を占めるに至った。

キムチは、原料由来の微生物により発酵させた漬物であり、発酵にはさまざまな微生物が関与している。発酵したキムチは長期保存によって酸味が強く感じられるようになり、包装体で密封した場合は、炭酸ガスの発生により、包装体が破損するなどの不具合が生じる。非加熱

るいは加熱殺菌の不完全な包装食品が膨張する原因は、酵母やヘテロ型乳酸発酵を行う乳酸菌がガスを生成するためである。

キムチの発酵を制御するために加熱殺菌を行うと、風味や食感が顕著に低下する。そこで、保存の方法としては、低温保存や食品添加物が用いられている。

漬物への高圧処理

高圧処理は、圧力が水などの溶媒を媒介として、被処理物へ瞬時に隔々まで一様に伝わるので、偏りがなく均一な処理が可能である。また、微生物の殺菌効果のほかに、寄生虫の殺虫効果もあることが知られており、25℃200MPa、5分間

の高圧処理により、旋毛虫の筋肉内幼虫が死滅すると報告されている。漬物への高圧処理は、キムチのほかに、醤油もろみ漬けやしば漬け、野沢菜漬けなどへの応用例が報告され、近年では400MPaの高圧処理により殺菌した「生たくあん」が市販化された。

高圧処理を施したキムチの特徴

当社では、キムチに高圧処理を施し、微生物を制御することにより、ガスの発生を抑え、食味を低下させずに長期的に安定した製品を得ることを目的として、キムチの品質に及ぼす高圧処理の影響を調べた。

①20℃で300MPaの高圧処理をキムチに5分間施すことにより、発酵に必要な乳酸菌を生存させたまま酵母を殺菌し、保存中に発生するガスによる包装体の膨張を防止することが可能となっ

- 1990年 長岡技術科学大学大学院工学研究科材料開発工学専攻修了
- 1992年 越後製菓(株)入社
- 1996年 総合研究所食品研究室室長就任
- 1998年 日本食品科学工学会技術賞受賞
- 1999年 長岡商工会議所HP未来産業創造研究会顧問
- 2000年 食糧庁平成12年度米の新規用途開発検討委員会委員
- 2001年 (株)新潟県産物協会 新潟食品産業高度化協議会 評議員
- 2002-2003年 地域新生コンソーシアム研究開発事業(経済産業省)統括研究代表者・同評価委員会委員
- 2006年 工学博士号取得
著書、論文、特許など多数

た(図1)。

②キムチに高圧処理を施すことで乳酸の生成が抑えられ、長期にわたり酸味の増加を抑制し、pHの過度の低下を防止することが可能であった。

③高圧処理によって、保存中におけるキムチの遊離糖(グルコースとフルクトース)含量の減少を抑制することが可能であった(図2)。

④高圧処理したキムチは、無処理のキムチを長期保存した時の色差とおおむね同等で、やや透明感のある色調であった。

⑤キムチの白菜の破断応力は、高圧処理の影響を受けず、保存による硬さに変化も少ないことが判明した。

⑥キムチに高圧処理を施すことにより、10℃の保存による喫食可能な期間が延長した。また、官能評価の結果、高圧

図1 10℃保存におけるキムチの乳酸菌と酵母の変化

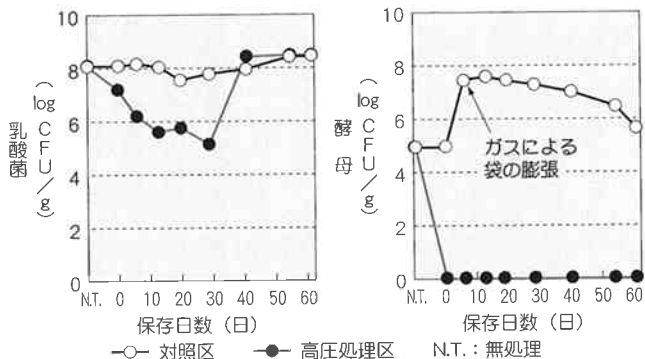
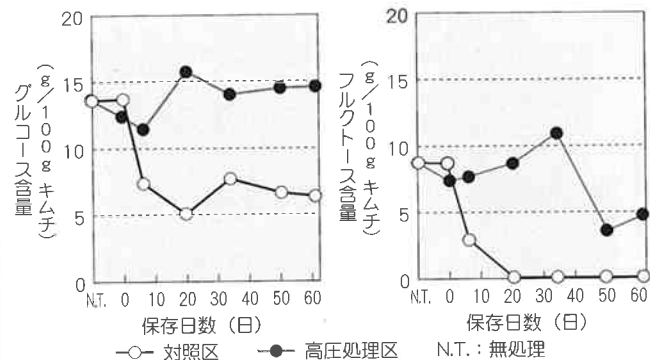


図2 10℃保存におけるキムチのグルコースとフルクトース含量の変化



高静水圧技術では、600 MPaで10〜30分の処理を施すことで、ほとんどの栄養細胞を不活化させることができる。しかし、*Bacillus subtilis*は981 MPaで40分

高圧処理やPEF処理による殺菌

これを解決するために、耐熱性の芽胞を非加熱によって殺菌または不活化させる高静水圧（高圧）や高電圧パルス電界（以下PEFと略す）、超臨界炭酸ガスおよびそれらの複合処理による新技術が注目されている。

食品の殺菌は加熱処理が一般的で、とくに*Bacillus*属や*Clostridium*属のような耐熱性細菌の芽胞に対しては100℃以上の高温殺菌が必要である。しかし、過度の加熱殺菌では、食品の香りや味、食感や成分が変化するなどの問題が生じる。

食品の殺菌

処理によって甘味と旨味が増加し、とくに発酵中期に高圧処理を施したキムチは香り、食感ともに無処理キムチに比較して高い評価であった。

このようにして、微生物の種類による高圧耐性の違いを利用してキムチの発酵過程を制御した結果、密封包装での流通過程におけるガス発生による包装袋の膨化を防止するとともに、品質を保ちながら賞味期限の延長が可能であることが確認できた。

図3 高電圧パルス電界処理の電気回路図

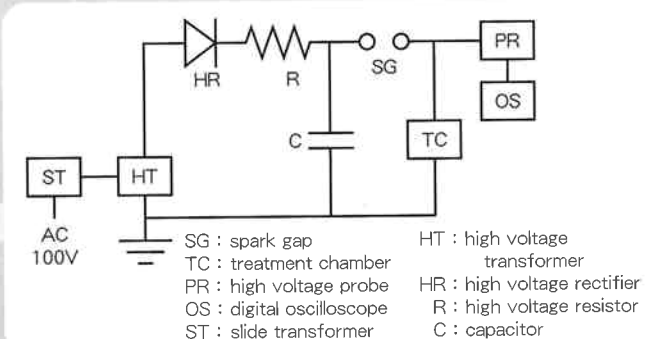


図4 スパイラル形状電極殺菌処理槽

- 印加電圧: 12kV
- 周波数: 50Hz
- 処理時間: 20分間
- 処理温度: 55℃
- サンプル量: 200ml
- サンプル流量: 160ml/min

立上り時間 約50ナノ秒
パルス幅 約1マイクロ秒

スパークギャップ放電部分

パルス電圧波形の例

の処理を施しても不活化しないことや、pH3〜8に調整した*B. subtilis*の懸濁溶液に、600 MPa、40℃、20分の高圧処理を施しても、これらの条件下では不活化率が最大でも80%程度にしかならないことが知られている。

一方、PEF技術は、一般的に哺乳類細胞へのDNA転換に使われており、植物細胞のプロトプラストや酵母に応用した報告がある。しかし、PEF処理を殺菌目的に利用した場合、*B. subtilis*の栄養細胞は、PEF処理によって明らかに活性が低下するが、*B. subtilis*の芽胞は、高い抵抗性を示し、活性はほとんど変化しないと報告されている。

以上のことから、高圧処理やPEF処

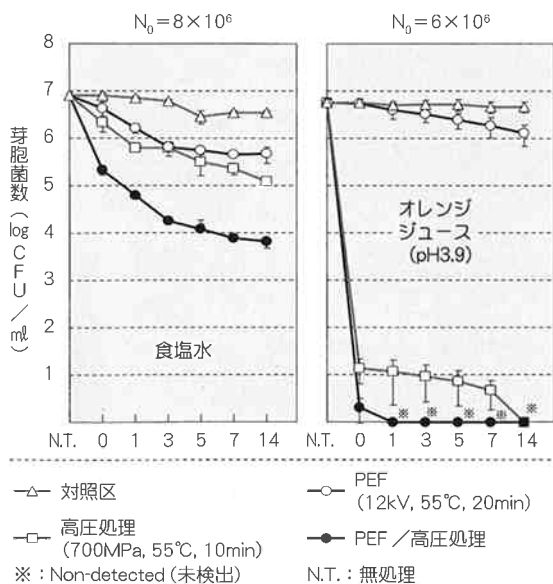
理は、栄養細胞に対しては殺菌効果があるものの、これらの非加熱処理を単独で施した場合は、芽胞の完全な不活化は難しいと考えられる。

複合処理による殺菌

そこで、当社では高圧処理とPEF処理を複合することで芽胞の不活性化が可能になると考え、種々の溶液に*B. subtilis*の芽胞を懸濁させて、高圧処理とPEF処理とを併用した複合処理を試み、芽胞の不活性化に及ぼす各処理の影響を調べた。図3に電気回路図、図4に処理槽とスパークギャップ放電部、パルス波形の例を示した。

①芽胞の不活化は、高圧処理並びにPE

図5 B.subtilisの芽胞数に及ぼす各種処理とその後の保存の影響



F処理に比較して、PEF処理後に高圧処理を施した複合処理によって顕著な相乗効果が認められた(図5)。

②処理溶液を低温保存すると発芽数が減少し、芽胞の不活化が促進された。

③位相差顕微鏡で芽胞を観察すると、無処理の試料では、光沢のある芽胞が徐々に暗色化した後、発芽して栄養細胞へと変化した。しかし、PEF処理後に高圧処理を施された芽胞は、暗色化が起きず、発芽しなかった。

これらのことから、PEF/高圧処理は、PEF処理によって芽胞細胞に損傷を生じさせ、次の高圧処理で芽胞細胞の内部にまで水を浸透させ、バスキルの原理によって均一に芽胞を失活させた画期的な殺菌方法であると考えられる。

しかし、この場合は、高圧処理の完全

性に比べて、PEF処理の芽胞細胞への損傷の完全性が課題となる。さらに、芽胞の発芽に関わる酵素を、不可逆レベルにまで変性させる圧力の検索が重要となる。これらの問題の解決が今後の課題となる。

今後の展望

熱エネルギーは散逸しやすい性質をもっており、温度に高低差があれば、高温の場所から低温の場所へと熱が移動して、やがては全体が同じ温度になる。この熱の移動には「伝導」「対流」「放射」という3つの様態がある。

一方、圧力は、バスキルの原理により、瞬時にかかる均等に伝わり、圧力は機械的に保持密封が可能なので、エネルギーの散逸がない。「すべての自然現象は、カ

学の諸原理と類似の比較的単純な数学的な表現によって記述できるはずである」という、ニュートンの信念と天才的な直感力には驚かざるを得ないが、まさに「圧力」はバスキルの原理のごとく、シンプルであり、古典力学の分野でありながら、人類にとっては新

技術パラダイムとして、今後も研究がなされていくものと考えられる。

人類は、火を恐れ、火に魅せられ、そして火を操ってきた。食材を煮る・焼く・蒸す・炊くなど、加熱調理は多岐にわたる。一方で、現在の高圧処理による調理は、「圧力をかける」だけである。「圧力をかける」パラメータも多岐にわたると予想でき、圧力調理の研究分野の進展にも期待がもたれる。

人類は21世紀になって、ようやく「圧力」という道具を実用化レベルで手に入れることができた。今世紀は人類が「圧力」を恐れず、「圧力」に魅せられ、そして「圧力」を自由に操ることのできる時代になることを期待する。

連載を終えて

99年に、新潟県長岡市商工会議所内にH・P(High Pressure)未来産業創造研究会を立ち上げ、高圧処理を食品に利用する実用化研究を開始し、本編では紹介しきれないほどの商品群が製品化された。県内外の企業の入会も可能なので、ぜひ会を覗いてみていただきたい。読者の皆様には6回シリーズで最新の高圧処理技術をお伝えしたつもりであるが、締切りに追われ、乱筆をご容赦いただきたい。この間、原稿提出日を守ることが、小生にとって最大のプレッシャーであった。執筆に際し、土橋真子女史より助力いただき、深謝いたします。

【食品工場床の決定版】

床工事中も、完成後も... **臭わない?**

超低臭型耐蝕エポキシ樹脂塗料使用 **エポソルタフGM工法** HACCP対応塗床

超低臭型樹脂	熱に強い	超 速 乾
砂糖に強い	塩・油に強い	薬品に強い
蒸気に強い	耐蝕性抜群	密着力強大

その他、床をリニューアルしたいが...
 ★水ぶくれ、剥離、コンクリートの亀裂etc.が怖い。
 ★施工時間が充分取れない。

こんな心配に、**1日で変身!! ワンデー工法**

エポキシとウレタン **ワンデー工法** ご相談ください。

(株)日米商会 製造・調色・販売・責任施工
 〒144-0046 東京都大田区東六郷3-9-12 TEL.03(3738)4410 FAX.03(3738)4478