

## 高圧食品開発物語 (その1)

Story of Development of High-Pressure Processed Foods, Part 1

山崎 彬

Yamazaki, Akira

Recently, research interest is concentrated on the use of high pressure for food processing and a successful story example is reviewed here. This report introduces various types of high-pressure processed food products, and gives the inside story of the course of this development and processing in our factory. The applicability of high pressure for the development of new foods for the future is also suggested. [high-pressure processed foods, food processing, new foods]

### 1. はじめに

価値感の多様化している現在、「人に最も望まれているサービス（貢献）とは何か？」を考えると、「より豊かな生活と時間の提供」ではないかと思う。そして時間の提供とは、不老不死に代表される「健康と長寿の提供」に帰結されると思われる。また衣、食、住の中でこの「健康と長寿」に最も関係の深いものは、「食」であろう。したがってこの観点から、もっと人間と食品の関係を追求する専門分野の整備が望まれる。

現在、筆者は会社経営の傍ら国立長岡高専で食品加工学を担当しているが、「食品加工」に関して健康と長寿の視点から、食品と人の身体との関係を体系化するべく試みた資料は少なく、その収集に苦慮している。この分野は、物理、化学、医学、生物学、食品工学、などの学際的統合を必要とし、また評価系を確立するためには動物実験や臨床試験などが必要となり、時間がかかることも事実である。

しかし、高齢化が時を待たずに進行している現在、「死ぬまで元気」は高齢者の看護対策をも含

め社会的にも重要な命題である。

一方、圧力と熱とは独立した物質の状態変換因子であり、圧力による加工は、加熱に比較して香りや栄養素の破壊が少なく、また共有結合の切断を伴わないために異常物質の生成が少ないと考えられている。圧力を食品加工に利用することができれば新しい「食」の未来が広がり、長寿社会を迎える人類に貢献するのではないかと期待するのである。

### 2. 高圧食品開発の契機

高圧力の利用は、ダイヤモンド合成や高圧化学反応などの食品以外の分野では時々話題になっていた。しかしこの研究を始めた1989年当時は、食品に高圧を利用する試みそのものが疑問視されていた時期であり、HIPやCIPの装置はあっても、手軽に食品に使えるような圧力装置は少なかったと思われる。幸いにも日本鋼管新潟製造所のご厚意により、セラミックスの圧縮成型に使用されていたCIPの装置を利用させていただけることになり故小笠原長宏教授を会長に新潟県高圧応用食品研

究会が発足したのである[1]。当時の新聞には、時々食品加工への高圧の利用に関する記事が掲載されていたが、殺菌への適用研究が先行していたように記憶している。しかし公表された報告は少なく、研究会で検討したのは1987年に「食品と開発」誌の特集“最新技術を探る”に林力丸氏が執筆された「調理・加工・殺菌・保蔵への高圧利用の可能性」の解説記事についてであった[2]。例えば、この解説との出会いと多くの方々のご厚意によって、弊社が高圧食品の研究を行なう契機を得ることができ、現在のいくつかの新製品が開発できたのである。

### 3. 事前研究と予備実験

企業で本格的な予算を組んで高圧の研究を行なうには、理論的裏付けも重要ではあるが、現象的に、利用価値、研究価値があるかどうかを判断しなければならない。したがって、最初は多くの食品に300~500 MPa、10 minの処理を施し予備実験とした。

試料を樹脂袋に封入し、長岡から新潟まで毎日走った。肉、魚、穀類、野菜、脂質など、何でも手当たり次第に圧力処理を行ない、注意深く観察した。これらの結果は後日「高圧利用に関する研究成果報告書」(1991)に纏めたが、毎回未知の体験にワクワクしたことを覚えている。

そのころ、北海道での馬鈴薯や玉葱の発芽、出根の防止に放射線照射の安全性が取り沙汰されており、50~100 MPa、5 min以上の高圧処理で効果のある結果を得たが、組織の軟化とその後の腐敗が促進されることで実用性は薄いと判断した。

大蒜(にんにく)の香りがどのように変化するかを調べたときのこと、加圧後に開封すると緑色に変化するのである。みんなこの色の鮮やかさに興奮した。後に、これはアリシンに関係する金属イオンとの化学反応であると知ったのだが、それにしても開封後に起きる現象で、酸素との関係については未だ未解明のままである。

魚肉類の乾燥品については、調味液に漬浸して500 MPa、10 minの処理を施すことにより適度に組織が軟化し、その後食べ易く、また微生物的にも安定することなどを知った。鶏モモなども骨離れがよくなり、食べ易さと共に工場での加工性も向上することがわかった。

多くの食材で殺菌や低菌化についての効果はあるが、圧力処理だけでは芽胞(spore)を形成する菌種が発芽するので完全な無菌化は難しい。しかし原料を厳選し、優勢菌種(dominant)を選択したり、加熱効果を併用したり、pHの調整を行ない、他の静菌剤や殺菌効果のある天然物を利用したりすることで、個々の食品にあわせた殺菌方法[3]が可能であるとの感触を得たのである。

### 4. 高圧装置の購入決定

研究所での機器の購入は、その年の設備予算と購入機器の重要性で決まるが、この年にはレーザー設備と競合し、購入の判断に躊躇していたのである。近隣の非食品ではあるが製造会社に大出力の炭酸ガスレーザーが設置されたので何回も見学に通った。また、筆者自身が県の推進するハイテクプラザのレーザー研究会でも役員を務めていた。しかし結局、決め手となったのは「安全性」であった。食品へのレーザー照射は、プラズマ状態で生成される多くの物質の安全性を保証することができない。結局レーザーを諦め、高圧装置に夢をかけることにしたのである。

### 5. 高圧装置の性能と操作性

高圧装置は、ピストンにより圧力容器内の圧媒を直接加圧する直接加圧方式とした。容量は0.3~7.0 l、最高圧力1500 MPa、使用温度範囲-20~+120℃、操作盤は液晶パネルでグラフ化し、加圧→保持→減圧の圧力設定、時間設定がワンタッチで操作できるようにした。内部の圧力および温度は連続的に計測し記録でき、またサファイアガラスを通して作動中の内部を観察したり撮影したりすることが可能であるようにした。

### 6. 安全対策を忘れる勿れ

びっくりするようなトラブルが発生した。1500 MPaの試運転の時である。ピストンの内部に挟(えぐ)ったエア抜き用の小穴に応力が集中し、大音響と共にピストンの一部が破壊して、吹き飛んだのである。内部が液体なので、体積変化は少なく

安全だと油断していた無知を思い知らされた。幸いにも人の怪我は無かったのだが、ピストンの破片は見事に壁を突き抜けていた。翌日から早速、20 mm 厚の透明なポリカーボネート板を張った防御シェルターを造り、作動中は避難することを義務付けた。更に、ピストン上部を覆う同様なカバーの取り付けを行なって安全を期した。これは、今でも思い出すと冷汗が出る。

また、圧力容器からは制御用のリード線が、テーパー孔に埋め込んだ銀鍍付けのブッシングを通して外部に持ち出されている。この銀鍍組成には注意が必要である。テーパーの角度にもよるが、繰り返しの度に押し出されて、外部に噴出した瞬間に、急激な減圧によって銀鍍組成が蒸発した煙のようになる。直接皮膚にあると大変な火傷となり、眼に入ったり、呼吸で吸い込んだら更に厄介なことになる。特に試運転のときは、カバーがはずされていたり、装置の近くに人の居ることが多いので注意したいものである。

## 7. 高圧蓬(よもぎ)入り餅の開発

餅の歴史は古く、日本では五穀豊饒を祈る神事に粢(しとぎ)として奉納されたことに始まり、平安時代には鏡餅となり、現在では、かき餅、丸餅および切餅などとして煮たり焼いたりして食べられている。最近では加工技術の進歩により、原料米に耐熱性菌を多量に含まない場合に限り、蒸工程(100℃、30 min前後)で殺菌できることから、白餅では無菌製品が作れるようになった。従って蓬などの副材料を、高圧により風味を残したまま殺菌し無菌化できれば、これを使って保存性に優れた美味しい蓬餅が誕生することになる。

また、現存の圧力容器では大量処理は困難であるが、蓬のような副材料なら、20倍の蓬餅となることも実生産にとってはうれしいことである。工場内に生息するカビや菌の殺菌条件を調べるため、あらかじめ菌液での確認試験を行なった。Table 1 と Figs.1~4 にその結果を示した。

Table 1. Effects of high pressure and temperatures on fungi and others.

Fungi and others	Viable counts (cfu/ml)	Initial counts (cfu/ml)	Pressure 400 MPa, 10 min.	
			20 °C (cfu/ml)	45 °C (cfu/ml)
<i>Penicillium verrucosum</i>		$1.5 \times 10^4$	$2.0 \times 10^2$	0
<i>Rhizopus oryzae</i>		$1.5 \times 10^4$	1	0
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>		$6.3 \times 10^9$	0	0
<i>Fusarium oxysporum</i>		$5.4 \times 10^5$	2	0
<i>Pseudomonas fluorescens</i>		$1.5 \times 10^4$	5	0
<i>Streptococcus</i> Cp22B		$9.3 \times 10^4$	$1.4 \times 10^4$	0

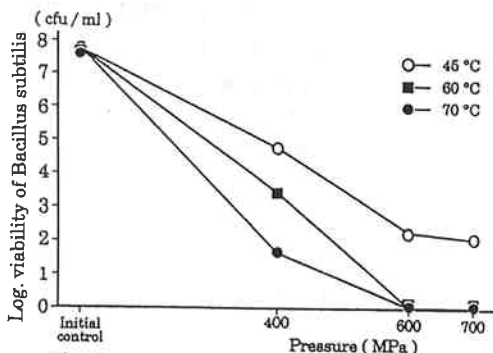


Fig. 1. Effects of different temperatures on the viability of *Bacillus subtilis*.

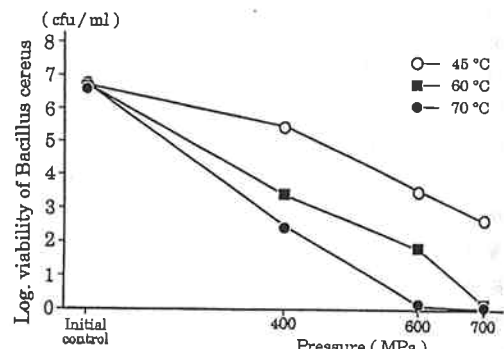


Fig. 2. Effects of different temperatures on the viability of *Bacillus cereus*.

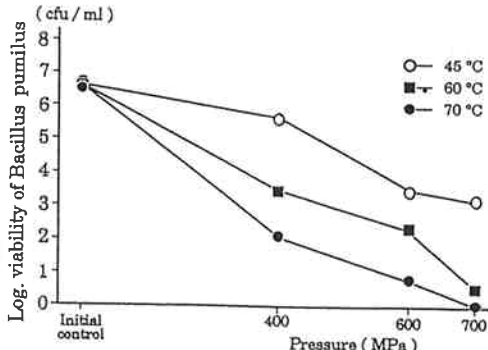


Fig. 3. Effects of different temperatures on the viability of *Bacillus pumilus*.

Table 1 に示したように、各種のカビや球菌、グラム陰性菌は45 °C、400 MPa、10 minの処理でほぼ完全に殺菌できた。しかしFigs.1~4 に示したように、*Bacillus*属に代表される耐熱性芽胞菌は圧力耐性が強く、この条件では殺菌が不可能であった。結果からは、70 °C、700 MPa以上の条件が示唆されるが、これでは蓬の緑色が褐変し、製品価値が無くなってしまふ。また、圧力容器の容量も700 MPa以上では3.5 lとなってしまう、処理効率が悪い。これには本当に困ってしまった。

「実際の蓬はどれ程汚れているのだろうか？」

「除菌剤で洗ったらどうか？」

「菌体の細胞をpH調整で軟らかくできないか？」

「植物の成長点は無菌だから採取に注意すれば大丈夫・・・」など、意見はさまざまであった。その後、乾燥品で売られている市販の蓬を使って数回のテストを試みたが、初発に $10^6 \sim 10^8$  cfu/gのオーダーで耐熱性菌が存在するため無菌化は不可能であることがわかった。

翌年の春のことである。最近では鏡餅を飾っても樹脂容器に入っている餅を取り出すのが億劫でそのまま捨てることが多い。勿体ないので何か美味しい食べ方が提案できないか・・・と考え、「蓬餅にしてみよう」ということになった。近くの畦道から蓬を摘んできた。この若芽をサッと湯通しして、容器に入ったまま鍋で煮て軟らかくした鏡餅を容器から取り出し、練り合わせた。春の味が蓬の香りと共に広がり、至福の一時であった。

あまりの美味しさに、「これが保存できないものか」と話題になり菌数を検査し、驚いた。ほとんど無菌に近かったのである。

食品の加工は素材に負うところが多い。きれいな材料からは、きれいな製品ができる。当然の帰

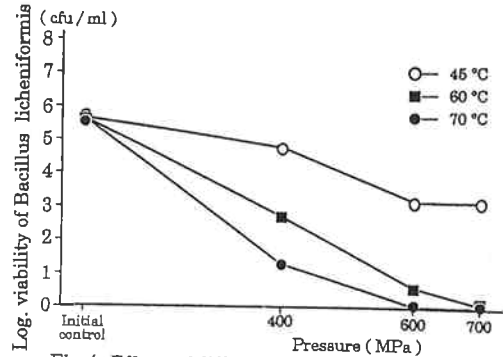


Fig. 4. Effects of different temperatures on the viability of *Bacillus licheniformis*.

結だが、忘れられていることが多い。

この年から、春を待って近くの山での蓬採りが始まったのである。最盛期は50人の社員が蓬を採取し、30人の社員が湯通し処理(ブランチング)を行なう。耐熱性菌が繁殖しない、また酵素による変敗が起きないその日のうちが勝負である。

年々この蓬餅の要望は増加し、今では蓬採りが恒例の楽しいお祭り行事となっている。

参考として、Fig. 5 に各工程での一般生菌数の変化を示した。現在まで、この製造条件で菌による事故は皆無である。

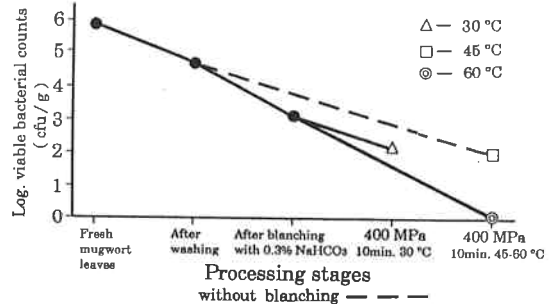


Fig. 5. Effects of different processing stages on the viable bacterial counts by mugwort leaves.

## 参考文献

- [1] 鈴木敦士, 小笠原長宏: 「高圧バイオサイエンス」, 林 力丸ら編, さんえい出版, 京都, 1994年, 380-382
- [2] 林 力丸: 「食品と開発」, 22, 55-62, (1987)
- [3] 山崎 彬, 笹川秋彦, 杵淵美倭子, 山田明文: 「高圧バイオサイエンス」, 林 力丸ら編, さんえい出版, 京都, 1994年, 第41章「高圧処理を利用した餅の製造」

[1997年3月24日受理]