

アサマ NEWS パート

2006-5 NO. 112

バイキン博士の衛生雑談

腐敗と食中毒

5 旅行者下痢症

旅と下痢

「宮殿風ホテルに宿泊、格安料金」という広告につられて、妻と娘がインド旅行に行った。三日目の夕方から激しい腹痛と引き続く下痢、二人でトイレの奪い合い、典型的な旅行者下痢症です。結局14人のツアーでコンダクターを含めて13人が下痢、残りの日々はおかゆだけという、さんざんの旅行に終わり、「二度とインドは行かない」というのが彼女らの結論になった。

海外旅行者の20-50パーセントが旅行者下痢症にかかるといわれる。読者の中にも辛い経験をされた方々も多いだろう。症状は腹痛、下痢、吐き気、嘔吐などで、ときに軽度の発熱も見られる。下痢はふつう多量の水様便でまれに血の混ざることもある。症状は二三日で治まるのがふつうで、重症になることはまれだけれども、ただ罹った人の10%くらいは何らかの影響や後遺症がのこると言われる。

カナダのトッド (E. C. D. Todd) の推測によると、世界の年間旅行者5億人の40パーセントが旅行中に下痢に罹り、それぞれの損害を一人当たり100ドルとすると、その額は(2億人×100ドル) 200億ドルになる、すなわち約2兆4千億円に達する。海外旅行者の数も2004年には6億7千万人に達しており、また、折角の海外旅行が下痢のためにフィになってしまったことの損害は100ドルやそこらでは補えないだろうから、旅行者下痢症による世界の損害は経済的にも莫大なものになることが推察できる。

なぜ下痢になるか

旅行するとなぜ下痢になるか、これについては多くの原因が考えられる。まず、海外旅行の準備段階での気疲れ、空港までの旅の疲れは大きなストレスになる。いよいよ飛行機に乗り込み、急にリラックスすることによる食べ過ぎ、飲み過ぎは往々にして経験することだろう。いざ向こうに着いたときは不安と緊張に加えて、飛び交う現地の言葉、異なる通貨、時差、気候の激変、とくに想像以上の暑さは大きなストレスになる。また食事の内容・スタイルの違い、ホテルでの生活、睡眠パタンの変化など、日常生活のルーチンからの大きなずれが重なって、精神的な重圧になる。このようなストレスに食生活の変化が加わって、旅行の1、2日の間に腸内の正常な細菌相には大きな変化がおこると言われる(NIH,1985)。この変化自体が下痢の原因になりうるだろう。さらに、さまざまなストレスによって、小腸の免疫機能が低下し、外来の細菌にたいする抵抗力がなくなって腸内での食中毒菌の増殖を招く結果になる。

若い人に比べて年寄りには旅行者下痢症になりにくいということだが、その理由は分からない。

原因細菌

旅行者下痢症の原因になる細菌は、病原大腸菌、コレラ

菌、赤痢菌、サルモネラ、カンピロバクター、腸炎ビブリオなどの病原菌があげられている。多く検出される菌種には国や地域によって違いがある(表1)⁽¹⁾。一般的にどの地域でも多いのは病原大腸菌といわれ、中でも毒素原性大腸菌(ETEC)と腸管凝集性大腸菌(EAEC)とよばれるものが旅行者下痢症の原因として注目されている。東南アジア諸国への旅行者では他の国々と比べると病原大腸菌の比率が低いと言われてきた。しかし、近年まで行われていなかった腸管凝集性大腸菌の検査が進むことによってこれも見直されるかもしれない。2003年にわが国からカンボジアに渡航した78名の旅行者の24名(31%)が旅行者下痢症にかかった。原因は特定できなかったけれど、その後の調査で腸管凝集性大腸菌によるものであったことを推察させる結果が出ている⁽²⁾。アジアでも国によって主な原因細菌が異なることもあるだろう。タイ国に短期間派遣されたアメリカ兵についての調査によると、カンピロバクターが下痢の主な原因細菌として推定されている⁽³⁾。それぞれの地域により気候も、また食物も衛生状態も異なり、流行している病原菌の種類にも違いがある。現地の住民、とくに子供たちに多く見られる病原菌が旅行者に感染する可能性が高いだろう。国内ではもっとも多い食中毒原因微生物であるけれども、ウィルスが旅行者下痢症の原因になることは少ないといわれている。一方、原生動物とくにジアルジアやサイクロスポラが熱帯域への旅行者下痢症の原因のひとつになるという報告もある。

表1. 旅行者下痢症患者から検出された病原微生物
数字は%

	ケニア	インド	ジャマイカ
毒素原性大腸菌	35	24-25	12-30
腸管凝集性大腸菌	—	19	26
カンピロバクター	5	3	5
赤痢菌	9	10	0.3
サルモネラ	3	10	8
エロモナス	2	3	0
ビブリオ	3	5	0.3
ジアルジア	0	2	0.6
エンタメーバ	0	5	0.6
クリプトスポリジウム	0	2	0.3
ロタウイルス	6	5	8
混合感染	6	11-27	42-68
病原菌非検出	47	37-45	42-68

わが国から外国への旅行者の中で下痢をした人に対する調査では、上に挙げたような病原菌のほかに、健康人にはふつう病原性のないプレシオモナスやエロモナスなどの菌が検出されている。先のように旅行のストレスによって腸の免疫機能が落ち、ふだんは無害な細菌も腸で異常増殖し、下痢をおこしていることを窺わせる。

旅行中下痢をしたとしても、治ってしまえば帰国時に空港で申告する人は少ないだろう。また、申告し、検査を受けたとしても腸内の菌相は替わってしまっている。したがって旅行者下痢症をおこす細菌の詳しい調査は一般的には難しい。

予防・治療

海外旅行者の三分の一は罹るという旅行者下痢症だけれど、事前にこれを予防するための十分な手では今のところ見つかっていない。現在まで宣伝され、使われた数多くの薬剤については無効であるか、あるいはむしろ悪い結果を生むことと言われている。日本人旅行者に人気のある下痢止め（正露丸）も、主剤のフェノール化合物（フェノール、クレゾール、メチルグアヤコールなど）に強い毒性があり、また胃腸炎に対する効果も実証されないという理由で、使用すべきでないという意見がある。

今はプロバイオティクスとよばれる乳酸菌製剤が旅行者下痢症の予防と治療に効果があるという説も古くから伝えられている。多くの乳酸菌種では明瞭な効果はないようだが、ラクトバシラスGG（人から分離したラクトバシラス・ラムノサス菌株）製剤については、実験的に効果が検証されたという報告もある。ただしその効果は完全とは言えない。

いくつかの抗生物質が旅行者下痢症の予防に有効であるという報告もあるけれども、完全なものはない。また地域によって旅行者下痢症の主な原因細菌は異なるので、同じ抗生物質でも国によっては効果が見られない。さらに熱帯域では抗生物質の多用によって多剤耐性菌が蔓延しており、抗生物質の效果に頼ることは危険である。また、何千万人の旅行者がさらに大量の抗生物質を使うことによって新しい耐性菌が生み出されるなどの影響を考えると、その使用は薦められないとNIHの報告ではのべられている。

近年リファキシミン(rifaximin)という抗生物質（市販名キシファクサン、アメリカのFDAによって認可されている）が、旅行者下痢症の予防・治療にかなりの効果があるという報告が多く見られる⁽⁴⁾。この物質は水に溶けず、したがって腸から体内に吸収されることがないので、腸に集く病原菌を抑えるには向いていると考えられる。しかし、この薬もカンビロバクターには効果がなく、サルモネラ、赤痢菌の中にも抑えるためにはかなりの高濃度（＜200 μg）を必要とする菌株がある。また、おびただしい数の旅行者が同じ抗生物質を使うことの影響を考えると、治療はともかくとして、予防目的に使うことはやはり推奨するわけにはいかないだろう。

現地での食生活について、食べ過ぎはもちろんのことだが、飲み過ぎも下痢の原因になる。メキシコへ旅行したアメリカ学生についての調査で、アルコール類を多く飲んだ人たちに下痢の発生が多かったという、このことを裏付けるデータも出されている。「旅行中、生ものは食べないように」というのは常識だけれど、ジュース、ミルクも瓶・カートンのものが安全で、濃縮ジュースを現地の水で薄めたり、中には氷を入れて持ってきたりなど、安全性の盲点をつかれることがある。火を通した食べ物でも時間が経つと当然病原菌が増殖する。したがってバイキングスタイルの料理なども冷たくなっているものには注意しなければならない。

いずれにしろ、現在の状況では、旅行者下痢症を医学的に予防する手だてではないし、また、現地で食生活に注意をはらうといっても完全を期すことは難しい。健康な状態では感染しない多くの種類の細菌が旅行者下痢症の原因であることを考えると、旅行者がこれらに対する免疫力を弱めないように、旅行前に節制して体調を整えること、無理なスケジュールをたてないことが予防のためには重要だし、当然ながら旅行中には暴饮暴食しないことが肝要だろう。

文献

- 1) Yates, J., Am. Fam. Physician 71: 2095-2100, 2107-2108 (2005).
- 2) 中嶋洋他, 感染症学雑誌, 79, 314-321 (2005).
- 3) Sanders, J. W. et al., Am. J. Trop. Med. Hyg., 67, 533-538 (2002).
- 4) DuPon, H. L. et al., Ann. Intern. Med. 142m805-812 (2005).

(清水潮 元東京大学、広島大学教授)

有害食品微生物制御のための最新動向

その14 非加熱殺菌技術の進展（Ⅱ）

1. 高静水圧技術研究

高静水圧 (HPP) による微生物の殺菌については、B.Hite (1899.6) の発表によれば、室温、600MPa、1時間の処理によって、原料乳の保存性が4日延長すること、200MPa で酸敗が24時間おくれることを認めている。その後の研究の流れはFarkas及びHoover (2000)¹⁾が総説している。一方我が国では1980年代に京都大学の林力丸教授を中心とする広範な研究が行われた。農水省は多数の新技術の開発を目指して技術研究組合を結成し、補助事業を開始した。その中に食品産業超高压利用技術研究組織をつくり、11課題、21組合の構成で平成元年より4年間を補助事業実施年度とした。表1には開発課題と研究グループとしての食品製造業と機械装置製造業者が指定されている。その結果として1990年には

表1 開発課題名と研究グループ

グループ番号	課題名	食品製造業	機械装置製造業
1	高压処理による鶏卵および包材への影響	キュービー1	日本合成化学工業1
2	低置域における高压殺菌技術およびシステムの開発	1 ニチレイ	1 神戸製鋼所
3	カカオの加工における高压の利用と実験システムの開発	明治製菓1	1 チノ
4	高粘性食品および構成素材の高压処理と物性改質	オリエンタル酵母工業1	日本鋼管1
5	高压による蜂蜜等高粘性物質の殺菌	1 加藤美峰園本舗	日本鋼管1
6	高压技術の水産食品への応用と装置開発	1 加藤美峰園本舗	日本鋼管1
7	高压を利用した緑茶飲料の殺菌技術の実用化	1 伊藤園	新日本製鐵1
8	高压処理の殺菌力とミル成分への影響	1 ヤクルト本社	新日本製鐵1
9	高压を利用した食品の新保存技術	味の素冷凍食品1	1 山本水圧工業所
10	食肉加工への高压処理の応用	1 フジチク	三菱レイヨン・エンジニアリング1 1 スギノマシン
11	麹菌の高密度培養によるアミラーゼ生産と白醬油醸造、味液製造への応用	キッコーマン1	川崎重工工業1

高压加工された品質のすぐれたジャムが世界で初めて市場に出た。その間の我が国での研究成果は次のように発表されている。

林 : 化学と生物 25 703 (1987) .

林編 : さんえい出版 食品への高压利用 (1990) . 加圧食品—研究と開発 (1990) . 高压化と加圧食品 (1991) . 生物と食品の高压化学 (1993) .

角田 : 食品と容器 35 (3) 133 (1994) . 高压処理技術と食品加工への応用 (解説) (1) ~ (10) . 食品と容器 35 (3) ~ (12) (1994) .

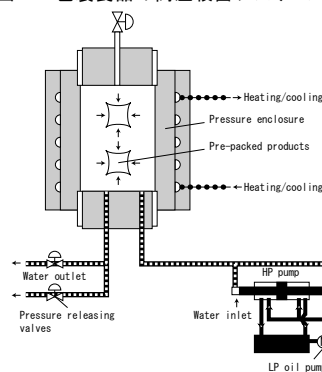
園池 : 日食工 44 522 (1997) .

芝崎 : 改訂新版新・食品殺菌工学 491 光琳 (1998) .

2. 高压技術の基礎

HPP処理装置の一例を図1に示したが、圧力容器を昇圧する方式として、円筒下部に組み込まれたピストンによって容器内容物を一気に圧縮する加圧方式と独立したポンプにより容器内に水を押し込む方式

図1 包装食品の高压殺菌システム



とに大別される。適用される処理条件としては、

処理圧力：100～800MPa

1 気圧＝101325Pa＝10⁵Pa、3000気圧＝300MPa

処理温度：－20°～100℃

加圧時間：1ミリ秒～1200秒

とされ、作動因子としては、圧力、加圧時間、昇圧時間、脱圧時間、処理温度（断熱圧縮による温度を含む）、温度分布、製品組成、pH、Aw、包装材料があげられる。

適用される高圧力では、材料成分の共有結合に対する影響はないので加圧によって顕著な化学変化は起こらない。しかし微生物細胞構造に対し加圧脱圧による衝撃を与えることとなるし、断熱加圧によって材料の温度上昇が認められる。断熱圧縮による水や食材の温度上昇は表2にまとめられ、100MPa当り3.0～9.1℃の範囲の値となっている。

高压処理による食品への影響については、脂質、蛋白質、酵素、澱粉等への影響、更には食材の構造、香味などへの加圧、脱圧効果について詳細に検討されているがここでは省略する。

表2 断熱圧縮による温度変化

物質 (25℃)	温度上昇/100MPa
Water	~3.0
Mashed potato	~3.0
Orange juice	~3.0
Tomato salsa	~3.0
2%-Fat milk	~3.0
Salmon	~3.2
Chicken fat	~4.5
Water/glycol(50/50)	From 4.8 to <3.7
Beef fat	~6.3
Olive oil	From 8.7 to <6.3
Soy oil	From 9.1 to <6.2

3. 微生物に対するHPPの作用

微生物の生存、増殖に対する圧力の影響については、他の技術同様古くより検討されている。地上細菌はおよそ400気圧で生育が停止するとされているが、海底菌には400~600気圧のもとでも発育可能なものがあり、さらに1000気圧で生育するものも見出されている。

HPPの殺菌効果は一般に無孢子細菌では200~600MPa、真菌で200~400MPaで死滅するが、細菌胞子は常温で800MPaでも死滅しない。HPPの殺菌作用は他の殺菌手段同様、温度、pH、Aw、の食品成分などの諸因子の影響をうけることはいうまでもない。

表3はFarkas及びHoover(2000)¹⁾がまとめた細菌、真菌、ウイルスに対する殺菌効果である。

表3 微生物に対するHPPの殺菌作用

微生物	処理条件	殺菌効果
<i>Escherichia coli</i>	400~500MPa, 15分, 50℃	10 ⁻⁵ ~6
<i>E.coli</i> O157:H7	700MPa, 15分	10 ⁻⁵
<i>Salmonella enteritidis</i>	450MPa, 15分	10 ⁻⁵
<i>Sal. typhimurium</i>	350MPa, 15分	10 ⁻⁵
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	345MPa, 23℃, 10分	10 ⁻⁶
<i>Yersinia enterocolitica</i>	275MPa, 15分	10 ⁻⁵
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	300MPa, 50℃, 1分	10 ⁻⁴
<i>Listeria innocua</i>	450MPa, 10℃, 15分	10 ⁻⁷
<i>L. monocytogenes</i>	345MPa, 23℃, 20分	10 ⁻⁶
<i>Staphylococcus aureus</i>	500MPa, 50℃, 15分	10 ⁻⁵
	700MPa, 20℃, 15分	10 ⁻⁵
<i>Bacillus cereus</i>	300MPa, 1分, 900MPa, 1分, 20℃	10 ⁻⁵
<i>B. licheniformis</i>	700MPa, 70℃, 10分	10 ⁻⁶
<i>B. coagulans</i>	400MPa, 110℃	10 ⁻⁷
	700MPa, 70℃, 10分	10 ⁻⁶
<i>B. stearothermophilus</i>	200MPa, 110℃, 30分	10 ⁻⁴
	400MPa, 100℃, 10分	10 ⁻⁴
	800MPa, 70℃, 00分	10 ⁻⁶
<i>Clostridium sticklandii</i>	300MPa, 37℃, 10分	10 ⁻⁹
<i>C. sporogenes</i> DA3097	800MPa, 75℃, 5分	10 ⁻⁵
	1400MPa, 54℃, 5分	10 ⁻⁵
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	300MPa, 34℃, 10.8分	10 ⁻¹
<i>Byssoschlamys falva</i>	300MPa, 25℃, 数分	10 ⁻⁶
<i>Bys. mivea</i>		
<i>Eupenicillium ascospore</i>	600MPa, 60℃, 60分	10 ⁻⁶
<i>Paecilomyces</i>		
HIV virus	400MPa, 25℃, 10分	10 ⁻⁵ ~6
Herpes simplex virus	400MPa, 20℃, 10分	10 ⁻⁵ ~8
Bacteriophage	300~400MPa	10 ⁻⁶

次に最近入手した資料の内容を紹介する。Robeyら(2001)²⁾は*E. coli* O157:H7について、定常的に誘導されるSigmer factor rpoSの損失によってHPP抵抗性の低下することを認めている。Aertsenら(2004)³⁾は*E. coli*についてHP抵抗性に熱ショック蛋白質が介在することを示している。

Manas及びMackey(2004)⁴⁾は*E. coli*について、対数期と定常期細胞について、形態的、生理的变化とHPP処理の影響を検討し、対数期細胞は耐圧性が劣り、細胞表面の変化が認められるが定常期細胞は細胞膜は健全であり、細胞構造の変化を修復することができるとしている。

Wuytackら(2003)⁵⁾は*Sal. typhimurium*について加熱、HPP、その他非加熱殺菌処理による半致死損傷について検討している。

Ritzら(2001)⁶⁾、*L. monocytogenes*についてHPP処理による損傷細胞の形態的生理的变化を検討し、形態的には大した変化なくエステラーゼ活性が残存し、膜機能も保全されているとしている。

Wemekamp-Kamphnisら(2002)⁷⁾は*L. monocytogenes*がCold shock蛋白によってHPPに対して保護されることを認め、その効果は37℃発育の定常細胞の100倍にも生存性の上昇する結果を得ている。Kaletuncら(2004)⁸⁾は*Leuconostoc mesenteroides*がHPP処理によって連鎖しなくなり250~500MPaの条件で細胞表面、内部構造が変化していることを認めリボソームの変性により死滅するものと考えている。

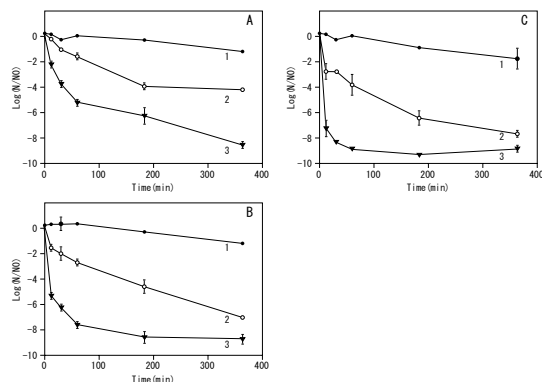
Oh及びMoon(2003)⁹⁾は*B. cereus*胞子について20、40、60℃の温度条件のもとでのHPP処理効果は浮遊液pHより胞子形成培地pHの影響の大きいことを認めている。

Clery-Barraudら(2004)¹⁰⁾は*B. anthracis*胞子についてHPP処理と加熱との併用効果を検討し、図2は280、400、500MPa、20°、45°、75°の温度条件での死滅経過を示しており、得られるD値として、大気圧(0.1MPa)75℃で348分、500MPa、20℃で160分、500MPa、75℃で4分の値を示している。

Shearerら(2000)¹¹⁾は*Bacillus sp. Clost. sporogenes* PA3679、*Alicyclobacillus sp.*の胞子に対して、HPP、化学薬剤、加熱の三者の併用効果を検討している。添加物としてSucrose Monolaurate、kuricidを用いているが、392MPa10~15分の処理で3~5 logCFU/mlの死滅効果を得ている。このような三者の併用効果は牛乳、トマトジュース、リンゴジュース、牛肉についても認められている。Masschalckら(2001)¹²⁾はグラム陰性細菌である*E. coli*、*P. fluorescens*、*Sal. typhimurium*などに対する卵白リゾチーム、変

図2 *B. anthracis* 胞子に対するHPP・加熱併用効果

(A) 280MPa (B) 400MPa (C) 500MPa 1月20℃ 2月45℃ 3月75℃



性リゾチーム、合成陽イオン性ペプチドの共存による併用効果を認めている。

Khadre及びYousef(2002)¹³⁾はrota virusに対してオゾン、HPP、パルス電場処理を検討し、オゾン25 µg/mlで8~9 logTCID₅₀/ml感染能低下、HPP300MPa、25℃、2~10分処理で8 logTCID₅₀/mlの結果を得ている。

4. HPPの食品加工への利用

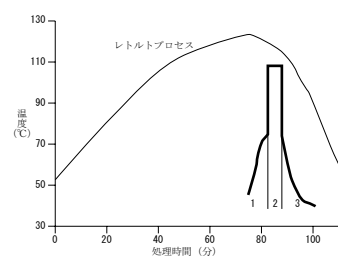
Sliekoら(2000)¹⁴⁾はCryptosporidium parvumをリンゴ、オレンジジュースに汚染させて550MPa、120秒の条件で処理した結果、表4に示したように30秒処理で3.4log、60秒以上で4.0log以上の感染能低下効果を得ている。

表4 *C. parvum* oocyst に対するHPPの効果(4℃)

残料	処理時間(秒)	感染能低下(Log10)
リン酸緩衝液	0	0
リンゴジュース	0	0.6
	30	3.4
	45	3.3
	60	>4.1
	90	>4.1
	120	>3.8
オレンジジュース	0	<0.2
	30	>4.1
	45	>4.2
	60	>4.2

Lopez-Cahalleroら(2000)¹⁵⁾はカキの貯蔵において400MPa、7℃、10分の連続加圧処理と5分2回のパルス処理を比較し、2℃、41日間の貯蔵で両者に有意差のない結果を得ている。Luconeら(2000)¹⁶⁾はフランクフルターについて*L. monocytogenes*は昇圧時間内にすでに次のように死滅することを認めている。300 500 700 MPa、9分 1.0 >3.0 >5.0 Log/包装

Raghuberら(2000)¹⁷⁾はトマトソース中の*E. coli* O157:H7、*L. monocytogenes*、*Staph. aureus*に対して545MPa処理の有効なことを認めている。Yusteら(2000)¹⁸⁾は80~85℃、40分の加熱処理と500MPa、65℃、5、15分処理と比較して後者の方が食材、家禽肉製品の包装後の処理に有効なことを認めている。Lopez-Caballeroら(2000)¹⁹⁾は冷蔵クルマエビの鮮度保持、斑点抑制に真空包装とHPP処理の有効なことを示し、McClementsら(2001)²⁰⁾は牛乳中の低温性細菌である*Listeria*、*B. cereus*、*Ps. fluorescens*に対するHPP処理効果、Hira(2002)²¹⁾はカキについて207~310MPa、2分のHPP処理で品質のすぐれた結果を得ている。Calikら(2002)²²⁾は*V. parahaemolyticus*に対して241~345MPa、90秒の処理の有効なことを認め、HPP処理がカキの保存に有効であるとしている。Carnatiら(2004)²³⁾はGorgonzola cheese製造においてチーズ外皮上のリステリア菌汚染防止の目的に品質低下なしにHPP処理が利用できるとしている。Haymanら(2004)²⁴⁾はReady-to-eat meatを600MPa、20℃、3分処理によって種々の汚染菌の防除に有効であって、冷蔵による保貯性延長に利用できるとし、包装食品のHPP処理工程を図示し、図3のようにレトルトプロセスとの温度・時間関係を比較してHPP処理の有利なことを示している。

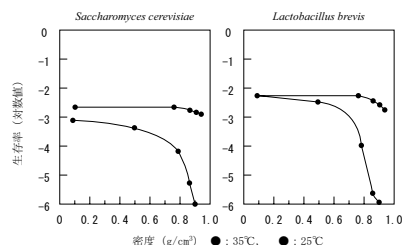
図3 レトルトプロセスとHPP処理との温度・時間関係
HPP(断熱高圧殺菌プロセス) 1:昇圧 2:加圧 3:脱圧

5. その他の圧力処理技術

浅野ら(2000)²⁵⁾は高圧ホモジナイザーによる瞬間殺菌システムにおいて、圧力エネルギーが加熱エネルギーに変換されるとき、ホモジナイザー均質処理圧力100MPaで水では23℃、牛乳で25℃の瞬時の品温上昇があり、*B. brevis*、*B. stearothermophilus*をプレート式殺菌システムと同様

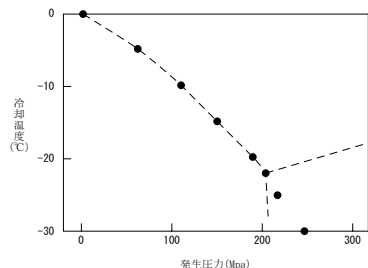
の殺菌効果が得られ、且つ製品の熱変性の少ない結果を生乳で認めている。成島 (2000) ²⁶⁾ はミクロバブル超臨界二酸化炭素処理装置を用い、*Sacch.cerevisiae*、*Lact.brevis* 10%/m³の浮遊液を処理したとき、図4に示すように35℃では生存率とCO₂密度の関係が認められ、密度0.7以上で急激に生存率低下し0.9で10%の低下となったが25℃では10%にすぎなかった。グルコミラーゼ、酸性プロテアーゼはCO₂密度に依存して残存活性の低下傾向を示した。

図4 殺菌効果に及ぼすCO₂密度の影響



早川潔 (2001) ²⁷⁾ は密閉容器内で水を凍結するとき、温度に応じて図5のように昇圧することを認めた。凍結昇圧装置を試作したが、-25℃で220MPa、-30℃で250MPaの昇圧結果が得られた。-20℃、24時

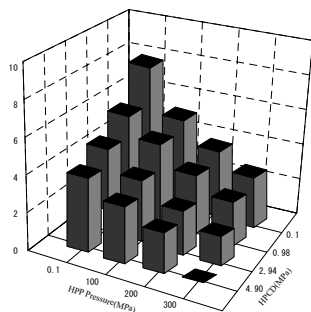
図5 凍結により発生する圧力



間処理した場合、*Sacch.cerevisiae*、*Zygo. rouxii*、*E.coli*、*Lact. brevis* に対して5~8 log、*A.niger*、*A.oryzae* 5 log、*Staph. aureus* 4 logの死滅結果を得ている。これらの結果よりにごり酒、地ビール中の酵母が、凍結昇圧処理、-10℃以下の温度24時間処理で不検出となった。またヨーグルト中の乳酸菌、生牛乳の汚染菌もこの凍結昇圧法が有効であった。

Parkら (2002) ²⁸⁾ は人参ジュースについてHPPと高圧二酸化炭素の併用効果を検討し、汚染している好気性細菌は4.9MPaCO₂と300MPaHPPの併用により完全に殺菌できる結果を得ている (図6)。更に4.90MPaCO₂と600MPaHPP併用により酵素の不活性化にも有効なことを認めた。しかし *polyphenol oxidase* 11.3、*lipxygenase* 8.89、*pectin methylesterase* 35.1%の残存結果となっている。

図6 人参ジュース中の好気性細菌に対する併用効果
HPCO：高圧二酸化炭素

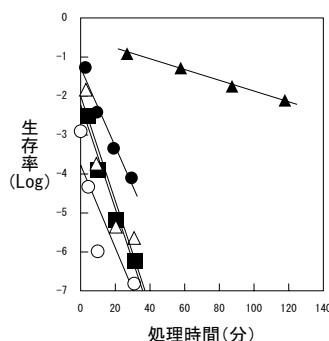


早川功 (2001) ²⁹⁾ は加圧下の水の物性を利用した非加熱殺菌について、圧縮、脱圧による水の膨張の微生物細胞破壊についてグラム陰性細菌、酵母、細菌胞子、ウイルスを対象として解説している。

Shimodaら (2002) ³⁰⁾ は *Asp.niger* 胞子に対して高圧二酸化炭素処理を行い、死滅が一次反応経過を示し、D値は10MPa、52℃で0.16分であり、LogDは処理温度、dCO₂ (溶解CO₂濃度) に対して直線関係が見出されている。

Watanabeら (2003) ³¹⁾ は *B.coagulans*、*B.subtilis*、*B.cereus*、*B.licheniformis*、*Geobacillus stearothermophilus* の胞子を供試して、30MPaCO₂、35℃、200MPa、65℃、0.1MPa 85℃の三条件で処理した。その結果図7に示したように *G.stearothermophilus* 以外の胞子は容易に加熱処理で不活性化された。 *G.stearothermophilus* はCO₂処理に対して持続性ではなく30MPaCO₂、95℃

図7 H P P 処理効果 (65℃, 200MPa)



G.stearothermophilus (▲), *B.coagulans* (■), *B.licheniformis* (○), *B.cereus* (△), and *B.subtilis* (●) spores

120分の処理で5 log不活性化された。95℃、120分の加熱処理、30 MPa 95℃、120分のHPP処理は無効であった。表5には三処理法による5菌種胞子に対するD値を示している。

表5 細菌胞子に対する殺菌作用比較

Heat : 85℃ Pressure : 65℃, 200MPa CO ₂ : 35℃, 30MPa		
Organism	Treatment	D value (min)
<i>G.stearothermophilus</i>	Heat	∞
	Pressure	75.2
	CO ₂	385
<i>B.subtilis</i>	Heat	19.0
	Pressure	9.3
	CO ₂	1,667
<i>B.coagulans</i>	Heat	9.5
	Pressure	6.9
	CO ₂	164
<i>B.cereus</i>	Heat	8.5
	Pressure	6.9
	CO ₂	133
<i>B.licheniformis</i>	Heat	7.9
	Pressure	8.5
	CO ₂	182

6. むすび

非加熱殺菌技術の1つとして高圧の利用について解説したが、我が国では果実製品について検討され、ジャムが世界ではじめて市場に出たが、ジュースについては加圧装置の摩擦回分式であることなどで必ずしもHPP技術は普及せず現在米飯、食肉製品 (ハム、ソーセージ) に限定されて活用されているにすぎない。世界的にみるとFood Science, Australia 2005/01/19によると次のような品目をあげている。

Slice small goods (Spain, USA) fruit jams, fruit jellies, rice (Japan) fruit juice (France, Italy, UK, USA) salsa, guacamole, oysters (USA) HPP処理によって加熱による品質変化を避けることができることが強調されるが、生鮮食材中の酵素群の残存、操作が回分式で装置の耐久性など問題点が指摘され、必ずしも各種の食材の保存性向上に対応できるとはいえないのではなかろうか。

(大阪大学名誉教授 芝崎 勲)

引用文献

- 1) D.E.Farkas and D.G.Hoover: J.Food Science (JFS) Supplement Vol.65 No.4, 47 (2000)
- 2) M.Robey et al.: Appl. Environ. Microbiol. (AEM) 67 4901 (2001)
- 3) A.Aertsen et al.: AEM70 2660 (2004)
- 4) P.Manas & B.M.Mackey AEM70 1545 (2004)
- 5) E.Y.Wuytack et al.: J.Food Protection (JFP) 66 31 (2003)
- 6) M.Rity et al.: AEM67 2240 (2001)
- 7) H.H.Wemekamp-Kamphuis et al.: AEM68 456 (2002)
- 8) G.Kaletunc et al.: AEM70 116 (2004)
- 9) S.Oh & M.J.Moon: JFP66 599 (2003)
- 10) C.Clerly-Barraud et al.: AEM70 635 (2004)
- 11) A.E.H.Shearer et al.: JFP63 1503 (2000)
- 12) B.Msschalck et al.: AEM67 339 (2001)
- 13) M.A.Khadre & A.E.Youssef JFP65 1441 (2002)
- 14) T.R.Slicko et al.: JFP63 262 (2000)
- 15) M.E.Lopez-Caballero et al.: JFP63 196 (2000)
- 16) L.A.Luure et al.: JFP63 662 (2000)
- 17) E.V.Raghubeen et al.: JFP63 1713 (2000)
- 18) J.Yoste et al.: JFP63 1093 (2000)
- 19) M.E.Lopez-Caballero et al.: JFP63 1381 (2000)
- 20) J.M.McClements et al.: JFP64 514 (2001)
- 21) H.He et al.: JFS67 640 (2002)
- 22) H.Calic et al.: JFS67 1506 (2002)
- 23) D.Carmati et al.: JFP67 1671 (2004)
- 24) M.M.Hayman et al.: JFP67 1709 (2004)
- 25) 浅野ら：食科工 47 130 (2000)
- 26) 成島：食品機械装置 37 (6) 47 (2000)
- 27) 早川潔：防衛防衛 29 310 (2001)
- 28) S.Park et al.: JFS 67 1827 (2002)
- 29) 早川功：食品機械装置 38 (10) 45 (11) 46 (2001)
- 30) M.Shimoda et al.: AEM 68 4162 (2002)
- 31) T.Watanabe et al.: AEM 69 7129 (2003)

アサマ化成株式会社

E-mail : asm@asama-chemical.co.jp
http://www.asama-chemical.co.jp

・本社	〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-3	TEL (03) 3661-6282 FAX (03) 3661-6285
・大阪営業所	〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル	TEL (06) 6305-2854 FAX (06) 6305-2889
・東京アサマ化成	〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5	TEL (03) 3666-5841 FAX (03) 3667-6854
・中部アサマ化成	〒453-0063 名古屋市中村区東宿町2-28-1	TEL (052) 413-4020 FAX (052) 419-2830
・九州アサマ化成	〒811-1311 福岡市南区横手2-32-11	TEL (092) 582-5295 FAX (092) 582-5304
・桜陽化成	〒006-1815 札幌市手稲区前田五条9-8-18	TEL (011) 683-5052 FAX (011) 694-3061