

世界の食品・原材料・添加物トピックス①⑦

# 長期宇宙飛行のためのビタミンの安定化〈後編〉

——宇宙飛行士の健康維持からみる食の開発課題のトレンド——

●アメリカ陸軍ナティックソルジャーセンター

アン バレット Ann Barret Ph.D (シニアエンジニア)

ダニエル フロイオ Daniel Froio (シニアエンジニア)

ミッシェル リチャードソン Michelle Richardson (シニアエンジニア)

翻訳・ライティング 久保村 喜代子

Kiyoko Kubomura

久保村食文化研究所

月刊フードケミカル 2016年1月号 抜き刷り

# 長期宇宙飛行のためのビタミンの安定化〈後編〉

## ——宇宙飛行士の健康維持からみる食の開発課題のトレンド——

### ●アメリカ陸軍ナティックソルジャーセンター

アン バレット Ann Barret Ph.D (シニアエンジニア)

ダニエル フロイオ Daniel Froio (シニアエンジニア)

ミッシェル リチャードソン Michelle Richardson (シニアエンジニア)

翻訳・ライティング 久保村喜代子

Kiyoko Kubomura

久保村食文化研究所

## 4. 加工およびパッケージング

宇宙食の滅菌状態の試験法と包装材料の開発は、ビタミン安定化プロジェクトの中で重要な考慮事項である。ワークショップでは、インディアナ州エバンズビルにあるアメリカル社 (Ameriquial Co., Ltd) のテクニカルサービスディレクター Lea Mohr 氏が宇宙食のパッケージングに関する規制要件の順守と MATS (マイクロ波加熱殺菌) の理論と実践について論じた。

### 1) MATS (マイクロ波加熱殺菌)

MATSは、レトルトと比較すると、全体的な対流加熱以上に製品の中心部に分子加熱を与える事で、積算露出時間と温度を減らす。そのため製品の加熱による品質劣化を低減することができる。加熱速度や熱浸透深度は、食品の誘電率、誘電損失、および損失係数の影響を受ける。従って、これらの影響は製品毎に異なり、条件は個々に決定されなければならない。またMATS特有の現象であるコールドスポットを決定するために化学的マーカーや色覚分析システムを用いた予備実験が必要である。製品の滅菌状態については、加熱処理をしたパッケージの状態で試験を行い、検証しなければならない。実際

に使用される宇宙食には、米国食品医薬品局 (FDA) の承認がMATS滅菌された製品ごとに必要とされる。典型的なMATS装置は図1の通り。

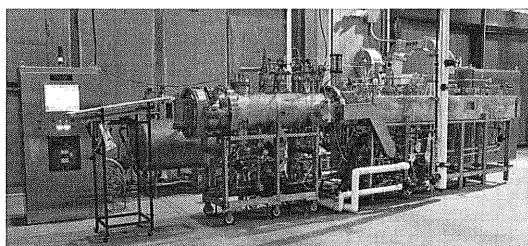


図1 宇宙食実験装置とサンプル

### 2) 高圧処理 (HPP)

ナティックソルジャー研究開発およびエンジニアリングセンター (NSRDEC) 糧食理事會 (CFD) シニアアドバイザー C. Pactic Dunne C.氏によると、高圧処理 (HPP) はかなり高い感受性で直接微生物の細胞膜を破壊する事ができる。実験では酵母・カビ>グラム陰性菌>グラム陽性菌の順に滅菌率が高いことが確認されている。レトルト処理と比較すると HPPは100 MPa (1000気圧) 圧力が上昇するにつれ、3~4℃低い温度で処理が可能であるという利点がある。また圧力がサンプル全体に均一に伝わるため、比較的

むらのない加熱ができる。HPPの効果と実用化に向けての研究は食品安全衛生研究所と、高度加工コンソーシアムセンターの支援を受けていくつかの学術施設が共同で実施している。HPPは調理済み肉製品、ヨーグルト、また何種類かの果物を殺菌するためにすでに使用されている。宇宙食に採用されたメニューとしては、パスタ、さいの目に切ったトマトとマッシュポテトなどがある。

### 3) 照射殺菌

高線量照射は、選択された肉製品を滅菌することを目的として、1972年のアポロ17号月面ミッションに始まり、スペースシャトルフライトの食料供給のためにNASAで長く利用されている(WHO 1999)。チャップマン大学食品科学教授Anuradha Prakash氏は照射処理の概要について説明した。照射処理には、原子の電離と励起を介して微生物の細胞膜とDNAの両方を破壊しながらも、食品の熱的劣化を生じない利点がある。害虫駆除、殺菌、完全滅菌といった目的に応じて、投与量を変えて使用されている。宇宙計画のための食品は、一般的にガンマ放射線44kGy照射で滅菌処理される。高用量の照射は、脂質酸化およびタンパク質の構造再配列の影響が出る場合があり、宇宙食、冷凍食、非加熱食であっても用量の管理は重要である(ラブリッジ 2012)。脂溶性ビタミンについてはE<カロテン<A<D<K、水溶性ビタミンはB<sub>1</sub><C<B<sub>6</sub><B<sub>2</sub><葉酸<B<sub>3</sub><B<sub>12</sub>の順で照射によるビタミンの直接損傷の可能性が高い。(WHO 1999)。

### 4) 高バリア技術

新しい加工法に適合する特殊な包装材料について、ヒューストンにあるクラレアアメリカのシニアリサーチエンジニアであるMichail Dolgovskij氏が説明した。クラレは宇宙食特有の高度な加工方法に対応した高バリア技術を数種類開発してきた。その中には、エチレン含有量を最適化することにより柔軟性と

遮断性を持たせた半結晶性熱可塑性エチレンビニルアルコール共重合体、高バリアナノコンポジットコーティングを採用

したクラリスタ技術等がある。クラリスタをベースとしたパッケージ構造は、NASAの包装技術に関するプロジェクトにおいて、高度な加工技術に適合すると評価されている材料の一つとして採用されている(図2)。



図2 透明なポリマーベースのパウチと標準的なアルミ箔ベースのレトルトパウチの比較

## 5. NASAのプロジェクトへの適用

NASAでは強化食品中のビタミン量の追求に関する3年間のプロジェクトを補助金により実施中である。70°Fで5年間の保管期間を目標に、貯蔵寿命延長のための技術開発を進めており、さらに2年間の補助金延長を求める提案書が提出される予定である。実際の研究は、2経路の実験を介して行われている。一つはビタミンの安定性に関してマトリックス極性の効果に焦点を当てたものである。本プロジェクト専用に開発された脂質の含有量を調整した特殊な低水分活性食品は固形バー(図3)と飲料の両方で保存性の向上を目的として使用されている。

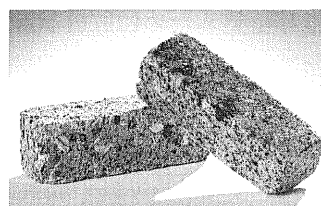
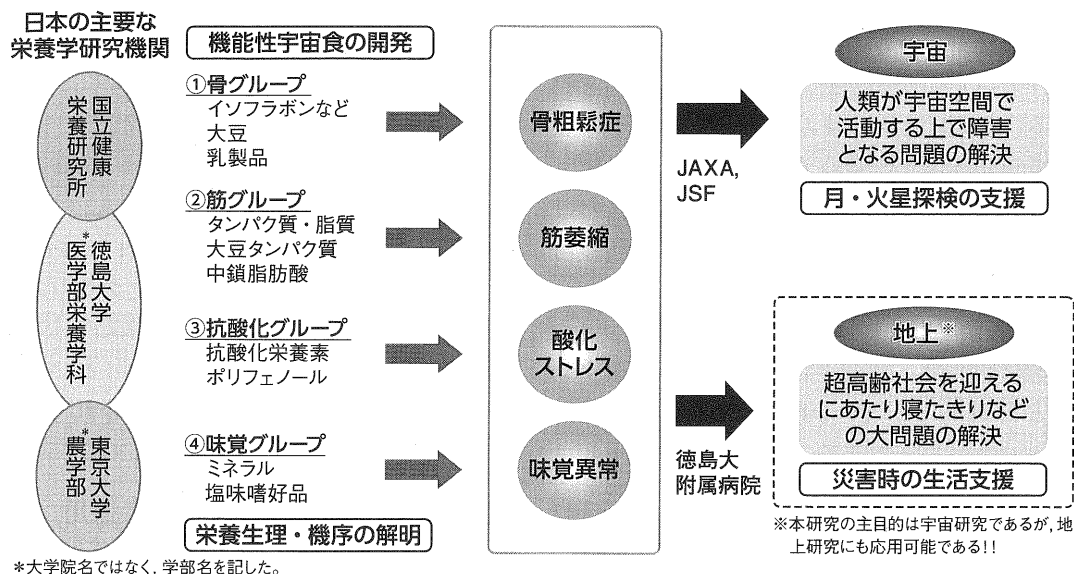


図3 特別に開発された脂質含有量を比較的低くまたは高く調整した低水分活性食品—固形バー

もうひとつはファットカプセルビタミンとリピッドカプセルビタミンである。これらを使用することにより、宇宙飛行という過酷な条件下で、ビタミン量が無処理品の2倍レベルで残存することが確認されている。いくつかのビタミンで試験を行ったところ、特にチアミンの保存性に逆極性環境が有益である可



\*大学院名ではなく、学部名を記した。

図4 日本における食品臨床研究の事例とコンセプト

能性が示された。また別の実験系では、代表的な高水分活性食品においては、マイクロ波、高圧、照射といった代替殺菌技術と併用する事によりこれらの殺菌技術の利点をさらに引き上げる相乗効果を示す事も確認された。プロジェクトでは製品中のビタミン量の減少の推移を見るために貯蔵試験が開始されたところである。予備実験での評価では、照射アシスト、加圧アシスト、およびマイクロ波アシスト製品の方がレトルト処理されたサンプルと比較するとより良い品質保持状態にあった。

今後さらに数年にわたるプロジェクトの成果により、未来の「宇宙食」は、栄養および品質面で万全である！と云われるようになるであろう。このような万全性が、宇宙飛行士（火星に向かう囚われの消費者）にとっては不可欠なのだ。

## 6. 終わりに

国際宇宙ステーションにおいて、日本人の宇宙飛行士による長期滞在日数は、ロシア、アメリカに続いて3位である。もはや宇宙食

には、通常の加工食品の新製品開発同様の大きな市場が目前となってきた。宇宙食に代表されるフリーズドライ食品のアイデアは、古代マヤ文明がチューニョというジャガイモを山間高地の過酷な寒暖差で凍結と乾燥を繰り返して作った保存食と同じコンセプトであり、1950年代に軍の携行食(Ration)の乾燥・軽量化を目的に開発が進んだ。その後フリーズドライは食品開発の潮流となり、技術は格段に進歩し、現在では多様な食品を乾燥状態にする事が可能となった。調理済食品は、現地での調理が簡便で、非常食や携行食に適している。日本では、宇宙食開発に機能性に対するコンセプトを併せて考え、すでに食品の臨床研究も実施しつつある。さらに、重力・寝たきりで生じる疾患に栄養学で立ち向かい、広く将来を見据えた創薬開発へ応用することを期待している(図4)。

今回ライティングを担当し、かつて、アメリカ陸軍ナティック食品研究所を訪問した事を懐かしく思い出した。非常食・軍隊食でもあるレーション、そして宇宙食開発コンセ

プトは、新製品開発の売り上げには直結しないが、これらの開発のキーとなる「栄養成分を損失や劣化させないで長期保存すること」は加工食品開発の本髄でもある。

#### □ビタミン安定ワークショップ参加者

##### ●生化学的分野に焦点をあてた研究(すなわち、栄養/ビタミン化学/カプセル化)

- ・ジュリアン・マッククレメント氏(マサチューセッツ大学アマースト校食品科学教授)「カプセル化技術：構造デザインによりビタミン安定性を向上させる」
- ・ウェイン・エレフソン氏(コヴァンス社-NASA出資によるビタミン分析企業一の栄養化学シニアマネージャー)「栄養分析：懸念と課題」
- ・フェルナンド・ゴメス・ピニーラ氏(カリフォルニア大学ロサンゼルス校食品科学教授)「栄養素と脳機能」
- ・ホリー・マッククラング氏(米国防立環境医学研究所の上級研究栄養士)「戦闘糧食のための栄養分析プログラム：ビタミンの安定性に焦点」

##### ●新規加工処理と包装技術

- ・C.パトリック・ダン氏(ナティックソルジャー研究開発およびエンジニアリングセンター糧食理事会シニアアドバイザー)「食料の品質に対する高圧処理の影響」
- ・リー・モール氏(アメリカル社テクニカルサービスディレクター)「新規の食品加工：マイクロ波加熱殺菌」
- ・アヌラダ・プラカシュ氏(チャップマン大学食品科学教授)「照射処理と食事の品質」
- ・ミハイル・ドルゴフスキ氏(クラレ社シニアリサーチエンジニア)「新しい加工技術のための新しい包装材料」

ワークショップは国立宇宙生物医学研究所の副所長兼参事であるグラハム・スコット氏、アメリカ航空宇宙局先進食品技術プロジェクトの科学者グレース・ダグラス氏によって提案された。ビタミンの安定化プロジェクトの主任研究員アン・バレット氏、ダニエル・フロイオ氏、ミシェル・リチャードソン氏は、プロジェクトの構想についての説明と最新の結果を紹介した。

##### \*著者プロフィール；

IFT プロフェッショナルメンバー

- ・アンバレット博士；マサチューセッツ州ナティックにある通称NSRDEC (U.S. Army Natick Soldier Research and Engineering Centre) 米国防立ナティックソルジャー研究開発&エンジニアリングセンター CFD (Combat Feeding Directorate) 糧食理事会の食品加工・工学・化学技術チームのシニアエンジニア

ビタミン安定化プロジェクトはNASAヒューマン研究プログラムを通じて付与される資金によってサポートされている。著者らはワークショップを主催し、会議施設の使用を許可された国立宇宙生物医学研究所に感謝を表し、特にワークショップ参加のパネルメンバーに感謝を告げた。

#### 参 考 文 献

- ・カナー・C, R. J.ヘルナンデス, およびM. A.パスカル(2000年), 選択された高バリア性ラミネートフィルムのパーミアンスに対する高圧処理の影響, *Packag. Technol. Sci* 13: 183-195
- ・フランケル・E.N., S.W.ファン, J.キャナー, およびJ. B.ジャーマン(1994年), 酸化防止剤の評価における界面現象: バルクオイル対エマルジョン, *J. Agric Food Chem.* 42: 1054-1059
- ・ロベス・ルビオ・A., J.ラガロン, P.エルナンデス・ムニョス等, EVOHベースの食品包装材料の特性上の高圧処理の効果, *Innovative Food Sci. Emerging Technol.* 6: 51-58
- ・ラブリッジ・V.A. (2012年), 特殊目的食料: 照射食品 *Military Food Engineering and Ration Technology* の一章, DEStech 出版社
- ・マハン・L. K.とS.エスコット・スタンプ(2004年), クラウゼの食品, 栄養と食餌療法11版, フィラデルフィア: サンダースプレス
- ・マッククレメント・D.J. (2010年), 機能性親油性成分の放出を改善するためのエマルジョンデザイン, *Annu. Rev.FoodSci. Technol.* 1: 241-269
- ・マッククレメント・D. J.とH.シャオ(2012年), 摂取ナノエマルジョンの潜在的生物学的結末: 粒子特性の影響, *Food & Function* 3(3): 202-220

- ・ポーター・W. (1993年), 食品と生体系における抗酸化剤の逆説行動, *Toxicol. Ind. Health* 9: 93-122
- ・NASA (2009年), 偉大な国家にふさわしい有人宇宙飛行プログラムを探る。有人宇宙飛行計画委員会のレビュー, アメリカ航空宇宙局 [http://www.nasa.gov/pdf/396093main\\_HSF\\_Cmte\\_FinalReport.pdf](http://www.nasa.gov/pdf/396093main_HSF_Cmte_FinalReport.pdf)。
- ・WHO (1999年) 「高用量照射: 10 kGy以上の用量での食品照射の健全性」FAO / IAEA / WHO 合同研究会報告書 スイス, ジュネーブ世界保健機関890



くぼむら・きよこ

専門は、セイボリーフレーバー、特に反応系香料。食品メーカーと新製品開発プロジェクトを組み商品開発などを主な業務とし、手掛けた製品は1000を超える。ワールドフードサイエンスの編集委員, IFT本部評議会国際評議員, IFTジャパンセクション評議員, IFT教育プログラム講師などとして活動中。2008年, IFTフェロー受賞。

## ケモメトリックス ワークショップを開催

ケモメトリックス研究会は、「最新の迅速・簡便な官能評価手法と消費者科学」をテーマに、第22回ケモメトリックスワークショップを開催する。同ワークショップは、世界的な官能評価手法の第一人者であるDr.H.J.HMacFie氏がイギリスから講師として来日。実習も行われる。また、ワークショップ終了後は講師のDr.H.J.HMacFie氏を囲んで懇親会も行われ、気楽に情報交換ができる場が設けられている。

**日時** 2016年5月11日(水) 10～17時(懇親会は17～19時)

**場所** 日本化学会館5階会議室(東京都千代田区神田駿河台1-5)

**定員** 60名

**参加費** 一般: 10000円, 学生: 5000円(当日徴収。懇親会は無料)

**内容** ※講演はすべて英語

①迅速評価手法と実習 (1)自由分類法(2)投影マップ

ング法(3)認識全特性チェック法(CATA)(4)ペナルティ分析法(5)理想プロファイル法

②最新手法と実習 (1)経時的認識全特性チェック法(2)経時的優越特性選択法(TDS)とその実習(3)感情情報と官能評価の統合による嗜好性の最適化(4)概念プロファイルとその実習

③質疑応答

**申し込み方法** 下記宛て先にメール、はがき、ファックスいずれかの方法で必要事項(日本語と英語で氏名、所属、住所、電話番号、メールアドレス、懇親会参加の有無)を記入して申し込む

**宛て先** 〒330-0842 さいたま市大宮区浅間町1-197 株式会社化学・感覚計量学研究所 相島鐵郎

☎048-649-6114(FAXも同じ)

E-mail: aishima@chemsensmetrix.com

**その他** 実習に参加の際はノートパソコン、タブレットPCを持参