

新解説

穀物ベースのグルテンフリー機能性飲料 (1)

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)^{1, 2}

竹内 美貴 (TAKEUCHI Miki)³ 中村 智英子 (NAKAMURA Chieko)³

Key Words: グルテンフリー 穀物ベース 機能性飲料

本論文「新解説 穀物ベースのグルテンフリー機能性飲料 (1)」は“Gluten-Free Cereal Products and Beverages” (Edited by E. K. Arendt and F. D. Bello) 2008 by Academic Press (ELSEVIER) の第16章 Cereal-based gluten-free functional drinks by Kreis, Arendt, Hubner, and Zarnkov の一部を翻訳紹介するものである。

紹介

巨大な産業国 (アメリカ, ヨーロッパ, 日本) では, 栄養と健康に対する消費者の関心が近年大きく変化した。栄養と健康のライフスタイルは, 病気のリスクを減らして健康を増進するとし, 健康に大きな注目を引き起こしている。これは果物, 野菜, 全粒食品のような食料, あるいは産業的に製造される食品で付加的健康価値をつけるものへの関心の増加にむすびついてくる。Frost and Sullivan (management consultancy, www.frost.com) の研究によると, ヨーロッパ市場における機能性飲料は 1999 年 23.5 億米ドルから 2006 年 57.3 億米ドルに成長した。機能性飲料は, 他の飲料同様, 一般的に簡単に利用でき, すばやく消費できるメリットがある。1980 年台, 健康を目標とした特別の食品と病気の危険性を回避した特別の食品の紹介のあと, 「機能性食品」の考え方が日本から始まった。

一般に, 機能性食品は, 一般栄養価の一部が消費に適している食品と考えられ, さらに生理的に活性のある成分で健康を増進し病気の危険性を下げるものを含んでいる食品と考えられる。この定義は消費者にとり長所であり, 食品産業にとり改革の可能性に影響する。

しかしながら消費者は成分効果に関してそれが悪

いかあるいは間違った主張なら自らを守らねばならない。日本は機能性食品の生産において先導的役割を演じた。1991 年 the Foods for Specified Health Use (FOSHU) の考え方が紹介された。食品は深く科学的に研究された後のみ, the Minister for Health and Welfare により FOSHU と見なされる。ヨーロッパでは統一性に欠けたが, しかし 1995 年 11 月, the European Commission は機能性食品科学の考え方に化学的ベースでアプローチする関連の目的の Functional Food Science in Europe (FUFOSE) を紹介した。FUFOSE の下に, 最近の知られた事実が決められ, 必要な付け加えるべき研究テーマがきめられた。EU10 ヶ国, 10 研究グループ, 54 名研究者が, ヒト生理学上もとても重要と考えられる 6 フィールドに協力しそれと関係した ; 胃腸システム, 活性酸素ラジカルからの防御, 心臓欠陥システム, 完全メタボリズムとメタボリズムの病気, 発達, 成長, 分化, 並びに心理的機能および行動である。その仕事の結果として, 新しい食品の定義と機能が以下の様に作られた。

「食品を機能的と考える事が出来るのは, ポジティブに影響する一つあるいはいくつかの栄養価を超えて生理的機能に影響するという満足な証明した時であり, ある意味でヒトの幸福あるいは病

¹ 神戸女子大学, ² 日本穀物科学研究会前会長, ³ 神戸女子短期大学

気のリスク低下と関係した時である。」

FUFOSE の結論と主義は次の理論的段階に向かった（例えば主義の応用である）。The project Process for the Assessment of Scientific Support for Claims on Foods (PASSCLAIM) は、FOFOSE プロジェクトがおこした出版物中に定義されたものからはじまり、設立された。PASSCLAIM の目的は：

- ・食べられる、あるいは飲む食品と食品成分に対し、健康に関する宣言を科学的に行うことのできる主義をもつ汎用器具を作ること；
- ・宣言した科学的実証を評価する存在スキームの批判的評価を行うこと；
- ・食事と健康の間のリンクを見るため、どのように採点者が十分にデザインされた研究を同定、検証、利用すべきか、そのための一般的批評を選択することである。

PASSCLAIM は2相に分けられる。そのプロジェクトの構造と進歩 に関する全ての論文と更なる情報は、the International Life Sciences Institute (<http://europe.ils.org>) より出版された。より古い定義によると、機能性飲料は“機能性食品”のカテゴリーに入り、さらに4タイプに分類される：

- ・スポーツドリンク

- ・エネルギードリンク
- ・健康ドリンク
- ・栄養強化ドリンクである。

上述の定義はこの特別のカテゴリーに完全に合致してない。

たとえ著者らが別のやり方で機能性飲料を特別に定義しても、機能性飲料は真の添加価値をもたらすためには生物学的物質を含まねばならない。特別の効果は生物学的物質による。Elmafada (1998)によると、生物学的物質とは不可欠栄養素とは別で、ヒトは生命活動の保持のために必要なもので、合成できないかあるいはできても僅か低レベルのみである。現在、生物学食品物質の6グループが知られている：

- ・2次植物物質
- ・プレバイオテック炭水化物
- ・オメガ3脂肪酸
- ・共役リノール酸
- ・ミルクタンパク質からのペプチド類
- ・メーラード生産物である。

だが、多分もっと加えるグループは存在する。穀物、一般にイネ科（真の草類）例えば大麦、オート麦、トウモロコシ、米、ライ麦、ソールガム、トリテケー

表 16.1 グルテンフリー製品の承認された穀物の分類

	AFDIAG	Celiac Sprue Association	The Celiac group	St. Johns University	Association Canadienne	DZG
	France	USA	USA	USA	Canada	Germany
Amaranth		否	準備後許	準備後許		許
Buckwheat	許	否	準備後許	準備後許		許
Quinoa	許	否	準備後許	準備後許		許
Spelt	否	否	否	否	否	否
Barley	否	否	否	否	否	否
Oat	否	否	否	否	否	否
Kamut	否	否	否	否	否	否
Maize	許	許	許	許	許	許
Rice	許	許	許	許	許	許
Rispenhirse	許	否	準備後許	準備後許		
Rye	否	否	否	否	否	否
Sorghum		許	許	許		許
Triticale	否	否	否	否	否	否
Wheat	否	否	否	否	否	否

ル、エマー、アインコルン、小麦、カマト、ミレット、同様に擬似穀物のソバ、アマランス、キノアの様なものもヒト栄養に不可欠なものである。The Food and Agriculture Organization of the United Nations によると、2005年世界中で6億2千万トンの小麦が生産された。ビールあるいはクワス (kvass) の様なアルコール飲料とは別に、穀粒は主に固形食品生産用に用いられ、例えばパン、動物飼料、あるいは最近では未加工形でエネルギーの生産用に用いられる。上述の定義によると、穀物あるいは擬似穀物によるグルテンフリー飲料は広い意味で機能的飲料と考えられる。原則として“グルテンフリー”のデザインのみ、機能性飲料のはじめのベースとして考えられる可能性ある穀物を絞り込む。こうしてスタンダードの方法は変えないが、しかし未だ擬似穀物も含めてどんな種類の穀物か満場一致でよいかは決めてないが、基本的にはグルテンフリーであり、飲料用原材料として用いることができる。表 16.1 は適当な穀物（地域的違いの説明がある）を示した。

穀物あるいは擬似穀物を飲料に用いる場合は、殆どの穀類で1つの大きな特徴と関係のあることを考えることが必要だ。ほとんどの穀粒成分は高分子量を持ち、それらは水不溶性、あるいは非常にわずかに水溶性である。穀物あるいは擬似穀物の殆どは、デンプン含量が60%以上で、製粉穀物の一定量と水を混ぜると多少の高粘度ドウを作る。デンプンは糊化（温度による）するが、しかし加水分解はしない。高分子タンパク質と細胞壁多糖類は主に不溶性で残るため、飲料としての収量は不十分で、可用性部分をさらに加工するのは適当でない。穀物あるいは擬似穀物をベースにする飲料をデザインするためには次のステップ、主には既に大麦で発酵されビール生産に採用されているが、を用いねばならない：

- ・ 飲料生産のための穀物あるいは擬似穀物の評価（特異性）
- ・ 麦芽（任意）
- ・ 製粉
- ・ 外部酵素を入れた時、入れない時の基質生産
- ・ アルコール、非アルコール発酵（任意）
- ・ ブレンドと安定化。

（機能性）飲料用の穀物、擬似穀物の評価

発酵同様、麦芽、基質生産の殆ど全ての標準分析、技術的ノウハウは、大麦、大麦麦芽の研究、経験に基づいている。大麦は発酵用穀物として長いこと選択され、この100年間大きな発酵への努力があつて高度に特殊化したものを作ってきた。他の穀物あるいは疑似穀物で、麦芽、基質生産物、あるいは発酵の点で最もいいものはなく、ときにその発酵プログラムは高タンパク質レベル、および低酵素活性（例えば小麦）に焦点を合わせても逆効果である。さらに収穫と取引条件の標準は大麦では滅多に起こらないほど高くなるため、いつもバッチのとりひき種類や均一性に関する信頼できる情報を得ることが可能ではない。にもかかわらず一般の飲料生産のための原材料の評価への一般的な方法は、大麦から他の穀物、疑似穀物へと応用される。分析パラメーターは以下の様である。

タンパク質含量

非常に高いタンパク質含量はある穀物（例えばライ麦、小麦）の品質属性になる。一方非常に低タンパク質含量 (<8%) の穀物がある。

例えばコメやメーズである。あるタンパク質は人栄養にとりプラスなので、高タンパク質含量は望ましいが、生産の点では高タンパク質含量は問題を引き起こす。飲料ではタンパク質含量は気泡と関係し、ポリフェノールと関連し（それはほとんどの穀物、あるいは疑似穀物で利用される）瓶詰めした飲料ではにごりが生じる。

脂肪含量

とうもろこし、オート麦、コメ胚芽の脂肪含量は小麦、大麦よりも高い。オフフレーバー、不安定飲料は、高脂肪含量の成分の利用に原因する。

発芽能力とエネルギー

発芽能力はもし粒が麦芽にされていれば少なくとも95%である。飲料のために種子品質の穀物を麦芽生産に用いることは懸命である。

殻

ほとんどの穀物は殻なしで販売される（例えば小麦、スペルト、ヒトツブコムギ）あるいは全体的に

異なった種皮を持つ(コメ, トウモロコシ, ソルガム, ミレット)。種皮の類型学は麦芽時の水の取り込みに影響し, 基質生産戦略を決める(分離)。

基本的な酵素供給

大麦育種での大きな改良は, 発芽とマッシング(すりつぶし)時に必要な酵素の強化である。他の穀物や疑似穀物では発酵目的が選択されていないので, 酵素的バックグラウンドは知られておらずさらに必ずしも基質生産物に適しているかどうかもわからない。

粒のサイズとバッチの均一性

製粉中不均一なサイズ分布は困難さを引き起こす。小粒はより高タンパク質レベルと水保持性があり, 一方麦芽化は早い。しかしながら加工性と最終の飲料品質とは予測可能性が低い。

コンタミネーション

穀粒は, 昆虫の侵入, いろいろなものの混合, カビ毒の存在, あるいはひどいカビ汚染の徴候, あるいはひどい微生物のコンタミの現地の規制による殺菌剤, 殺虫剤処理も同様に検査すべきである。

穀粒のサンプリングと分析は, European Brewery Convention (Van Erde, 1998) the Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommision (MEBAK) (Anger, 2006), あるいは the International Association for Cereal Science and Technology (ICC, 2004) のような組織により一部標準化され, 出版されている。

発芽と乾燥(麦芽, 任意)

明確な発芽と乾燥は, 穀物あるいは疑似穀物による機能飲料の成分にとって有利なものになる。主な有利な点は:

- ・加工にはクリーニング, 分類があり, より加工を簡単に予測可能なものにする。
- ・デンプン, タンパク質, 細胞壁多糖類の加水分解に必要な穀粒酵素が活性化されている, あるいは放出されている。
- ・ポジティブなアロマと香り成分の存在が形成され, 主にメーラード反応で乾燥中に生じる。
- ・非揮発性アロマとフレーバー成分は低下する。
- ・機能性成分が高まる(フェノール成分とともに

メーラード生成物質)

・穀粒の良好な貯蔵で水分含量は低下し, より高い乾燥温度で粒表面の微生物数は低下する(例えば窯乾燥)。

全体的には標準の大麦麦芽に用いると同じ操作を用いるが, しかし各穀物あるいは疑似穀物に適さねばならない。水分含量同様, 植生時間と温度はパラメーターとして考慮せねばならない。

麦芽条件を各穀物, 疑似穀物に当てはめるために, 微量で麦芽試験をして麦芽製法のチェックすることが賢明である。異なった各方法はすでに出版され評価されている。さらに賢明なことは, ソフトウェアのプログラムを使ってモデル計算すると, 各穀物, 疑似穀物のいろいろなパラメーター変化への反応が示され, 結果の品質予想をすることができる(Kreis *et al.*, 2007)。

基質の生産

飲料の品質とそのドリンクに用いられる機能性成分の数は, 主に原料穀粒あるいは麦芽両方からの基質生産物によって影響される。主ゴールは, できるだけ多くの基質成分として可溶化することであり, そして加水分解された多糖類やタンパク質が発酵に望まれるレベルに達するかどうかである(もし発酵もコンセプトの一部なら)。デンプンはほとんどの穀物の主要成分である。デンプンはほとんど細胞中にあり細胞壁で囲まれており, それは他の多糖類, 例えばタンパク質同様 β -グルカンあるいはキシランである。経済的な納得ゆく収量を得るためには細胞壁は分解せねばならない。これは外因性あるいは内因性の酵素によって成就できる。デンプンもまた糊化されねばならない。デンプンの糊化する温度は穀物, あるいは疑似穀物によっていろいろであり, しかし最低温度はほとんど 60°C 以上である。基本的な加工とは, 潰した粒を混ぜあるいは糊化温度で麦芽化し, そして外因性酵素を加え, あるいは別に高分子量成分を内因性酵素によって好ましい程度にまで加水分解することである。異なる温度と時間プロフィールが用いられ, つぶしたものの加熱と攪拌には基本的装置が必要となる。

固形残量と可溶化成分の混合結果は, 次に固相の粒子サイズ分布による異なったシステムで分離されねばならない。分離装置あるいは遠心機を用いた単

一の分離では、残渣固形分を再び溶出できないという欠点がある。lauter (桶) やマッシュフィルターのような醸造での使用システムは、水で2-3回残渣固形物を洗浄するようにデザインされていて良い基質の回収をする。分離後、基質は酵素失活させるために高温にし、あるいはボイルし、基質成分を固定化し、滅菌する。加熱処理はアロマ成分の構築や好ましくない揮発アロマ成分を低下させるような他のプラス効果がある。しかしながらいくつかの機能成分は加熱安定ではないため、より長い加熱あるいは調理時間は、最終生産物の品質 / 価値に影響を与えるだろう (Kreis et al., 2005)。

発酵 (任意)

用いた生産技術により、基質は発酵糖とアミノ酸に富むようになる。ここで、コントロールされた発酵が賢明なのは高カロリー含量と直接用いるものの微生物的リスクのためである。健康宣言の概念の一部から除外するのはアルコール発酵であるが、もし飲料にある量のアルコール (殆どは 0.5%vol 以上) を含んでいて、さらにアルコール飲料が宗教的理由で禁止されているならば、ほとんどの地域の規制は健康宣言の宣伝を許可していない。過去 20 年、大変優れた仕事が乳酸発酵のための微生物スクリーン

で進められてきた (ときに酢酸発酵を伴い) (Caplice and Fitzgerald, 1999; Blandino et al., 2003; Idler et al., 2005)。発酵は pH4 以下に低下とともに、顕著にカロリー含量を低下し、糖とアミノ酸の加工により微生物的安定性を増加し、さらに他の微生物の基質供給を低下させる。低 pH は飲料のタンパク質含量に大きく影響する。低 pH である穀物や疑似穀物の水溶性タンパク質の等電点に合うにつれて、これらのタンパク質は沈殿し、飲料中の濁り形成をする。もし発酵微生物が内容物の一部でないならば、それらはろ過して除去されべきである。

混合と安定性

発酵の結果、各アロマをベースとするすっぱい無地ベースとある数の機能成分が生じる。このベースは異なる混合戦略の広範囲に用いられるだろう:

- ・炭化
- ・水あるいはジュースで希釈
- ・アロマ, 香りの添加
- ・特異的タンパク質の安定化。

穀物, 疑似穀物をベースとする機能性ドリンクの研究分野としては未だ幼児期にあるので、これら飲料の安定性の研究だけわずか 2-3 の研究が進んでいる。

以下, 次号へ

References

- Anger, H. (2006). *Band Rohstoffe*. 1. Auflage ed. Brautechnische Analysenmethoden. (2006). Freising, Selbstverlag der MEBAK.
- Blandino, A., Al-Aseeri, M. E., Pandiella, S. S., Catero, D., and Webb, C. (2003). *Food Res. Int.* **36**: 527-543.
- Caplice, E. and Fitzgerald, G. F. (1999). *J. Food Microbiol.* **50**: 131-149.
- Elmafada, I. (1998). *Ernährung des Menschen*, 3rd edn, Stuttgart, p.409.
- ICC (International Association for Cereal Science and Technology) (2004). *ICC-Standards*. Wien: Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft.
- Idler, F., Seidel, B., Kreis, S., Kurz, T., and Fleischer, L.-G. (2005). In: *30th EBC Congress*. Prague.
- Kreis, S., Zarnkow, M., Back, W., and Kurz, T. (2005). In: *30th EBC Congress*. Prague.
- Kreis, S., Zarnkow, M., and Back, W. (2007). In: *31th EBC Congress*. Venice. van Erde, P.(1998). *Analytica-EBC*. Nürnberg: Hans Carl.