

新解説

穀物ベースのグルテンフリー機能性飲料 (2)

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 (2)」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。

穀物および疑似穀物中の可能性ある機能成分

今回は穀物ベースの飲料中、機能成分として働く可能性がある成分の全体図を述べる。プロバイオティクスのようなものを加え、機能性特性をさらに強くする可能性を簡単に議論する。

食物繊維

食物繊維は植物の可食部、あるいは消化器系酵素による加水分解に抵抗する類似の炭水化物に対し用いられる言葉である。全粒穀物製品は人間に必要な栄養の食物繊維の主な源の1つである。他の重要な源は豆であり、一方果物と野菜はある制限を与え、機能性飲料への利用にとり、水不溶性源の繊維(セルロース、ヘミセルロース、抵抗性デンプン、不溶性アラビノキシラン、豆)は重要性が低い、しかしそれらは非常にブレイクファストセリアルやベーカリー食品にとり重要である。

例えばβ-グルカン、アラビノキシランのような繊維の水可溶性源は、機能性飲料中に取り込まれる適切な成分である。β-グルカン、アラビノキシランの両方は、粘性溶液を形成し食品の腸を通じて変換を遅くし、さらに、胃の空腹を遅らせる。これはグルコース、および血清コレステロール同様ステロールの吸収を減らす。結果として食後体中の血糖とイ

ンスリン含量は低下する。β-グルカンは、1→3あるいは1→4結合を持つグルカノピラノシル単位からなる。多くの研究がオート麦からの混合した結合β-グルカンの健康増進効果を注目している。β-グルカンは発芽プロセスの間破壊され、わずかに少量だが麦芽穀物の飲料中に見出される。しかしながら高含量β-グルカン製品をつくる試みがモルト化(麦芽)(Wilhelmson *et al.*, 2001)、あるいはβ-グルカンの濃縮物の利用で行われた(Temelli *et al.*, 2004)。

アラビノキシランの基本構造は、1,4-β-D-キシロピラノシル単位の非分枝鎖にα-L-アラビノフラノシル置換基が接合したものである。アラビノキシランはβ-グルカンよりもっと粘性溶液であるが、それはフェルラ酸残基がアラビノース側鎖に結合しているためである。それらはβ-グルカンよりもずっと多い量が麦芽ベースの飲料中には見出される。アラビノキシラン分解酵素は発芽プロセスの最後段階に引き離され、それが修正麦芽中のアラビノキシランの高い原因をおこす(Li *et al.*, 2005)。しかしながらアラビノキシランの健康効果はβ-グルカンのそれほど大きく研究されていない。すべてのタイプの食物繊維は、腸管中で微生物叢の基質となる。健康増進バクテリア、例えば乳酸菌やビヒズス菌などでこの繊維が選択的に発酵される時、それらは

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

プレバイオテックスと呼ばれる (Roberfroid, 2007)。β-グルカン, およびその壊れたものは, ビヒズ菌あるいはまた乳酸菌の成長を刺激することが示された (Kontula *et al.*, 1998; Snart *et al.*, 2006)。食物繊維発酵による下腸での生産物には短鎖脂肪酸を含み, 下腸の pH を低下し, 多くの好ましくない微生物の成長を制限する。完全な健康促進ポテンシャルを利用するためには, 飲料中食物繊維含量は高くあるべきである。US Food and Drug Administration (FDA) は, 3g の β-グルカン取り込みは 1 日 30g の全食物繊維取り込みの一部ではあるが腸の健康に価値のあるものと考えている。

しかしながらこれまで伝統的に作られてきた麦芽と麦芽ベースの飲料中には, 食物繊維含量は比較的低い。そこで麦芽プロセスでは β-グルカンやアラビノキシランのような基質の分解に制限を与えるため最適化を求めるべきである。しかしながら細胞壁材料の不完全な破壊は, 他の成分例えばデンプンやタンパク質の不完全な破壊を引き起こし, 原料の発酵の問題を引き起こす。飲料中の β-グルカンと関連ある成分の含量は, 繊維に富む成分を添加することで増加できる。この成分は特別の製粉技術を用いて製造できるが, それは β-グルカンが粒のある区分中に集中しているためであり, それは粒の外側, 特にアリューロン細胞と垂アリューロン内胚乳壁に集中しているためである。

食物繊維の別の源としての飲料に加えることのできるものとは, 海藻, バクテリアあるいはイーストから分離される β-グルカンである。これらのタイプの β-グルカンは, 穀物粒, 例えば大麦, オート麦 (β-グルカン分子中異なった鎖長あるいは結合をもつ) 中のものとは, 性質が異なっている。不運にも, 精製方法は非常に高価で, 商業的見地から言ってこの別法は非現実的である。繊維はまた他の植物, 例えば *Plantago psyllium* and *Plantago ovata* の種子から取れる psyllium husk (オオバコの殻) には高含量で見出される。psyllium 製品に対する健康宣言は, 1998 年に the FDA により承認されている。

結論から, 食物繊維の健康増進効果は十分に知られ, これらの成分の高度の取り込みが栄養学者により勧められている。機能飲料は可用性食物繊維の付加源である。しかしながら飲料中, 高濃度繊維と関係ある多くの技術的問題がある。ほとんどの可溶性

繊維はゲルを形成し, 製品の粘度を増加する。これはある程度までは耐えられか好まれるが, ある官能特性を作るための例えばろ過のような下方処理するとき, この非常に高い粘度が問題となり, 消費者からも拒否されるであろう。

抗酸化剤

抗酸化は, ほとんどの加齢, がん, 心臓病, 白内障, 認知症のような変性疾患の阻止, 遅延する最も重要な働きである。抗酸化剤は, これらの慢性疾患の因果関係に寄与する酸化プロセス, フリーラジカルを阻止して効果をだすと信じられている。食品中のほとんどの効能ある酸化物質は酸素であり, 特に一重項酸素型と他の遊離ラジカルである。そこでフリーラジカルのスクャベンジング, 一重項酸素のクエンチングは抗酸化物質にとり好ましい作用であり, それは酸化分子を限定するからである。重金属イオンは酸化反応に触媒として働く。この効果は他のシナージストとともに抗酸化剤として働く金属複合体成分により最小にすることができる。最後に還元剤はある

程度酸化されて材料を還元をすることができ, そこで遊離ラジカルと酸素のダメージ効果のある程度元に戻す。人の体の細胞膜材料の酸化防止は, ガンや循環器疾患を抑えると考えられる。

全抗酸化活性とラジカルスクャベンジング能を測定するいくつかの方法が開発された。しかしながら異なった研究間の比較は, 各分析法の利用によって複雑化する。例えば Rooney and Awika (2005) は

表 16.2 3種の異なった方法で測定した sorghum 中の抗酸化能 (μmol Trolox 等量 /g sample, 乾重量)

Sorghum タイプ	ORAC ^a	ABTS ^b	DPPH ^c
白粒	22	6	6
赤粒	140	53	28
黒粒	220	57	41
抗タンニン粒	450	108	118
ウルシ粒, 茶色	870	226	206

^aORAC, oxygen radical absorbance capacity, fluorescein used as a probe.

^bABTS, 2, 2'-azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid); acFvity was measured in pH7.4 phosphate buffer saline.

^cDPPH, 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; acFvity measured in methanol.

Rooney and Awika (2005).

Sorghum 粒 (表 16.2) の抗酸化活性評価に 3 つの異なった方法を用いた。この研究の結果, 明らかに特定の穀物の抗酸化能は用いた分析方法に基づくことがわかった。抗酸化性質を有する植物材料中最も重要な物質クラスは, フェノール物質, ある種のビタミン, フィチン酸塩, ステロールである。さらに, 抗酸化活性を有する物質は, 食品加工中にメーラード反応で形成される。別のクラスを以下述べる。

フェノール物質

フェノール物質は植物で二次代謝物として合成される。多くの異なったクラスのフェノール物質で, 広範囲の抗酸化能もつものが記述されてきた。ある穀粒品種 (例えば sorghum) は, 多量のフェノール酸を含み, 一方他のものは比較的少量のものを含む (例えば rye)。研究では, フェノール物質含量は麦芽の間に増加する (Dicko *et al.*, 2005)。しかしながらこれは生合成によるもの, あるいは細胞質成分の破壊後にうまく抽出された物質であろう。他のフェノール抗酸化物に富んだ源には果物あるいは緑茶がある (Dimitrios, 2006)。タンニンのようなポリフェノールは長く栄養にとり悪いものと考えられてきたが, それはそれらがタンパク質と相互作用してその生化学的利用を低下させるためであった。しかしながらうまくバランスのとれた食事ではポリフェノールのポジティブな効果は前に進む様である。

粒中の抗酸化能を持ったビタミン類

穀物はヒト食事の中のトコフェロール (ビタミン E) の主な源である。さらに, maize はかなりカロチノイド (プレビタミン A) 量を含んでいる。アスコルビン酸は穀粒中に見られないが, 疑似穀物中には見つけられる。しかしながらビタミン類だけは穀物の全抗酸化能にわずかながら影響を与える。

ステロール

ステロールは, 植物細胞膜の構成成分であり, 遊離ステロールアルコール, ステリルエステル, あるいはステリルグルコサイドとして見出される。発芽がステロールレベルを上げ, 最近ではオート麦にも見られた (Oksman-Caldentey *et al.*, 2001)。抗酸化機能に加え, 植物ステロールは低い LDL コレステロールレベルのあることが証明され, マーガリンのよう

な滋養食品に用いられる。植物ステロールの食品製品への添加は, 近年の一般的やり方になってきたが, 牛乳ベースの機能飲料と同様に果物ジュースのような飲料のある範囲もマーケット上にでてきた。しかしながら, ある一部の人々 (例えば子供や妊婦) へのコレステロール低下効果の価値のあることが the Health Council of the Netherlands (The Health Council of the Netherlands, 2001) により注目された。

メーラード生成物

メーラード生成物はアミノ酸あるいは単純ペプチドと還元糖の間の加熱反応で生じる。メーラード反応には 3 つの基本フェーズがある。第 1 番目にはアミノ基は糖のカルボニル基と重化合成反応を起こす。形成されたイミンは不安定で反応 (アマドリ転移) に進む, そこでは安定なアミノケトンが形成される。第 2 段階では, 強い還元活性をもつ 3 つの異なった desoxyosones (デオキシソソン) が脱水反応によって形成される。Desoxyosones から, 広い範囲のアロマとフレーバー成分がその後の脱水, 分裂 (fission), および重化合成反応によって形成される。ジアセチル, アセトール, ピルブアルデヒド (pyruvaldehyde), および類似の物質が形成され, それがアミノ酸とストレカー分解に進み, アルデヒドあるいはアルドール重合に進む。最後の段階でフラン, フラノン, およびイソマルトールやマルトールのようなピロンといったヘテロサイクリック物質が形成される。特異的アミノ酸や糖成分は pH, 温度とともに最終生成物の性質への影響を与える鍵となる要因である。穀物ベースの飲料中, メーラード生成物は主に麦芽の窯処理ステップの間, あるいは程度はより低い飲料の加熱の間 (例えば mashing (すりつぶし), あるいは保存用の加熱処理の間) に形成される。残念なことに, メーラード反応は変異原性化合物形成を導きそして不可欠アミノ酸の欠如をおこし, それが飲料中の抗酸化物質の増加する方法を最適以下にする。

結論

抗酸化物質に富む食品の長所を考察する上で主な困難さは, 1 物質にはっきりした実証済みの効果を想定する困難さである。抗酸化能とラジカルスクベンジング能について実証する多くの方法は出版されているが, しかしそこからの結果にかなりの違い

がみられた。たとえ1物質の性質が *in vitro* ではっきりしても、*in vivo* での反応は完全には理解されない。疫学研究は高抗酸化物質の取り込みのポジティブな効果を示したが、これは途中の介入研究によっては断言されない (Dimitrios, 2006)。健康 - 促進効果と観察されたあるものは抗酸化物質によるものではなく、他の食品成分との反応あるいは相互作用で起こされるものであろう。

ミネラル

ヒト健康へのポジティブ効果は、あるミネラル類の取り込み増加によるものであると報告されている。Caは骨粗鬆症を防ぎ、骨の密度保持に役立つと言われる。Znはたとえばデータは決定的ではなくても風邪の防御、回復に関係ある。にもかかわらずこれらのミネラルは普通機能食品中に多い。ある穀物でのZnとCa含量は表16.3に示される。あるミネラルの過剰摂取は、ヒト健康にはマイナスの効果となろう。Caの過剰の取り込みは、あるタイプのがんのリスク増加と結びついていて (Giovannucietal.,1998)、Naの高度の取り込みは血圧に悪影響を与える。すべての植物材料のように、穀物は典型的にNaが低く、低Na含量の水を使うと、そのままあるいは処理しても健康への悪影響なしの食品を確保できる。

多くの植物中、ミネラルと作用して生化学的利用性を低下するものがある範囲の成分(例えばタンニン)に見られる。タンニンのネガティブチャージのサイドグループは、ポジティブチャージの金属イオンと相互作用し、小腸内でその取り込みを阻止する。タンニンはある乳酸菌で分解され、はじめに結合していたイオンが溶媒中に放出される。フィチン酸塩は穀粒からの低ミネラル取り込みに関係する主要物質である。フィチン酸塩はミオイノシトール (myo-inositol) であり、各水酸基はリン酸基でエステル化されており、穀粒の外層に見出される。フィチン酸塩は穀粒の全リン含量の約70%を含み、その利用性を制限している。ある穀粒の典型的含量はフィチン酸塩 - 加水分解酵素の活性同様表16.4に示された。フィチン酸塩は亜鉛、鉄、カルシウムあるいはマグネシウムイオンと非常に安定な複合体を作り、そのためそれらの取り

表 16.3 穀物と疑似穀物中の亜鉛とカルシウム含量

	Calcium (mg/100g)	Zinc (mg/100g)
Rice ^a	7.3	1.1
Maize ^a	7.2	1.5
Finger millet ^a	325	1.7
Sorghum ^a	14	2.2
Wheat ^a	37	1.6
Buckwheat ^b	18-22	2.3

^a According to Hemalatha *et al.* (2007)

^b According to Mazza (1988).

表 16.4 粒中のフィチン酸塩含量とフィターゼ活性

粒	フィチン酸塩含量 (mg/g)	フィターゼ活性 (U/g)
Wheat	12.4	180
TriFcale	12.9	650
Rye	11.8	2800
Barley	11.9	350
Oat	11.3	48
Maize	9.2	9

According to Belitz *et al.* (2001).

込みを阻止する。しかしながら発芽の間、フィチン酸塩の脱リン酸化がミネラルの利用性を大きく改良した (Larson and Sandberg, 1995)。

ミネラルとのその相互作用のため、フィチン酸塩はずっと長く抗栄養と考えられてきた。しかしながらあるポジティブな健康効果、たとえば血糖値低下がデンプン性食品の消費の間に起こること、コレステロール、トリアシルグリセロールの血清レベルの低下が起こることが、ガンリスクの低下とともに観察された (Rickard and Thompson,1997)。

ビタミン

ビタミンは正常の細胞機能、生命体の成長と進化に不可欠の物質である。ヒトのメタボリズムの中ではそれらを十分量合成できず、食物から取り込む必要がある。推薦される毎日のビタミン類といくつかの穀物中のその含量を表16.5に示した。一般の穀物製品では、典型的な西洋食はビタミンBの大部分の源であり、これらは飲料生産の間、完全に穀粒の栄養可能性を利用するために保存されねばならない。リボフラビン、チアミン、ピオチン、パントテン酸、トコフェロール、葉酸塩含量は発芽中に増加する (Merx *et al.*, 1994; Plaza *et al.*, 2003)。さらに、リボフラビン、チアミン、ナイアシンがオート麦ベー

表 16.5 粒中のビタミン含量と理想摂取量 (日)
粒中の含量 (mg or μg /10 g 可食部)

Vitamin	理想摂取量 / 日	Wheat	Rye	Corn	Oat	Rice, 玄米
A	0.8-1.0 mg Retinol 等量	★	★	★	★	★
Carotinoids(mg)		0.02	★	1.3	★	★
D (μg)	5	★	★	★	★	★
E (mg)	14	1.4	2	2	1.5	0.74
K (μg)	60-70	40	★	★	63	★
B ₁ (μg)	1.0-1.3	0.48	0.35	0.36	0.59	0.41
B ₂ (mg)	1.2-1.4	0.09	0.17	0.2	0.15	0.09
Niacin (mg)	13-16	5.1	1.8	1.5	1	5.2
Pantothenic acid (mg)	6	1.2	1.5	0.7	1.1	1.7
B ₆ (mg)	1.2-1.5	0.27	0.23	0.4	0.16	0.28
Biotin (μg)	30-60	6	5	6	20	12
Folic acid (μg)	400	87	143	26	87	16
B ₁₂ (μg)	30	★	★	★	★	★
C (mg)	100	★	★	★	★	★

★ Not detected or trace amounts.
According to Belitz *et al.* (2001).

スの製品で報告されているように、発酵はいくつかのビタミン含量を増加する (Sanni *et al.*, 1999)。

しかしながら、あるビタミンの過剰の取り込みが健康上の問題となっている。昔から知られているのはビタミン A 欠乏症であるが、それは 7.5mg/day レチノール以上のとりこみで起こる。しかしながらベータカロチンは穀物中に存在しレチノールにメタボライズされるが過剰ビタミンにはならない。20mg/day のベータカロチンの取り込みは、スモーカーにとり肺がんのリスクを増加する (Alpha-Tocopherol Beta Carotene Cancer Prevention Study Group, 1994)。しかしながら殆どのビタミン類で大量に消費したときのネガティブ効果は、穀粒中の大量消費時には見出されない。そこで穀物ベース食品では、ネガティブな健康効果は外部から高レベルのビタミンが添加された時以外は見られない。

プロバイオティクス

昔からプロバイオティクス飲料はミルクであったが、しかし最近では穀物ベースのプロバイオティクスドリンクがマーケットに出現した。プロバイオティクスは生存微生物として定義され、それは十分な数が消費されたときホストの健康に価値を与える

(Isolauri *et al.*, 2004)。多くの価値が述べられているが、例えば腸で有害生物体の可能性を抑える、免疫反応の刺激、あるいはガン抑制である。それらの効果のいくつかは生理活性代謝物、いわゆる生体物質 (例えばビタミン類、生理活性ペプチド、短鎖脂肪酸) により引き起こされる。

プロバイオティクスとして生物利用に要求される鍵としての性質は;

- ・ヒトが使って安全
- ・消化器通路で生き残る能力
- ・ヒト消化器官あるいは個々の標的器官でのコロニー形成能。
- ・貯蔵中の安全性

最も知られたプロバイオティクス生物は、正常の哺乳動物の生物相あるいは発酵食品から分離されたものである。多くは乳酸菌、あるいはビヒズス菌であり、しかし他の生物、例えば *Saccharomyces boulardii* もまた用いられている。プロバイオティクスは、近年、医学面にも機能食品同様に適応されている。医学的な目的としては、生きている細胞を乾燥し、粉として用いている。穀物ベースの物質中にマイクロカプセル化を含む細胞の生存を保持するなどのいろいろな戦略が進んでいる。今日まで機

表 16.6 機能性食品に配合できる可能性のある生薬と効能

成分	製品例	健康への効果と主張	ヒトでの証拠
Guarana (<i>Paulina cupana</i>)	飲料 (ガラナ飲料)	余分なエネルギー 認 知能力の改善	++ 大量のカフェインによる効果
Ginkgo (イチョウ)	飲料, セレアル (Ginkgo 飲料)	記憶力とやる気を高 める	+ 老人性認知症の認知機能低下 を止めるため (Beaubrun and Gray, 2000; Ernst, 2002; Le Bars and Kastelean, 2000) - 健康な個人の記憶力や注意力 を高めるため (Ernst, 2002; Le Bars and Kastelean, 感 2000; Salomon <i>et al.</i> , 2002)
Kava (from <i>Piper methysticum</i>)	飲料, セレアル (Kava 飲料)	安静, メンタルバラン ス, ストレスを軽減	+/0 抗不安作用 (Beaubrun and Gray, 2000; Ernst, 2002)。 ただし, 飲料やセレアルに含ま れるレベルではない
St John's Wort (<i>Hypericum perforatum</i>)	飲料, セレアル (St. John's Wort 飲料)	精神的バランス、精 神を持ち上げ, 不安 を軽減する	+/0 軽度から中等度のうつ病 (Gaster and Holroyd, 2000), 最近の試験では効果は小さい (Shelton <i>et al.</i> , 2001)
Echinacea	飲料, (エキナセア飲料)	免疫システム, 抗生 物質をサポート	+/0 一般的な風邪, 試験データ は弱くて決定的ではない (Ernst, 2002)
Ginseng	飲料, 茶, セレアル (Ginseng (高麗人参) 飲料)	余分なエネルギー, 体重を減らし, 心を サポート	0 決定的でない (Kifs and Hu, 2000; Bucci, 2002); どのような条件でも効率の証拠 がない (Ernst, 2002)
Red yeast rice (紅麹)	食品に使われない	コレステロール低下	主に酵母が産生するロバスタチン による影響 (Havel, 1999)

能食品中の成分として、プロバイオティクスはほとんど発酵した乳製品ベース製品に応用されている。飲料として約 10^7 細胞/mL の添加量が消費のその瞬間に機能的であり (Gomes and Malacta, 1999), the Fermented Milk and Lactic acid Bacteria Beverages Association in Japan (Ishibashi and Shimamura 1993) によりそれが最小のものとして要求されている。Kurman and Rasic (1991) によると、最小の治療用量は 10^8 - 10^9 細胞/day である。必要な濃度を得る有用なやり方は、普通一般にはミルク中だが飲料中で直接にプロバイオティクスを成長させることである。しかしながらミルクは例えば乳酸菌やビヒズス菌のような選択性の厳しい生物の成長にとり制限ある基質である。事実、このバクテリアの栄養要求性は非常に複雑であり;そこには発酵できる糖、ペプチド、遊離の利用アミノ酸、脂肪酸、塩、核酸誘導体、

あるいはビタミン類が必要で、それらはしばしば飲料中には同様に存在しない。特に穀物粉のスラリー(例えばドウ、マッシュ)には低濃度の発酵できる糖があるが、穀粒の加工、特に麦芽あるいは外部からの酵素添加は糖やアミノ酸の利用性を大きく改良できる。穀物-ベース飲料には広範囲の糖、例えばグルコース、マルトース、マルトトリオース、およびいろいろなペントース類があり、ミルクに変わる良い基質である。糖類のタイプと量は穀粒の種類と加工条件による。リン酸、ビタミンは乳酸菌の成長には不可欠であり、ミルクよりも穀粒中に多く見出される。さらに、アルギニン、フラクトース、クエン酸、リンゴ酸、それらは穀物中にあり、ゆっくりの代謝エネルギーの源であり、貯蔵期間中の生存性を上げるものである。

バクテリアの消費する媒質は、腸中を通過するの

に生存する微生物の能力に影響を与える。大量の糖が麦芽抽出物中に見られるが、胃を通過する間、生存のチャンスを極めて大きくすることが示された (Charalampopoulos *et al.*, 2002)。遊離アミノ酸もまたこの効果に貢献するようだ。さらに、穀物ベース飲料の高緩衝能と pH 値は、胃の pH 値をあげプロバイオティクスの保護をすることができる。

プロバイオティクスは Generally Recognized As Safe (GRAS) (一般に安全を認められている) 生物である。しかしながらある種のもは次のネガティブ効果の多少に関係があり、それは最近 Hoesl and Altwein (2005) によって指摘された:

- ・システム感染
- ・代謝活動の悪化
- ・影響を受けやすい個人にとり過剰の免疫刺激
- ・遺伝子導入

今日まで、ほとんど免疫不全の個人に副作用が見られ、危険の可能性を示したので免疫不全の患者にはプロバイオティクスの取り込みは医学的専門家によって調整されねばならない。結論からして、穀物ベースの飲料はプロバイオティクスのキャリアーとして代替え可能なことを示す。それらの栄養成分は、貯蔵中プロバイオティクスの生存同様、成長にとってもより好ましい。

機能飲料にとっての可能な添加物

穀物あるいは疑似穀物中の機能成分や、発芽や発酵により機能成分を高めたものの利用とは別に、機能的成分を直接飲料中に加えられることができる。薬草、薬草抽出物のリスト、それらの健康強調表示と著者らの効用に対する意見が、Katan と de Roos (2004) により出版され、表 16.6 に示された。記述された効果はサプリメントとしての利用を示すことに注意し、一方食品への添加量は一般にずっと低い。さらに、薬草ドラッグの取り込みは他の薬物と干渉

してその効果を低下させる;あるいは薬草ドラッグは食品成分と相互作用して栄養価値とその機能性効果を低下させる。

結論

穀物 - ベース飲料は、機能食品として大きな可能性を持つ。それらはある範囲の機能性成分、例えば抗酸化剤、食物繊維、プロバイオティクス、ビタミンのキャリアーとして働く。しかしながらより多くの研究が、穀物ベースの飲料中に存在する機能的成分 (例えば抗酸化剤) のいくつかの重要な可能性の理解をするのに必要である。

食物繊維の健康効果は十分に知られているが、技術的なこと、例えば増加した粘度の問題など考えねばならない。抽出物からの繊維添加は可能であるが、しかし多くの場合にはあまりにも高価すぎる。

穀物と疑似穀物はビタミン類の考慮すべき源である。この可能性を完全に利用するために、できれば加工中これらのビタミンを守るため、あるいは発芽、発酵の手段でビタミン含量増加するためにその測定をせねばならない。穀物中に存在するミネラルを完全に利用するため、例えばフィチン酸塩のような金属複合体物質を壊すことが必要である。穀物ベース飲料中のプロバイオティクスの利用には特別の関心が向けられるべきで、穀物麦芽抽出物は微生物の成長にとり上等の媒体である。

結論から、穀物中に見られるすべての可能性を持つ栄養価値あるものを含む飲料と、受け入れられる官能特性を持つ飲料を作ることは可能ではないだろう。結論的に、機能性飲料の生産が計画されたとき、望ましい機能性質が有用で活性的であることを確保するとともに、味、匂い、見てくれに関して消費者の要求を満たすため、原材料と加工ステップには注意深い検査が必要である。

References

- Alpha-Tocopherol Beta Carotene Cancer Prevention Study Group (1994). *N. Engl. J. Med.* **330**: 1029-1035.
- Asplund, K. (2002). *J. Intern. Med.* **251**: 372-392.
- Beaubrun, G. and Gray, G. E. (2000). *Psychiatr. Serv.* **51**: 1130-1134.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., and Schieberle, P. (2001). *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*, 5th edn. Berlin: Springer.
- Blandino, A., Al-Aseeri, M. E., Pandiella, S. S., Catero, D., and Webb, C. (2003). *Food Res. Int.* **36**: 527-543.
- Bucci, L. R. (2000). *Am. J. Clin. Nutr.* **72**: 624S-636S.
- Caplice, E. and Fitzgerald, G. F. (1999). *J. Food Microbiol.* **50**: 131-149.
- Centers of Disease Control and Prevention (1993). *JAMA* **269**: 1233-1238.
- Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S. S., and Webb, C. (2002). *J. Food Microbiol.* **79**: 131-141.
- Dicko, M. H., Gruppen, H., Traore, A. S., van Berkel, W. J. H., and Voragen, G. J. (2005). *J. Agric. Food Chem.* **53**: 2581-2588.
- Dimitrios, B. (2006). *Trends Food Sci. Nutr.* **17**: 505-512.
- Ernst, E. (2002). *Ann. Intern. Med.* **160**: 152-156.
- Gaster, B. and Holroyd, J. (2000). *Arch. Intern. Med.* **160**: 152-156.
- Giovannuci, E., Rimm, E. B., Wolk, A., Ascherio, A., Stampfer, M. J., and Colditz, G. A. (1998). *Cancer Res.* **58**: 442-447.
- Gomes, A. M. P. and Malacta, X. F. (1999). *Trends Food Sci. Technol.* **10**: 139-157.
- Hathcock, J. N. (1997). *Am. J. Clin. Nutr.* **66**: 427-437.
- Havel, R. J. (1999). *Am. J. Clin. Nutr.* **66**: 175-176.
- Hemalatha, S., Platel, K., and Srinivasan, K. (2007). *Food Chem.* **102**: 1328-1336.
- Hoels, C. E. and Altwein, J. E. (2005). *Eur. Urol.* **47**: 288-296.
- Idler, F., Seidel, B., Kreis, S., Kurz, T., and Fleischer, L.-G. (2005). In: *30th EBC Congress*. Prague.
- Ishibashi, N. and Shimamura, S. (1993). *Food Technol.* **47**: 126-135.
- Isolauri, E., Salminen, S., and Ouwehand, A. C. (2004). *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.* **18**: 299-313.
- Katan, M. B. and de Roos, N. M. (2004). *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **44**: 369-377.
- Kitts, D. and Hu, C. (2000). *Public Health Nutr.* **3**: 473-485.
- Kontula, P., Jaskari, J., Nollet, L. et al. (1998). *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **50**: 246-252.
- Kurman, J. A. and Rasic, J. L. (1991). *Therapeutic Properties of Fermented Milks*. Oxford: Elsevier Science Publishers, pp. 117-158.
- Larson, M. and Sandberg, A.-S. (1995). *J. Cereal Sci.* **21**: 87-95.
- Le Bars, P. L. and Katelan, J. (2000). *Public Health Nutr.* **3**: 495-499.
- Li, Y., Lu, J., Gu, G., Shi, Z., and Mao, Z. (2005). *Food Chem.* **93**: 33-38.
- Mazza, G. (1988). *Cereal Chem.* **65**: 122-126.
- Merx, H., Seibel, W., Rabe, E., and Menden, E. (1994). Part 1 State of research. *Getreide Mehl Brot* **48**: 17-20.
- Oksman Caldentey, K.-M., Kaukovirta-Norja, A., Heiniö, R.-L., Kleemola, T., Mikola, M., Sontag-Strom, T., Lehtinen, P., Pihlavan, J.-M. and Poutanen, P. (2001). Helsingin yliopisto, Elintarviketeknologian laitosp. pp. 85-108 (in Finnish).
- Plaza, L., de Ancos, B., and Cano, M. P. (2003). *Eur. Food Res. Technol.* **216**: 138-144.
- Rickard, S. E. and Thompson, L. U. (1997). Symposium Series 662. Washington DC: American Chemical Society, pp. 294-312.
- Roberfroid, M. (2007). *J. Nutr.* **137**: 830S-7S.
- Rooney, L. W. and Awika, J. M. (2005). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, pp. 283-312.
- Sanni, A. I., Onilude, A. A., and Ibidapo, O. T. (1999). *Food Chem.* **65**: 35-39.
- Shelton, R. C., Keller, M. B., Gelenberg, A., Dunner, D. L., Hirschfeld, R. and Thase, M. E. (2001). *JAMA* **285**: 1978-1986.
- Snart, J., Bibiloni, R., Grayson, T. et al. (2006). *Appl. Environ. Microbiol.* **72**: 1925-1931.
- Solomon, P. R., Adams, F., Silver, A., Zimmer, J. and De Veaux, R. (2002). *JAMA*, **288**: 835-840.
- Temelli, F., Bansema, C., and Stobbe, K. (2004). *Cereal Chem.* **81**: 499-503.
- The Health Council of the Netherlands (2001). Committee on the Safety Assessment of Novel Foods. Phytosterols (2). Publication no. 2001/04VNV.2001. The Hague: Health Council of the Netherlands.
- Wilhelmson, A., Oksman-Caldentey, K.-M., Laitila, A., Suortti, T., Kaukovirta-Norja, A., and Poutanen, K. (2001). *Cereal Chem.* **78**: 715-720.