

新解説 グルテンフリー食品中の擬似穀物の利用 2 —キノア, ソバ—

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, 擬似穀物, キノア, ソバ

本論文「新解説 グルテンフリー食品中の擬似穀物の利用 2—キノア, ソバ—」は“Gluten-Free Cereal Products and Beverages” (Edited by E. K. Arendt and F. D. Bello) 2008 by Academic Press (ELSEVIER) の第7章 Pseudocereals を翻訳紹介するものである。

キノア

炭水化物, デンプン

キノアの主な成分はデンプンである。しかしながらキノアのデンプン含量は、穀物中のものより低い(表 7.1)。アマランスにおけるデンプンは外胚乳中にあるが、少量は種子膜と胚にもある (Prego *et al.*, 1998)。キノアデンプンは1個の多形粒で0.63-1.8 μ m (平均 1.5 μ m) のサイズである (Atwell *et al.*, 1983; Ando *et al.*, 2002)。また、デンプン粒の複合体が見出され、そこでは14000 単一粒までは1複合体を作っている (Lorenz, 1990)。これらの複合体は球状または横長であり、タンパク質マトリックスでとり囲まれ、80 μ m 長に達する。キノアデンプンのタンパク質含量は、他の穀物デンプンより高い (Atwell *et al.*, 1983)。

2つの大部分のデンプン粒結合タンパク質は、粒結合デンプン合成酵素 I (GBSSI) で、分子マスは56 と 62 である (Lindeboom *et al.*, 2005b)。GBSSI 含量はデンプン中のアミロースの濃度とポジティブの関係がある。キノアデンプン中のアミロース含量は穀物デンプンよりずっと低く、異なった量が見出され、その範囲は3-22% である (Atwell *et al.*, 1983; Qianand Kuhn, 1999a; Tang *et al.*, 2002; Wright *et al.*, 2002; Tari *et al.*, 2003; Lindeboom *et al.*, 2005a, 2005b)。デンプンは、短鎖分子グルカンで平均分子量は 11.3×10^6 g/mol である (Praznik *et al.*, 1999)。

Tang *et al.*, (2002) は、キノアアミロペクチンのユニークな鎖長分布を見出し、それはワキシアミロペクチンに似ていて、長鎖に対する短鎖のより大きな比率である。X線分析パターンは、デンプンが典型的な“A”タイプの結晶性をもつことを示した (Qianand Kuhn, 1999a; Wright *et al.*, 2002)。

キノアデンプンは他の穀物より高い糊化温度を持ち、より高い粘度を持つ。これらの値は冷却で増加する (Atwell *et al.*, 1983; Lorenz 1990; Ruales and Nair, 1994; Schoenlechner, 1997)。さらに低アミロース含量は、高水結合能、高膨潤能、高酵素感受性、特別の冷凍解凍能、老化安定性と関係がある (Atwell *et al.*, 1983; Lorenz, 1990; Ahamed *et al.*, 1996; Qian and Kuhn, 1999a)。これらの物理的性質はアミロース含量とポジティブの関係にある (Lindboom *et al.*, 2005a)。アミロース含量内の広いバリエーションは、



図 7.1 左から右に、アマランス (*Amaranthus cruentus*), キノア (*Chenopodium quinoa*), ソバ (*Fagopyrum esculentum*)

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

表 7.1 アマランス *Amaranthus* spp.、キノア *Chenopodium quinoa*, ソバ *Fagopyrum esculentum* の一般組成

成分	組成 (平均値%, 範囲はカッコ内)		
	<i>Amaranthus</i> spp.	<i>Chenopodium quinoa</i>	<i>Fagopyrum esculentum</i>
Water	11.1 (9.1-12.5) ^a	12.7	14.1 (13.4-19.4)
Protein (N x 5.8)	14.6 (14.5-14.8)	13.8 (12.2-13.8)	10.9 (10.4-11.0)
Fat	8.81 (6.56-10.3)	5.04 (5.01-5.94)	2.71 (2.40-2.80)
Starch	55.1	67.35 ^b	67.2
Crude fiber	3.9-4.4 ^d	2.3 ^c	—
Dietary fiber	11.14 ^b	12.88 ^b	8.62 ^b
Minerals	3.25	3.33 (2.46-3.36)	1.59 (1.37-1.67)

From Souci *et al.* (2000).

^aThe range given in brackets represents the range from the lowest to the highest value given in the literature.

^bOwn measurements.

^cSaunders and Becker (1984).

^dBased on dry matter, Gamel *et al.* (2006a).

そのためキノアデンプンの物理的性質の違いに関する。

抵抗デンプン

色々な穀物、擬似穀物中の抵抗デンプン含量（老化 RS₃ 加工中に生じる）は、酵素的（AACC 法 32-40）に Milkulikova and Kraic (2006) によって測定された。キノアの値は 12.6±1.29g/kg 種子、これは他の穀物、例えば小麦（39.0±5.7g/kg）あるいはライ麦（49.0±7.3g/kg）よりも低い。RS/全デンプンの比率はキノアで 2.18%，小麦、ライ麦で各々 5.64%，7.01% であり比較出来る。かなり低いキノアの RS 含量の理由は、低アミロース含量のせいで、低 RS の形成のためである。

低分子量炭水化物

キノア中の遊離糖の量に関し、はっきりした結果が報告されている。Gonzalez *et al.*, (1989) は、グルコース含量 4.55%，フラクトース 2.41%，シュクロース 2.39% と報告した。シュクロースに対するグルコースの異なる比は Gross *et al.*, (1989) によると；グルコース 0.19%，シュクロース 2.79%，ラフィノース 0.15%，スタキオース 0.08%，α-ガラクトサイド 0.23%，フラクトース 0%，ベルバスコース 0% であった。また Ogungbenle (2003) は、より低い量のグルコース（0.019%）を他の糖、例えばフラクトース（0.019%）、ガラクトース（0.06%）、リボース（0.07%）、マルトース（0.1%）、D-キシロース（0.12%）と比較した。

繊維

キノア食物繊維含量（12.88%）は他の穀物に匹敵するほどであるが（表 7.1），外胚乳より胚は高含量である（Hirano and Konishi, 2003）。全食物繊維のうち可溶性繊維は僅か 13.5% である（Ranforta *et al.*, 1993）。調理とオートクレーブで可溶性繊維区分は低下し、一方不溶性区分は変化しない（Ruales and Nair, 1994）。

タンパク質

キノアのタンパク質含量は他の穀物より高く、タンパク質の品質は非常に良い（表 7.1）。

貯蔵タンパク質

キノアタンパク質は主にグロブリンとアルブミンである。種子タンパク質は、31% 水、37% 塩、0.8% アルコール、11.5% アルカリ可溶、19.7% 不溶性タンパク質区分からなる（Prakash and Pal, 1998; Ando *et al.*, 2002; Watanabe *et al.*, 2003）。各タンパク質区分のアミノ酸プロファイルは、高レベルのリジン（4.5-7.0%）を含んだバランスのとれた不可欠アミノ酸の内容を示す（Watanabe *et al.*, 2003）。キノア種子中のタンパク質の 2 つの主クラスのタンパク質は、11S（ケノポジン, chenopodin）と 2S（高システイン）タンパク質である（Bringar and Goundan, 1993; Brinegar, 1997）。11S と 2S のはっきりした構造のおよび可溶性の特徴は、はっきりそれらの性質が違う事を示している。酸性条件下でケノポジン不溶性であるのは、他の 11S タンパク質の特徴であり、一方、キノア 2S タンパク質は高度に可溶で、多く

のシステイン残基を含んでいる。

アミノ酸

アミノ酸は 38.71g/100g タンパク質の濃度で存在し、この値は全卵タンパク質の濃度より僅かに 16% ほど低い (Drzewiecki *et al.*, 2003)。キノアタンパク質は FAO の推薦する不可欠アミノ酸のパターンに近い (Prakash and Pal, 1998)。リジンレベル (6.3%) は大豆のレベルと比べる事ができ、一方、他の典型的双子葉種子タンパク質の様にメチオニンは不足している (Ranhorta *et al.*, 1993)。しかしながら、違う結果が制限アミノ酸については報告されている。化学スコアにより芳香族アミノ酸チロシンとフェニアラニンは、制限されるとわかったが、一方メチオニンとシステインの濃度は高い (Ruales and Nair, 1992a)。分画はキノアのアミノ酸組成に影響しないようだ (Chauhan *et al.*, 1992)。

栄養的品質

Ranhorta *et al.*, (1993) は、キノアのアミノ酸の品質を研究した。PER 値 (3.8) と C-PER 値 (2.7) は明らかにカゼインとは異なった。消化率は 84.3% でカゼイン (88.9%) よりも低かった。キノアタンパク質は 75.2 の NPU 値を持ち生物値 (BV) は 82.6 であった (Ruales and Nair, 1992a)。Chauhan *et al.*, (1999) は PER の増加を見出したがサポニン抽出後は BV の変化しないことを見出した。Ruales と Nair (1994) によると、*in vitro* では生のキノアのアミノ酸消化性はカゼインよりも低い。種子層の外側の除去は、そこにサポニンが含まれていて消化率を 7% まで改良した。消化性の増加はまた加熱処理後も見出された。さらに加熱処理は、有害物質 (例えばタンパク質阻害剤) も破壊する。構造変化もまた生じるだろう (例えば脂質—、あるいはデンプン—タンパク質複合体の低減)、それは加熱処理後のキノアタンパク質消化性の改良に関係あろう。しかしながら調理時間を永くすると改良のレベルは低下する。

アレルギーとセリアック病

キノアのアレルギーあるいはセリアック病患者への悪影響については文献上情報がない。

タンパク質の機能性

キノア粉のタンパク質可溶性は pH により、pH6.0 で最も小さく、それはパールミレット中に見られたようである (Oshodi *et al.*, 1999; Ogungbenle 2003)。しかしながら乳化能と安定性は、パールミレット、小麦よりキノアの方がベターであり、一方起泡性はより低いようだ (Oshodi *et al.*, 1999)。

酵素阻害剤

アマランス同様に、トリプシンインヒビター活性はキノアでは低く、加熱処理により不活性化する (Chauhan *et al.*, 1992)。Ruales and Nair (1992b) によると、1.36-5.04TIU/mL サンプルが見出され、それは豆中より低い。

脂質

キノア中の脂質含量は穀物中より高い。平均して 5-6% (表 7.1) の範囲で、しかしある品種ではより高い。例えば Ruales and Nair (1993a) は 9.7% の脂質含量を述べ、Pezybyski *et al.*, (1994) は 7.6% を測定した。脂質含量は外胚乳よりは胚芽中、種子表皮で高い。脂質は不飽和脂肪酸の高含量で特徴づけられ、リノール酸 (linoleic acid) は脂肪酸の 50% 以上と測定される。パルミチン酸は約 20% と測定され、オレイン酸約 8%、リノレン酸 (linolenic acid) 約 6% 以上と続く。不飽和度は 75% 以上 (Przybyski *et al.*, 1994)、あるいは Ando *et al.*, (2002) によると 87% 以上である。高ビタミン E 含量により、キノア脂質は貯蔵に安定であることが判った (Ng *et al.*, 2007)。リン脂質は全脂質の 25.2% を示した (Przybyski *et al.*, 1994)。それらはリゾフォスファチジル—エタノールアミン (リゾセファリン)、フォスファチジル—エタノールアミン、フォスファチジル—イノシトール、フォスファチジル—コリン (レシチン、それは全リン脂質の 49% を占める) である。他のリン脂質は僅かの量検知された。

ミネラル

キノア中のミネラル含量 (灰分) は、ほぼ穀物の 2 倍である (表 7.1)。成長条件はミネラル成分に影響するようである (Karyotis *et al.*, 2003)。Ca, Mg, Fe, Zn は高い量が見出される (Chauhan *et al.*, 1992; Ruales and Nair 1993a; Ando *et al.*, 2002; Kinishi *et al.*,

2004; Ogungbenle, 2003)。キノアはアマランスより高い量の K を含み Ca/P 比は 1:4.1–1:6 である (計算は Souci *et al.*, 2000; Chauhan *et al.*, 1992)。栄養学者は約 1:1.5 (Ca:P) を薦める)。サポニン除去で (機械的にあるいは洗浄で) キノアミネラル含量は大きく低下する (例えば K の 46% は減る) (Ruales and Nair 1993a; Konishi *et al.*, 2004)。

ビタミン

キノア中ビタミン含量は、これまでの穀物に見出されたものに類似している。Ruales and Nair (1993a) はキノア、小麦中でほぼ等量と述べている。キノアは、チアミン (0.4mg/100g)、葉酸 (78.1µg/100g)、ビタミン C (16.4mg/100g) の良い供給源である (Ruales and Nair, 1993a)。アマランスの様に、キノアにはリボフラビン (0.2mg/100g) が穀物以上ある。さらにキノアは、特にビタミン E の良い供給源である (Coulter and Lorenz 1990; Ruales and Nair, 1993a; Souci *et al.*, 2000)、それは油脂の安定性に貢献する。キノア種子には γ-トコフェロール (5.3mg/100g) が α-トコフェロール (2.6mg/100g) の 2 倍多い。Ruales and Nair (1993a) は、0.3mg/100g β-トコトリエノールを測定したが、いかなる α-トコトリエノールも見出せなかった。

植物化学物質

全フェノール化合物

キノア中いろいろなタンニン含量が報告され、その値は 0-500mg/100g の範囲である (Chauhan *et al.*, 1992; Ruales and Nair, 1993b)。この違いは品種と生息地の違いによるものと説明することが出来る。とにかく粒中 500mg/100g のタンニンレベルは、かなり低い。不溶性繊維中全フェルラ酸の含量を考えると、635µg 全フェルラ酸/g 不溶性繊維が報告された (Packert, 1993)。この値はアマランス中のものと同程度である。

フラボノイド

キノア中にあるポリフェノールは、主にケンペロールとケルセチングルコサイドである。2つのフラボノイドグリセロールは種子から分離された (DeSimone *et al.*, 1890)。Zhu *et al.*, (2001) はキノア中に 6 種のフラボノイドを分離し、4 種ケンペロー

ルグルコサイド、2 種ケルセチングルセロールを分離した。全て 6 成分は DPPH 試験で抗酸化活性を示した。2つのケルセチングルコシドは、存在する 4 つのケンペロール 3- グルコサイドよりずっと強い活性を示した。さらに 5 種のフラボノールグルコサイドと 1 つのバニラ酸グルコシルエステルが Dini *et al.*, (2004) により見出された。

抗酸化活性

キノアはアマランスより抗酸化活性が強い (Jung *et al.*, 2006)。

サポニン

キノア (全種子) は、0.03-2.05% 間の苦味サポニンを含む (Ridout *et al.*, 1991; Chauhan *et al.*, 1992; Gee *et al.*, 1993; Ruales and Nair, 1993b; Cuadrado *et al.*, 1995)、しかしこれらの値はまだ大豆のそれに比べると低い。キノア種子中のサポニンは、オレアニン酸と 3 種の他のサポゲノール (hederagenin, phytolaccagenic acid, deoxyphytolaccagenic acid) からなる (Cuadrado *et al.*, 1995; Woldemichael and Wink, 2001)。化学的方法と光学および電子顕微鏡でキノアの果皮細胞中のサポニン体を同定した (Prado *et al.*, 1996)。球形のサポニン体は直径約 6.5µm で、4-5 個の小粒 (直径 2.2µm) が結合している。34% のサポニンは殻中に見出される (Chauhan *et al.*, 1992)。脱殻と洗浄で 72% まで含量は減る (Ruales and Nair 1993b; Gee *et al.*, 1993)。また加工でサポニンは破壊するが、含量の低下は洗浄や脱殻後に見られるほど大きくはない (Gee *et al.*, 1993)。

キノア種子中のサポニン含量を低下させるもう一つのやり方は、所謂甘い (低サポニン種) キノア種の生育によるものである。Mastebroek *et al.*, (2000) はいろいろな種のサポニン含量を調べ、苦い品種の 0.47-1.13% サポニンに比較し、甘い品種では僅か 0.02-0.04% サポニンであることを見出した。Koziol (1991) によると、もしサポニン含量が 0.11% 以下ならばその品種は甘い品種であるといえる。

フィチン酸

キノアは 0.1-1.0% のフィチン酸を含む (Chauhan *et al.*, 1992; Ruales and Nair, 1993b)。Varriano-Marston と De Francisco (1984) は、フィチン酸が

胚に集中していると述べたが、それはリン含有グロブイド介在物がこの組織に観察されたからである。しかしながら Chauhan *et al.*, (1992), Ruales and Nair (1993b) によると、フィチン酸は種子に不均一分布するため、研磨脱皮あるいは水抽出によっても減少しにくい。

粉の製造とその性質

小サイズのため、キノアはふつうは全粒粉にするが、サポニンを洗浄かあるいは研磨脱皮ミルして除去後に行う。異なった化学成分を有するキノア粉フラクションの製造研究は本当に少ない。サポニンは皮に集中しているので、その含量は種子の脱皮により最少にすることができる（例えば；接線研磨脱皮）(Reichert *et al.*, 1986)。Becker and Hanners (1990) は、キノアを石ミルを用いて挽き、種子の33-40%はふすま区分として除けて高研磨力を示した (Becker and Hanners 1990)。しかしながらふすま区分には外胚乳より栄養成分が高含量含まれ、またサポニン量も多かった。研究用ローラーミルが Chauhan *et al.*, (1992) により用いられ、粉区分からふすま区分を分離した。タンパク質-, 脂質-リッチのふすま区分として約40%は除外され、残った約50%はスターチリッチ粉区分となる（主に外胚乳）。キノアからのいろいろな粉区分の製造は、アマランス用と同様の道具で行った（前述部を参照, Nanka, 1998; Schoenlechner, 2001）。

さらに、技術的にローラーミルとプランシフターを結びつけたものを用いて、キノアをデンプンリッチ粉、中間区分、タンパク質リッチセモリナ区分の間で良好な分離ができた。最後に中間区分は、粉区分よりデンプン含量が高い事を示した。Caperuto *et al.*, (2000) は Senior Quadrumat Brabendermill を用いてキノア粉を作った。粒を150g/kg水分のように前調製したブレーキプラスレダクション粉は平均粒子サイズ187.7 μm の粉で最大の収量を得た。図らずも、粉のタンパク質含量は全粒粉で12.5%から粉では3.55%に落ちた。一方、タンパク質はリジンの点では大きくは改良せず、メチオニン、分枝鎖アミノ酸含量の増加がみられた。キノア粉のコーン粉への100g/kgという添加は、グルテンフリースパゲティを3倍に産生するまでの十分なリジン含量の改良があった。

ソバ

炭水化物, デンプン

ソバの全炭水化物含量は67-70%であり (Li and Zhang 2001; Steadman *et al.*, 2001a), そのうち54.5%はデンプンである (Steadman *et al.*, 2001a)。ソバデンプン粒は多角形でしばしば会合している。デンプン粒のサイズはかなり小さく、2-14 μm の粒サイズ分布でその平均直径は6.5 μm である (Acquistucci and Fornal 1997)。ソバデンプンは特徴的な成分区分を示し、そこではアミロースとアミロペクチンの比率が1:1である。この点でソバデンプンは穀物あるいは豆デンプンとは見てくれが違い、高アミロースコーンに似ている。アミロース含量はソバデンプンで46%ほどの高さが Qian *et al.*, 1998 and Soral-Smietana *et al.*, (1984a) に見出され、他の穀物デンプン同様21.1-27.4%の低い値も報告されている (Li *et al.*, 1994; Zheng and Sosulski 1998; Noda *et al.*, 1998; Qian and Kuhn, 1999b, 1999c; Yoshimoto *et al.*, 2004)。Yoshimoto *et al.*, (2004) の研究で、実際のアミロース含量は16-18%であり、見かけのアミロース含量(26-27a%)よりも低い、それはソバアミロペクチン(2.21-2.48%)のヨード親和性が高いためである。

ソバデンプンは多量の長鎖アミロペクチンを含んでいる (Noda *et al.*, 1998; Oroznic 1999; Yoshimoto *et al.*, 2004)。長鎖区分は多く(12-14%重量測定)、しかしアミロースとアミロペクチンの短鎖(分子の基礎に基づく)は小麦、大麦デンプンで測定されるものと類似である (Yoshimoto *et al.*, 2004)。Noda *et al.*, (1998) は、40%以上のアミロペクチンは10-12の重合度を示し、ソバデンプンの平均重量は94900でありこれは他の穀物あるいは擬似穀物から分離されたデンプンよりもモチコーンスターチの値に近いことを示した。デンプンはX線解析典型的タイプ“A”パターンを示し、さらに結晶化度は38.3から51.3%を示す (Qian and Kuhn 1999b; Zheng *et al.*, 1998)。

一般にはソバデンプンは他の穀物デンプンよりも高い糊化温度ピーク、セットバック値を示す (Wei *et al.*, 1995; Zheng *et al.*, 1998), そして根茎デンプンの糊化的性質と類似である (Whisleetal 1984)。高粘度値は超分子グルカン構造で説明され (Praznik *et al.*, 1999), そしてソバデンプンは穀物デンプンよりも高い粒膨潤、ゲル化傾向

を示す (Pomeranz, 1991; Yoshimoto *et al.*, 2004)。Acquistucci and Formal (1997) は、より高い膨潤度は粒中のより弱いがより伸張結合力の大きい結果であることを示し、一方 Qian *et al.*, (1998) は、アミロース脂質複合体の存在が膨潤力と溶解性を制限するように働くことを示した。ソバデンプンの酸や α -アミラーゼ加水分解に対する増加した感受性は、コーンや小麦デンプンよりも大きいソバデンプン粒の大きなアモロフォス域のためである (Qian *et al.*, 1998)。ソバデンプンの水結合能は、109.9% で小麦やコーンデンプンより大きく、ソバデンプン粒の小さなサイズのためと説明される (Qian *et al.*, 1998)。

抵抗デンプン

生のひきわりソバには 73.5-76.0% デンプンを含み、そのうちの 33.5-37.8% は抵抗デンプンである (RS) (Skrabanja and Kreft 1998; Skrabanja *et al.*, 1998), これはソバを低グリセミックインデックス食品にデザインする興味深い材料を意味する。加工は RS の分布に影響する。熱処理 (例えば調理, あるいは 110°C への乾熱) は, RS を 7.4% 減少するが, 一方老化デンプン (RS₃) レベルは沸騰により 4 倍増加する (Skrabanja *et al.*, 1998, 2001)。RS₃ 値のソバでは 3.79% であり, 抵抗デンプン/全デンプンの比率は 6.51% と計算され, それはキノアやアマランスで見られる値より 3 倍以上大きい。これらの結果はソバにはアミロースがより多く含まれることを示す (Mikulikova and Kraic, 2006)。

繊維と D-chiro-insitol (D-チロ-イノシトール)

ソバふすまは、種子膜、胚組織を含み、製粉区分には殆どのタンパク質 (35%), 脂質 (11%), 食物繊維 (15%) の濃縮したものが来る。Bonafaccia *et al.*, (2003b) は、全食物繊維区分がソバ種子の 27.38% であると報告した。水溶性区分は特にふすま中に約 1% レベルで見出され、それはこれまで見出されたよりもより低かった (Steadman *et al.*, 2001a)。ソバふすまは、また fagopyritols (2.6%) の濃縮源であり (不消化オリゴ糖), D-チロ-イノシトールのガラクトシル誘導体であり, 非-インシュリン依存性糖尿病の治療に用いられる (Steadman *et al.*, 2000)。ひきわりソバ中の遊離 D-チロ-イノ

シトールのレベルは、20.7-41.7mg/100g の範囲である (Steadman *et al.*, 2000)。D-チロ-イノシトールは fagopyritols の形で (Horbowicz *et al.*, 1998) 主にソバ胚中に存在する。

タンパク質

貯蔵タンパク質

ソバ種子タンパク質の主な成分は塩可溶グロブリンであり、主に 13S レグミン様タンパク質区分と表される (Aubrecht and Biacs, 1999; Li and Zhang, 2001; Milisavljevic *et al.*, 2004)。マイナーの 8S ビシリン様グロブリンとともに貯蔵グロブリンは全種子タンパク質の 70% に達する (Radovic *et al.*, 1996, 1999)。8S グロブリンは全種子タンパク質の約 7% に相当する。Milisavljevic *et al.*, (2004) によると、8S グロブリンは 13S ソバレグミンよりも生化学的応用に興味深く、それは大部分のソバアレルゲンとして報告されている。明らかにクロス反応は 8S 貯蔵グロブリンには見られなかった。ソバ貯蔵タンパク質の顕著な部分は 2S アルブミン区分 (全タンパク質の 18-32%) であると表明される (Radovic *et al.*, 1999)。グルテリンの寄与は小さく、プロラミンはちがった量の 0 から (Radovic *et al.*, 1999) 1.9% (Aubrecht and Biacs, 2001) あるいは 4.35% (Wei *et al.*, 2003) のタンパク質の範囲である。しかしながら、最近の結果からダツタンソバはこれまでの研究とは対照的である (Guo and Yao, 2006)。アルブミン区分は圧倒的タンパク質区分 (43.8%) で、つづいてグルテリン (14.6%), プロラミン (10.5%), グロブリン (7.82%) である。この不均一性は、研究レポート中の異なる抽出方法を用いたためか、あるいは栽培品種の違いのためと説明される。

アミノ酸

アミノ酸組成は、研究された種子の部位による (Li and Zhang, 2001)。ソバタンパク質は、小麦タンパク質と比較した時、全てのアミノ酸がより高いか類似であるが、それ以外グルタミンとプロリンはより低量である。特に制限アミノ酸リジン含量は小麦粉で見られる量よりも 2.5 倍ほど高い (Aubrecht and Biacs, 2001)。グルタミン酸、続いてアスパラギン酸、アルギニン、リジンは、最も代表的なアミノ酸である。メチオニン、システイン含量は少量なものと

定される。しかしながら制限アミノ酸の異なる分類が報告された。最近, Wei *et al.*, (2003) は, ロイシンを第1制限アミノ酸として同定し, 続いてスレオニン, メチオニン, システイン, フェニルアラニン, チロシンと続く。これらの結果から著者はソバの栄養的価値の見地からソバは主食として用いるのに適当な食材ではないことを示し, 他の穀物粒とのコンビネーションで用いるべきと述べた。

栄養的品質

ソバのアミノ酸組成は十分バランスがとれ, 栄養的にも穀物粒よりも生物価が優れ (Pomeranz and Robbins 1972), 全タンパク質利用の面でもタンパク質値の有用の面でも優れる (Eggum *et al.*, 1980)。真の消化性は, しかしソバは小麦より低い (Eggum *et al.*, 1980)。ソバタンパク質は胆石形成を抑制し, 分離大豆タンパク質よりコレステロールレベルをより強く低下する (Kayashita *et al.*, 1995; Tomotake *et al.*, 2000, 2001)。リジン/アルギニンの比率, およびメチオニン/グリシンの比率は, 植物タンパク質がコレステロール低下効果を決める重要な要因であると十分に受け入れられる点である, しかしメカニズムはまだ十分にわかってはいない (Li and Zhang 2001)。にもかかわらず, コレステロール-低下効果はまたソバの低消化性 (<80%) さらに食物繊維様のものの含量に参与する (Ikeda *et al.*, 1991; Ikeda and Kishida, 1993; Pandya *et al.*, 1996; Kayashita *et al.*, 1997; Skrabanja *et al.*, 2000)。さらにソバタンパク質は, また乳がんを血清エストロジオールを低下しておくらせ, そして細胞増殖を低下し結腸発がんを抑制するようだ (Kayashita *et al.*, 1999; Liu *et al.*, 2001)。

アレルギーとセリアック病

Francischi *et al.*, (1994) は, ソバがセリアック病患者に有毒のプロラミンを含まないことを示した (Francischi *et al.*, 1994)。しかし Radovic *et al.*, (1999) はソバには抗栄養効果があり, たとえプロラミンが検知されなくても感受性ある患者へのアレルギー活性がある事を述べた。測定されたプロラミン含量は, ソバでは 3.8-5.2mg/100g 種子であり, 全ての 100% ソバの製品は十分グルテンフリー製品のリミット以下である (Aubrecht and Biacs, 2001) (10mg/100g 乾物, Codex Alimentarius Commission, 2000)。ソバは韓国,

日本で一般の食品アレルギーとして認められているが, しかし北アメリカではそうではない (Park *et al.*, 2000; Taylor and Hefle 2001; Tanaka *et al.*, 2002)。

ソバは, IgE を介した typeI 免疫反応に参与する食品アレルギーの高度の可能性のあることが知られている。Asthma (喘息), アレルギー鼻炎, 蕁麻疹, 欠陥浮腫は, 主な生じる症状である (Li and Zhang, 2001)。もし患者がソバ特異的 IgE 抗体レベル 1.26kUA/L, あるいはそれ以上持っている, ソバのほんの少量の摂取または吸入があるとアレルギー反応の危険性は既に存在する (Sohjin *et al.*, 2003)。Bush and Hefle (1996) は, 分子量 9-40kDa の範囲の 4 つの糖タンパク質の IgE- 結合バンドを見出した。1 つの 24kDa タンパク質は, ソバ中の主なアレルギーと同定された (Kondo *et al.*, 1996)。同じ 24kDa タンパク質が, 最近ダツタンソバ種子から分離された (Wang *et al.*, 2004)。もう 1 つ別の研究で, 24, 19, 16, および 9kDa のアレルギーがアレルギー誘発性の強い候補として同定され, 19kDa アレルギーはソバアレルギー患者への相対的特異的アレルギーとして同定された (Park *et al.*, 2000)。分子量 67-70kDa のアレルギーはすでに同定された (Li and Zhang, 2001)。一方, ソバと大豆粉アレルギーは 2 軸エクストルージョンクッキングを用いて高度の剪断力によって部分的に破壊された (Hayakawa *et al.*, 1996)。

酵素活性

幾つかの研究が, リポキシゲナーゼ, パーオキシダーゼの様な酵素活性 (Suzuki *et al.*, 2004b, 2006) を示し, あるいはフラボノール-3-グルコシダーゼ (Suzuki *et al.*, 2002, 2004a) の酵素活性がソバ粉の悪化について重要な役割を演じている事を示した。in vitro リポキシゲナーゼ活性に対するルチンの阻害効果が, Suzuki *et al.*, (2005) によって観察された。ソバはフィチン酸を含むのみならず, 2.17PU/g のフィターゼ活性 (PU) を示した。最適のソバフィターゼ活性条件は, pH5.0, 55°C である (Egli *et al.*, 2003)。

脂質

ソバの脂質は胚に集中しており, そこでふすまは最も脂質-リッチの製粉区分である。ソバ粒中で全脂質含量は 2.48% (乾物重量) で, そのうち遊離脂質は 2.41%, 結合脂質は 1.09% である。ソバ

表 7.2 全フェノール酸含量 (アルカリ, 酸加水分解後の総計)

濃度 (mg/kg mm, 全粒)	ライ麦粉	小麦粉	大麦粉	ソバ挽き割り
乾物	90	89.7	90.3	90.9
Caffeic acid	10 ± 2.0	37 ± 1.4	1.7 ± 0.13	85 ± 8.7
Ferulic acid	860 ± 71	890 ± 40	250 ± 32	12 ± 0.69
Sinapic acid	120 ± 12	63 ± 3.6	11 ± 1.7	21 ± 1.0
Protocatechuic acid	9.4 ± 1.6	nd	1.6 ± 0.15	nd
Vanillic acid	22 ± 2.8	15 ± 0.83	7.1 ± 0.83	5.3 ± 0.32
p-Coumaric acid	41 ± 2.8	37 ± 1.2	40 ± 4.9	15 ± 0.89
p-Hydroxybenzoic acid	6.8 ± 0.87	7.4 ± 0.06	3.1 ± 0.53	110 ± 14
Syringic acid	6.7 ± 0.33	13 ± 0.007	5.0 ± 0.33	nd
Ferulic acid dehydrodimers	290 ± 25	280 ± 16	130 ± 13	nd
Total	1366	1342	450	248

From Matilla *et al.* (2005).

粒中の遊離脂質の糖脂質とリン脂質は僅か 1.01 と 0.47% 各々である (Soral-Smietana *et al.*, 1984b)。トリアシルグリセライドは中性脂質区分の主要成分である。リノレン酸, オレイン酸, パルミチン酸は全脂肪酸の 88% に相当する (Mazza, 1988; Horbowicz and Obendorf, 1992)。典型的に 80% 不飽和脂肪酸と, 40% 以上の多価不飽和脂肪酸リノール酸を持つソバは栄養的には穀物粒より優れている (Steadman *et al.*, 2001a)。類似の脂肪酸組成はアマランス油, 綿実油に見られる (Jahaniaval *et al.*, 2000)。

植物ステロールは全ソバ穀粒を通じ偏在する (Li and Zhang, 2001)。胚と内胚乳組織中, 最も多いステロールは β -sitosterol であり, 全ステロールの 70% である。脂質抽出後の脱穀されたひきわり (グロート) 中のステロール含量は, 約 70mg/100g 種子が β -sitosterol, 9.5mg/100g が campesterol で, そして僅かのシグマステロールである (Horbowicz and Obendorf, 1992)。

ミネラル

ソバ粒子中のミネラル (灰分) 含量は小麦より低い (表 7.1)。しかしながらカルシウム除いてソバは, 米, ソルガム (モロコシ), ミレット (ヒエ), コーンのような多くの穀物よりも栄養的には重要なミネラルの供給源である (Adeyeye and Ajewole, 1992)。Bonafaccia *et al.*, (2003a) は, Se, Zn, Fe, Co, Ni の元素が一般ソバと比べてダットンソバ栽培種の方に 2-, 3- 倍高い含量であることを報告した。全体的にミネラルは, ふすまに殆ど集中しているを見出された。P, K, Mg の濃度は殻の除去後増加し, 一方, Ca と Zn は殻中に蓄積しているようだ (Steadman *et al.*, 2001b)。

ソバ種子中での Se 含量を増加させる試みが行われた ;8.5 倍の増加が葉面 Se 施肥後に観察された (セレン酸ナトリウムが 1mg/L) (Stibilj *et al.*, 2004)。

ビタミン

幾つかの穀物粒製品のビタミン含量が最近研究された (Gujaska and Kuncewicz, 2005)。結果, ソバひきわり (グロート) の全葉酸含量 (30 μ g/100g) は, ライ粉 (29 μ g/100g), 大麦ひきわり (グロート) (21 μ g/100g) あるいは小麦粉 (19-20 μ g/100g) より高かった。ビタミン B₂, B₆ は, ソバ種子に存在する (Fabjan *et al.*, 2003)。全ビタミン B 含量はダットンソバではふつうソバより高く, 一般にはビタミン B がふすまに最も多い。さらにダットンソバふすまは約 6% のピリドキシンの 1 日当たりの治療用量を含むが, それは (葉酸とビタミン B₁₂ とともに) 血漿ホモシステインレベルの低下と, さらに冠動脈形成術後の再狭窄率の低下に効果がある (Krkoskova and Mrazova, 2005)。Watanabe *et al.*, (1998) は, 分子量 (分子マス) 42-45kDa をもつチアミン結合タンパク質を分離した。これは摂取後, この複合体はプロテアーゼで分解し, チアミンを離し, 加工食品の残存に寄与する。

植物化学物質

フェノール

全フェノール酸は, はじめアルカリ, 次に酸水解を用いて求めた (表 7.2) (Matilla *et al.*, 2005)。全フェルラ酸含量 (湿質量に基づいて) は低い (1.2mg/100g), しかし p-hydroxybenzoic acid (11.0mg/100g) caffeic acid (8.5mg/100g) 含量は他の

穀物生産物に比べ高い。最近の研究で、ソバ殻中および粉の全フェノール酸含量は夫々 30-15mg/100g 範囲であるとわかった (Gallardo *et al.*, 2006)。さらに p-coumaric acid と安息香酸の誘導体のほんの僅かがソバ製粉区分中で測定された。

ポリフェノール

一般にポリフェノールは殆どふすまに集中しており、一方、粉とグリットにはほんの少量しか含まれない。ふすま区分は、タンニンの高濃度(0.4g/100g 非凝縮タンニン, 1.7g/100g 凝縮タンニン) と他のポリフェノール (全ポリフェノール; 1.2g カテキン等量 /100g) から成る。明らかにふすまから殻区分を除去をすると、凝縮タンニンの4倍低下が起こる (Steadman *et al.*, 2001b)。ソバのホールミール区分中の全フラボノイドの含量は 2.42g/100g (湿集合) であった (Liu and Zhu 2007)。殻には 1.53g/100g 含み、一方 7.16g/100g は砕いた胚、ふすま、アリューロン層、殻の一部を含む区分中に見出された。主なフラボノイドの分子量はルチンの分子量に合致する。ダツタンソバは、フラボノイドが多く、7g/100g まで含まれている (Gu, 1999)。ルチン、ケルセチン、オリエンチン、ピテキシン、イソピテキシン、さらにイソオリエンチンは殻中に同定され、ルチン、イソピテキシンが種子中に同定された (Dietrych-Szostak and Oleszek, 1999; Kreft *et al.*, 1999; Gallardo *et al.*, 2006)。さらに Watanabe (1998) は脱殻したグロートからカテキンを分離した。フラボノールグルコサイドルチン、ケルセチン、kaempferol-3-rutinoside、および僅かの量のフラボノイドトリグルコサイドがメタノール抽出物から分離された (Tian *et al.*, 2002)。

ルチンはフラボノールケルセチンのラムノグルコシドであるが、特別に関心があるのは、多くの国々で医学用目的で用いられているからである。ルチンとフラボノイド量の異なった値が報告されている。Steadman *et al.*, (2001b) は、ルチンとケルセチンをグロート (20mg/100g) 中より主に殻中 (80-440mg/100g) で調べた。これらの値は最近の 14 ソバ品種の研究とは対象的であり、そこでは非常に低含量のルチン (0.064-0.390mg/100g) が報告されている (Suzuki *et al.*, 2005)。比較研究が行われ、普通ソバよりダツタンソバの2種でルチン

(810-1660mg/100g)、ケルセチン (47-90mg/100g) のより高い量が見出された (Fabjan *et al.*, 2003)。しかしながらダツタン、ふつうソバの殻中にルチンの類似量を Steadman *et al.*, (2001b) は報告している。ダツタンソバ種子の苦みは、これらのフラボノイドによるものと述べられている (Fabjan *et al.*, 2003)。これらはさらにフラボノール-3-グルコシダーゼの分離で指示され、これはルチンを加水分解し、ダツタンソバの苦みを引き起こした (Suzuki *et al.*, 2004a)。興味あることに、Mattila *et al.*, (2005) は 4.1 ± 0.41mg/100g アルケニルレゾルシノールをソバグリット (全粒) に見出した。ソバ中の含量は小麦粉中のものと同じで、アルケニルレゾルシノールの存在はこのユニークな収穫に特別の価値を与える。この成分はオート麦製品にも米、ミレット、コーン粉にも存在しない。

抗酸化活性と健康上の利益

ソバ殻から分離されたフェノール成分 (Velioglu *et al.*, 1998) とフラボノイド (Watanabe *et al.*, 1997; Watanabe 1998; Sensoy *et al.*, 2006) は抗酸化活性を有する。Oomah and Mazza (1996) はフラボノイド含量がルチンと大きく関係があるが、しかし抗酸化活性とは弱い関係であることを示した。最近 Gallardo *et al.*, (2006) は、ソバ粉の水 /80% メタノール抽出液中に 4.5, 4.4 全可溶性フェノール酸 (mg/100g) を見出した。これらの含量は僅か小麦あるいはライ麦ふすま抽出物の 1/7 であり、ソバ区分のトロロックス等価抗酸化能 (TEAC) は小麦ふすま抽出物の 1.7-2 倍であり、ライ麦ふすま抽出物の TEAC の 15 倍である。Sun and Ho (2005) は、butylated hydroxyanisole, butylated hydroxytoluene, および tertiary butylhydroquinone で抽出したソバ抽出物の抗酸化活性を、β-カロテンブリーチング法、2,2-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH) 法、および Rancimat 法を用いて比較した。ソバはいろいろな極性のある溶剤で抽出した。メタノール抽出は、β-カロテンブリーチング法で行った最も高い抗酸化活性比 (AAC) を示した、一方 Rancimat 法を用いて最も永い誘導時間が観察された。アセトン抽出物は、最も高い全フェノール類の 3.4 ± 0.1g カテキン等量 /100g を示し、DPPH 法により最も高いスクヤベンジグ活性を示した。gallic acid 等量と

して示す TPC は、ロースト (200°C, 10 分間) がダークそば粉 (1047mg/100g) あるいは白ソバ粉 (180mg/100g) のフェノール含量に顕著な影響しない事を示し、一方抗酸化活性 (DPPH) は低下する事を示した。

フィチン酸

ソバ種子は一般に豆や穀粒以上の高いフィチン酸を持ち、しかしながら粉中身のフィチン酸含量は、非常に小麦粉のそれに似ている (Steadman *et al.*, 2001b)。フィチン酸含量は殻を除去したふすま中に最も高い (3.5-3.8g/100g)。ソバでは 60-90% のリンがフィチン酸として蓄えられる。

粉の生産とその性質

ソバ種子の製粉区分は、生の穀粒をローラーミルにかけ、粒を篩にかけ軽い粒 (主には中間部の内胚乳) とグリスト (内胚乳の固いボール) とふすま区分にするか、あるいはインパクト脱殻装置を通じて殻除去を行い、出来たひきわり (groat) をローラーミルにかけて生じた粒を篩にかけ粉とふすま区分に分けて得られる (Steadman *et al.*, 2001a)。ソバ種子の区分への製粉は、存在する組織のいろいろな比率に基づいてある区分の濃縮が起こる。精製した粉は殆ど内胚乳でデンプンに富み、一方ふすまは種子膜、胚区分からなりデンプンの量は低い (Skrabanja *et al.*, 2004; Steadman *et al.*, 2001a)。ふすまは、外胚乳 (種皮とともに)、核の残骸、それとともにアリュールロン層、サブアリュールロン層を含む。成熟したソバ種子中、2つのコチレドン (子葉) の外側は種子膜に付着していて、製粉の間、ひきちぎられ、ふすまとともに分離される。中心内胚乳から胚の大きな区分はふすまとともに分離され、しかし多少のソフトな胚組織はつぶれ、粉とともに分離される (Steadman, *et al.*, 2001a)。湿製粉の応用で、79, 64% のデンプンとタンパク質の抽出効率で各々が得られた (Zheng *et al.*, 1998)。ソバふすまは最も栄養的には価値がある製粉区分であり、高度にタンパク質 (350g/kg)、脂質 (110g/kg)、食物繊維 (150g/kg)、ファゴピリトール (26kg/kg) が集中している (Steadman *et al.*, 2000)。デンプン以外、タンパク質もソバ製品テクスチャの特徴に関係する主要な内部要因である (Ikeda *et al.*, 1997)。デンプンとタン

パク質含量の間の適当な比率選択は、特に各そば製品の製造、デザイン上重要な点である。

擬似穀物をベースにしたグルテンフリー穀物製品の生産と特徴

世界中に広がる擬似穀物を使ったグルテンフリー食品製品 (例えばパン、パスタ、クッキー) の探索が、市販の web accessible Productscan® Online Database (www.productscan.com) を使って出来る。このデータベースを使ってキノアに基づくグルテンフリー製品を見つけることは出来ない。アマランスを使った9種のグルテンフリーパン製品は北アメリカにあり、僅か3種のソバを使ったグルテンフリークッキーはヨーロッパでリスト化されている。これら3種の擬似穀物のうち、どんなものもグルテンフリーパスタに使ったものはない。殆どの研究者は擬似穀物を小麦とブレンドしてパスタあるいはパン製造を研究した。小麦ドウに含まれるレベルは、典型的には10-20%である。アマランスを用いたグルテンフリーパン製造が可能であり、アマランスの存在は栄養成分の増加 (タンパク質、繊維、微量成分の増加) が最終製品に示される (Gambus *et al.*, 2002)。Kishini *et al.*, (2007)は、アマランスベースのグルテンフリーパンを作り、そこでは鉄が強化された。グルテンフリーパンで8.5%そば粉入れたものが Moore *et al.*, (2004)により作られたが、しかしパンは貯蔵2日目に苦みがあった。Di Cagno *et al.*, (2004)は、サワードウパンの製造を目的としたがそのパンはセリアック病患者によって許容されるものである。この研究の結果、選択された乳酸菌、非毒性粉、長時間発酵の組み合わせがグルテンフリー成分 (例えば小麦デンプンあるいはオート) 中グルテンのコンタミレベルを低下する新しい手段であることを示した。グルテンフリーパスタが100%擬似穀物粉、アマランス、キノア、あるいはソバ粉のブレンドで研究された (Drausinger 1999; Wolfrum, 1999; Schoenlechner 2001; Jurackova, 2005)。

アルブミン、乳化剤、酵素、時にキサンタンの添加は、100%擬似穀物粉で作ったヌードルの品質を増加した。アマランスはヌードル製造には最も適しておらず、最終製品はクッキング時間、許容性の低下とともに堅さの弱いテクスチャが特徴であった。キノアヌードルは良好な凝集体であった

が、しかしより高いクッキングロスと味の低下があった。ソバはテクスチャの固さを増やし、クッキングロスを減らし、そのためヌードルのテクスチャを強めるベストのグルテンフリー材料に選ばれる。興味深いことに、3種のすべての擬似穀物粉のコンビネーションは、単一粉を用いたときのネガティブの効果を最低にするという最も長所があるようだ。ヌードルの結果、ずっと良く凝集し、良いテクスチャの固さとクッキングロスの低下を示す。さらに調理安定性は大きく増加する。乳化剤添加は、グルテンフリーのキノアパスタの品質を改良した。DATEM と sodium stearoyl-2-lactate は最も適したもので、一方レシチン添加は貧弱だけの改良効果を示す (Kovacs *et al.*, 2004)。Caperuto *et al.*, (2000) は、グルテンフリースパゲティ製造の研究をし、コーン粉とキノア粉区分 (5-15%) をブレンドし良好なスコアを消費者パネルから引き出した。グルテンフリーマカロニは、キノアと米粉のブレンドをエクストルージョンクッキングすることで良好なものが作られた (Borges *et al.*, 2003; Ramirez *et al.*, 2003)。

ビスケットドウと製品は、キノアとソバを唯一のデンプン成分として用いることで成功した (Kuhn *et al.*, 1994)。Schober *et al.*, (2003) は 10% ソバ粉, 50% 玄米粉, 30% ポテトデンプン, 10% ヒエフレークを使ってビスケット製品の製造研究した。出来たビスケットは構造, ドウの柔らかさ, ビスケットの厚さの点で非均一であった。さらにビスケットは、暗い表面の色と同様、水分と aw の点で高い値を示した。米ケーキマシーンを使って、ソバグリットのケーキパフリング製造条件の物理的、化学的性質が Im *et al.*, (2003) により調べられた。その結果、高比容積のケーキを得るために、高水分、高加熱温度、あるいは長い加熱時間が必要であった。どんな小麦粉も入れないで、ふつう、およびダツタンソバで作られる受けられるビスケット製造について Vombergar and Gostencnik (2005) が述べてきた。

Schoenlechner *et al.*, (2006) は、アマランス、キノア、あるいはソバでショートドウビスケットを作り、一般の豆粉添加の効果と同様に研究した。豆粉を入れるとビスケット全てクリスプネスは増加したが、擬似穀物利用とは関わりなかった。一部アマランス粉をポップしたアマランス粉に置き換えると、出来たビスケットのテクスチャの性質は増加し

た。グラノラバー、およびミューズリーの良好な食感改良は、ポップした、あるいはエクストルーダしたアマランス、キノアを用いて作ることが出来た (Wesche-Ebeling *et al.*, 1996; Schoenlechner, 1997)。ポップしたアマランスとハネーで出来た類似の加工品、allegria と呼ばれるものは、コロンブス時代以前のラテンアメリカ人により作られた。最後に擬似穀物から作る非伝統的なグルテンフリー製品には範囲があり、それは乳製品以外の飲料 (大豆飲料の様なもの)、幼児食、エクストルーダあるいはポップした食品、およびこれらの擬似穀物から作れるトリテラのようなものである。しかしながらヨーロッパマーケットでのこれらの製品の重要性はこれまでは取るに足りないものであった。

結論

アマランス、キノア、ソバの好ましい化学的成分析は、この章で示された。この点でアマランス、キノアの特別のタンパク質品質が指摘され、一方ソバではユニークな植物化学の濃縮、特にルチンが示された。しかしながらアマランス、キノアは永く食品生産、栄養の面で、主に小麦のために無視されて来たので、現在の知識はいまだ非常に制限がある。特にベーカリー、パスタの様な西欧タイプの食品に、擬似穀物に基づく、あるいはそれを含む食品製品の利用がほんの僅かしかないのがこの1つの理由である。より多くの食品が開発されるために、これらの3種の植物についての物理化学的および機能的性質に関して益々のより完全な研究が進まねばならない。

これら全ての擬似穀物は、いかなるセリアック病に対するプロラミンも含まず、グルテンフリー食事に含まれる。しかしながら利用できる研究データ (特にキノアに関する) は、これら3つの植物がセリアック病をもつ全ての人々にとり許容できるかどうか未だはっきり言える十分な状態ではない。更なる研究 (例えば; 動物あるいは臨床研究) が詳細な推奨事項を与えるためには必要である。セリアック病はしばしば吸収不良を起こし、そのためビタミンあるいはミネラル欠乏に陥り、そのためこれらをより重要な高品質の栄養素とする。アマランス、キノア、ソバが高度の栄養を持つもので、それらの統合はグルテンフリー食品に価値ある貢献することとなる。

References

- Abreu, M., Hernandez, M., Castillo, A., Gonzalez, I., Gonzales, J., and Brito, O. (1994). *Die Nahrung* **38**: 82-86.
- Abugoch, L. E., Martínez, E. N., and Añón, M. C. (2003). *J. Agric. Food Chem.* **51**: 4060-4065.
- Acquistucci, R. and Fornal, J. (1997). *Food/Nahrung* **41**: 281-284.
- Adeyeye, A., and Ajewole, K. (1992). *Food Chem.* **44**: 41-44.
- Ahamed, N. T., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., and Pal, M. (1996). *Carbohydr. Polym.* **31**: 99-103.
- Ando, H., Chen, Y. C., Tang, H., Shimizu, M., Watanabe, K., and Mitsunga, T. (2002). *Food Sci. Technol. Res.* **8**: 80-84.
- Aphalo, P., Castellani, O. F., Martinez, E. N., and Anon, M. C. (2004). *J. Agric. Food Chem.* **52**: 616-622.
- Atwell, W. A., Patrick, B. M., Johnson, L. A., and Glass, R. W. (1983). *Cereal Chem.* **60**: 9-11.
- Aubrecht, E. and Biacs, P. Á. (1999). *Acta Aliment.* **28**: 261-268.
- Aubrecht, E. and Biacs, P. Á. (2001). *Acta Aliment.* **30**: 71-80.
- Avanza, M. V., Puppo, M. C., and Anon, M. C. (2005). *Food Hydrocolloids* **19**: 889-898.
- Ayorinde, F. O., Ologunde, M. O., Nana, E. Y. et al.: (1989). *J. Am. Oil Chem. Soc. JAOCS* **66**: 1812-1814.
- Baker, L. A and Rayas-Duarte, P. (1998). *Cereal Chem.* **75**: 301-307.
- Backer, R. (1994). *Amaranth-Biology, Chemistry, and Technology*. London: CRC Press, pp.133-142.
- Becker, R. and Hanner, G. D. (1990). *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* **23**: 441-444.
- Becker, R., Wheeler, E. L., Lorenz, K. et al. (1981). *J. Food Sci.* **46**: 1175-1180.
- Becker, R., Irving, D. W., and Saunders, R.M. (1986). *Food Sci. Technol.* **19**: 372-374.
- Bejosano, F. P. and Corke, H. (1998). *J. Sci. Food Agric.* **76**: 100-106.
- Bejosano, F. P. and Corke, H. (1999). Sixth Symposium on Renewable Resources for the Chemical Industry, 23-25 March, 1999 Bonn, p.53.
- Berganza, B. E., Moran, A. W., Rodriguez, M. G., Coto, N. M., Santamaria, M., and Bressani, R. (2003). *Plant Foods Human Nutr.* **58**: 1-6.
- Berger, A., Monnard, I., Dionisi, F., Gumy, D., Hayes, K. C., and Lambelet, P. (2003). *Food Chem.* **81**: 119-124.
- Betschart, A. A., Wood Irving, D., Shepherd, A. D., and Saunders, R. M. (1981). *J. Food Sci.* **46**: 1181-1187.
- Bonafaccia, G., Gambelli, L., Fabjan, N., and Kreft, I. (2003a). *Food Chem.* **80**: 1-5.
- Bonafaccia, G., Marocchini, M., and Kreft, I. (2003b). *Food Chem.* **80**: 9-15.
- Borges, J. T. da S., Ramirez-Ascheri, J. L., Ramirez-Ascheri, D., Euzebio-do-Nascimento, R., and Silva-Freitas, A. (2003). *Bol. Centro Pesquisa Process. Aliment.* **21**: 303-322.
- Bossert, J. and Wahl, R. (2000). *Allergologie* **23**: 448-454.
- Breene, W. M. (1991). *Cereal Foods World* **36**: 426-430.
- Bressani, R. (1994). *Amaranth- Biology, Chemistry, and Technology*. London: CRC Press, pp.185-206.
- Bressani, R., Elias, I. G., and Garcia-Soto, A. (1989). *Plant Foods Hum. Nutr.* **39**: 223-234.
- Bressani, R., Velásquez, L., and Acevedo, E. (1990). *Amaranth News* **1**: 5-8.
- Brinegar, C. (1997). *Adv. Exp. Med. Biol.* **415**: 109-115.
- Brinegar, C. and Goundan, S. (1993). *J. Agric. Food Chem.* **41**: 182-185.
- Bruni, R., Guerrini, A., Scalia, S., Romagnoli, C., and Sacchetti, G. (2002). *Phytochem. Anal.* **13**: 257-261.
- Bucaro Segunra, M. E. and Bressani, R. (2002). *Arch. Latinoamericanos Nutr.* **52**: 167-171.
- Budin, J. T., Breene, W. M., and Putnam, D. H. (1996). *J. Am. Oil Chem. Soc. JAOCS* **73**: 475-481.
- Bunzel, M., Ralph, J., and Steinhart, H. (2005). *Mol. Nutr. Food Res.* **49**: 551-559.
- Bush, R. K. and Hefle, S. L. (1996). *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **36**: S119-S163.
- Calzetta-Resio, A., Aguerre, R. J., and Suarez, C. (1999). *J. Food Eng.* **42**: 51-57.
- Calzetta-Resio, T. N., Tolaba, M. P., and Suarez, C. (2000). *Food Sci. Technol. Int.* **6**: 371-378.
- Caperuto, L. C., Amaya-Farfan, J., and Camargo, C. R. O. (2000). *J. Sci. Food Agric.* **81**: 95-101.
- Chaturvedi, A., Sarojini, G., and Devi, N. L. (1993). *Plant Foods Hum. Nutr.* **44**: 63-70.
- Chauhan, G. S., Eskin, N. A. M., and Tkachuk, R. (1992). *Cereal Chem.*, **69**: 85-88.
- Chauhan, G. S., Eskin, N. A. M., and Mills, P. A. (1999). *J. Food Sci. Technol.* **36**: 123-126.
- Codex Alimentarius Commission (2000). CX/NFSDN 00/4, March 2000, pp. 1-4.
- Correa, A. D., Jokl, L., and Carlsson, R. (1986). *Arch. Latinoam.* **36**: 466-476.
- Coulter, L. and Lorenz, K. (1990). *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* **23**: 203-207.
- Cuadrado, C., Ayet, G., Burbano, C. et al. (1995). *J. Sci. Food Agric.* **67**: 169-172.
- Czerwinski, J., Bartnikowska, E., Leontowicz, H. et al. (2004). *J. Nutr. Biochem.* **15**: 622-629.
- Dahlim, K. M. and Lorenz, K. (1993). *Food Chem.* **48**: 13-18.
- De Simone, F., Dini, A., Pizza, C., Saturnino, P., and Schettino, O. (1990). *Phytochemistry* **29**: 3690-3692.
- Di Cagno, R., Angelis, M. D., Auricchio, S. et al. (2004). *Appl. Environ. Microbiol.* **70**: 1088-1096.
- Dietrych-Szostak, D. and Oleszek, W. (1999). *J. Agric. Food Chem.* **47**: 4384-4387.
- Dini, I., Tenore, G. C., and Dini, A. (2004). *Food Chem.* **84**: 163-168.
- Dobos, G. (1992). PhD thesis, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.
- Dodok, L., Modhir, A. A., Halasova, G., Polacek, I., and Hozova, B. (1994). *Die Nahrung* **38**: 378-381.

- Drausinger, J. (1999). Diplomarbeit, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.
- Drzewiecki, J., Delgado-Licon, E., Haruenkit, R. et al. (2003). *J. Agric. Food Chem.* **51**: 7798-7804.
- Eggum, B. O., Kreft, I., and Javornik, B. (1980). *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.* **30**: 175-179.
- Egli, I., Davidsson, L., Juillerat, M.-A., Barclay, D., and Hurrell, R. (2003). *J. Food Sci.* **68**: 1855-1859.
- Escudero, N. L., De Arellano, M. L., Luco, J. M., Giménez, M. S. and Mucciarelli, S. I. (2004). *Plant Foods Hum. Nutr.* **59**: 15-21.
- Fabian, N., Rode, J., Košir, I. J., Wang, Z., Zhang, Z., and Kreft, I. (2003). *J. Agric. Food Chem.* **51**: 6452-6455.
- Fadel, J. G., Pond, W. G., Harrold, R. L., Calvert, C. C., and Lewis, B. A. (1996). *Can. J. Anim. Sci.* **76**: 253-257.
- FAOSTAT 2006: FAO Statistics Division (2006). <http://faostat.fao.org/>, updated: January 9 2007.
- Fidantsi, A. and Doxastakis, G. (2001). *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **21**: 119-124.
- Francischi, M. L. P., de, Salgado, J. M., and Leitao, R. F. F. (1994). *Plant Foods Hum. Nutr.* **46**: 323-329.
- Gallardo, C., Jiménez, L., and García-Conesa, M.-T. (2006). *Food Chem.* **99**: 4585-463.
- Gambus, H., Gambus, F., and Sabat, R. (2002). *Zywnosc* **9**: 99-112.
- Gamel, T. H., Linssen, J. P., Alink, G. M., Mossallem, A. S., and Shekib, L. A. (2004). *J. Sci. Food Agric.* **84**: 1153-1158.
- Gamel, T. H., Linssen, J. P., Mesallem, A. S., Damir, A. A., and Shekib, L. A. (2005). *J. Sci. Food Agric.* **85**: 315-327.
- Gamel, T. H., Linssen, J. P., Mesallem, A. S., Damir, A. A., and Shekib, L. A. (2006a). *J. Sci. Food Agric.* **86**: 82-89.
- Gamel, T. H., Linssen, J. P., Mesallem, A. S., Damir, A. A., and Shekib, L. A. (2006b). *J. Sci. Food Agric.* **86**: 1095-1102.
- Gee, J. M., Price, K. R., Ridout, C. L., Wortley, G. M., Hurrell, R. F., and Johnson, I. T. (1993). *J. Sci. Food Agric.* **63**: 201-209.
- Gonzalez, J. A., Roldan, A., Gallardo, M., Escudero, T., and Prado, F. E. (1989). *Plant Foods Hum. Nutr.* **39**: 331-337.
- Gonzalez, R., Carrara, C., Tosi, E., Anon, M. C., and Pilosof, A. (2007). *Food Sci. Technol.* **40**: 136-143.
- Gorinstein, S., Jaramillo, N. O., Medina, O. J., Rogrigues, W. A., Tosello, G. A., and Paredes-Lopez, O. (1999). *J. Protein Chem.* **18**: 687-693.
- Gorinstein, S., Delgado-Licon, E., Pawelzik, E., Permady, H. H., Weisz, M., and Trakhtenberg, S. (2001). *J. Agric. Food Chem.* **49**: 5595-5601.
- Gorinstein, S., Pawelzik, E., Delgado-Licon, E., Haruenkit, R., Weisz, M., and Trakhtenberg, S. (2002). *J. Sci. Food Agric.* **82**: 886-891.
- Gorinstein, S., Pawelzik, E., Delgado-Licon, E. et al. (2004). *Int. J. Food Sci. Technol.* **39**: 183-189.
- Gorinstein, S., Drzewiecki, J., Delgado-Licon, E. et al. (2005). *Eur. Food Res. Technol.* **221**: 69-77.
- Grajeta, H. (1999). *Die Nahrung* **43**: 114-117.
- Gross, R., Koch, F., Malaga, I., De Miranda, A. F., Schoeneberger, H., and Trugo, L. C. (1989). *Food Chem.* **34**: 25-34
- Gu, Y. (1999). *Cereal Feed Indust.* **7**: 19-26.
- Gujaska, E. and Kuncewicz, A. (2005). *Eur. Food Res. Technol.* **221**: 208-213.
- Guo, X. and Yao, H. (2006). *Food Chem.* **98**: 90-94.
- Guzman-Maldonado, H. and Parades-Lopez, O. (1994). *Process Biochem.* **29**: 289-293.
- Hayakawa, I., Linko, Y. Y., and Linko, P. (1996). *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* **29**: 395-403.
- He, H. P., Cai, Y., Sun, M., and Corke, H. (2002). *J. Agric. Food Chem.* **50**: 368-372.
- Hibi, M., Hachimura, S., Hashizume, S., Obata, T., and Kaminogawa, S. (2003). *Cytotechnology*, **43**: 33-40.
- Hirano, S. and Konishi, Y. (2003). *J. Jap. Soc. Nutr. Food Sci.* **56**: 283-289.
- Horbowicz, M. and Obendorf, R. L. (1992). *J. Agric. Food Chem.* **40**: 745-750.
- <http://www.productscan.com>, update: December **20**: 2006.
- Horbowicz, M., Brenac, P., and Obendorf, R. L. (1998). *Planta* **205**: 1-11.
- Hunjai, C., Wansoo, K., and Malshik, S. (2004). *Starch/Staerke* **56**: 469-477.
- Ikeda, K. and Kishida, M. (1993). *Fagopyrum* **13**: 21-24.
- Ikeda, K., Sakaguchi, T., Kusano, T., and Yasumoto, K. (1991). *Cereal Chem.* **68**: 424-427.
- Ikeda, K., Kishida, M., Kreft, I., and Yasumoto, K. (1997). *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **43**: 101-111.
- Im, J.-S., Huff, H. E., and Hsieh, F.-H. (2003). *J. Agric. Food Chem.* **51**: 659-666.
- Jahaniaval, F., Kakuda, Y., and Marcone, M. F. (2000). *J. Am. Oil Chem. Soc.* **77**: 847-852.
- Jung, K., Richter, J., Kabrodt, K., Luecke, I. M., Schellenberg, I., and Herrling, Th. (2006). *Spectrochim. Acta Part A* **63**: 846-850.
- Jurackova, K. (2005). PhD thesis, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.
- Karyotis, T. H., Iliadis, C., Noulas, C., and Mitsibonas, T. H. (2003). *J. Agronomy Crop Sci.* **189**: 402-408.
- Kayashita, J., Shimaoka, I., and Nakajuh, M. (1995). *Nutr. Res.* **15**: 691-698.
- Kayashita, J., Shimaoka, I., Nakajoh, M., Yamazaki, M., and Kato, N. (1997). *J. Nutr.* **127**: 1395-1400.
- Kayashita, J., Shimaoka, I., Nakajoh, M., Kishida, N., and Kato, N. (1999). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **63**: 1837-1839.
- Kim, H. K., Kim, M. J., Cho, H. Y., Kim, E. K., and Shin, D. H. (2006). *Cell Biochem. Funct.* **24**: 195-199.
- Kiskini, A., Argiri, K., Kalogeropoulos, M. et al. (2007). *Food Chem.* **102**: 309-316.
- Klimczak, I., Malecka, M., and Pacholek, B. (2002). *Nahrung/Food* **46**: 184-186.
- Kondo, Y., Urisu, A., Wada, E. et al. (1996). *Jap. J. Allergol.* **42**: 142-148.
- Konishi, Y., Hirano, S., Tsuboi, H., and Wada, M. (2004). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **68**: 231-234.
- Kovacs, E. T., Maraz-Szabo, L., and Varga, J. (2001). *Acta Aliment.* **30**: 173-187.
- Kovacs, E. T., Schoenlechner, R., and Berghofer, E. (2004). *Tecnica-Molitoria* **55**: 159-169.
- Koziol, M. J. (1991). *J. Sci. Food Agric.* **54**: 211-219.

- Kreft, S., Knapp, M., and Kreft, I. (1999). *J. Agric. Food Chem.* **47**: 4649-4652.
- Krkošková, B. and Mrázová, Z. (2005). *Food Res. Int.* **38**: 561-568.
- Kuhn, M., Noll, B., and Goetz, H. (1994). *Getreide, Mehl Brot* **48**: 56-59.
- Lara, N. and Ruales, J. (2002). *J. Sci. Food Agric.* **82**: 797-805.
- Lehmann, J. W., Putnam, D. H., and Qureshi, A. A. (1994). *Lipids* **29**: 177-181.
- Leon- Camacho, M., Garcia-Gonzalez, D. L., and Aparicio, R. (2001). *Eur. Food Res. Technol.* **213**: 349-355.
- Li, S. and Zhang, Q. H. (2001). *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **41**: 451-464.
- Li, W., Lin, R., and Corke, H. (1997). *Cereal Chem.* **74**: 79-82.
- Lindeboom, N., Chang, P. R., Falk, K. C., and Tyler, R. T. (2005a). *Cereal Chem.* **82**: 216-222.
- Lindeboom, N., Chang, P. R., Tyler, R. T., and Chibbar, R. N. (2005b). *Cereal Chem.* **82**: 246-250.
- Liu, B. and Zhu, Y. (2007). *J. Food Eng.* **78**: 584-587.
- Liu, Z., Ishikawa, W., Huang, X. et al. (2001). *J. Nutr.* **131**: 1850-1853.
- Lorenz, K. (1990). *Starch/Staerke* **42**: 81-86.
- Lyon, C. K. and Becker, R. (1987). *J. Am. Oil Chem. Soc.* **64**: 233-236.
- Marcone, M. F. (1999). *Food Chem.* **65**: 533-554.
- Marcone, M. F. and Kakuda, Y. (1999). *Nahrung/Food* **43**: 368-373.
- Marcone, M. F., Beniac, D. R., Harauz, G., and Yada, R. Y. (1994). *J. Agric. Food Chem.* **42**: 2675-2678.
- Martinez, E. N., Castellani, O. F., and Anon, M. C. (1997). *J. Agric. Food Chem.* **45**: 3832-3839.
- Mastebroek, H. D., Limburg, H., Gilles, T., and Marvin, H. J. P. (2000). *J. Sci. Food Agric.* **80**: 152-156.
- Mattila, P., Pihlava, J.-M., and Hellström, J. (2005). *J. Agric. Food Chem.* **53**: 8290-8295.
- Matus, J., Bartok, T., Morocz-Salomon, K., and Bona, L. (2000a). *Cereal Res. Commun.* **28**: 263-270.
- Matus, J., Poka, R., Boldizsar, I., Szerdahelyi, E., and Hajos, G. (2000b). *Cereal Res. Commun.* **28**: 433-442.
- Mazza, G. (1988). *Cereal Chem.* **62**: 27-47.
- Mikulikova, D. and Kraic, J. (2006). *J. Food Nutr. Res.* **45**: 69-76.
- Milislavljević, M. D., Timotijević, G. S., Radović, R. S., Brkljačić, Konstantinovic, M. M., and Maksimović, V. R. (2004). *J. Agric. Food Chem.* **52**: 5258-5262.
- Moore, M. M., Schober, T. J., Dockery, P., and Arendt, E. K. (2004). *Cereal Chem.* **81**: 567-575.
- Morales de León Josefina, M. C., Bourges, H., and Camacho, E. (2005). *Arch. Latinoamericanos Nutr.* **55**: 172-186.
- Muchova, Z., Cukova, L., and Mucha, R. (2000). *RostlinnaVyroba* **46**: 331-336.
- Nanka, G. (1998). Herstellung und Charakterisierung von Mahlprodukten aus Pseudocerealien. Diplomarbeit, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.
- Ng, S. C., Anderson, A., Coker, J., and Ondrus, M. (2007). *Food Chem.* **101**: 185-192.
- Noda, T., Takahata, Y., Sato, T. et al. (1998). *Carbohydr. Polym.* **37**: 153-158.
- Ogungbenle, H. N. (2003). *Int. J. Food Sci. Nutr.* **54**: 153-158.
- Oleszek, W., Junkuszew, M., and Stochmal, A. (1999). *J. Agric. Food Chem.* **47**: 3685-3687.
- Oomah, B. D. and Mazza, G. (1996). *J. Agric. Food Chem.* **44**: 1746-1750.
- Opute, F. I. (1979). *J. Exp. Bot.* **30**: 601-606.
- Oshodi, A. A., Ogungbenle, H. N., and Oladimeji, M. O. (1999). *Int. J. Food Sci. Nutr.* **50**: 325-331.
- Packert, M. (1993). Analytik und Bedeutung gebundener aromatischer Carbonsäuren der Nahrungsfaser aus Getreide und anderer Nutzpflanzen. PhD thesis, University of Hamburg.
- Pandya, M. J., Smith, D. A., Yrwood, A., Gilroy, J., and Richardson, M. (1996). *Phytochemistry* **43**: 327-331.
- Paredes-Lopez, O., Schevenin, M. L., Hernandez-Lopez, D., and Carabez-Trejo, A. (1989). *Starch/Staerke* **41**: 205-207.
- Paredes-Lopez, O., Bello-Perez, L. A., and Lopez, M. G. (2004). *Food Chem.* **50**: 411-417.
- Park, J. W., Kang, D. B., Kim, C. W. et al. (2000). *Allergy* **55**: 1035-1041.
- Pederson, B., Kalinowski, L. S., and Eggum, B. O. (1987). *Plant Foods Hum. Nutr.* **36**: 309-324.
- Perez, E., Bahanassey, Y. A., and Breene, W. M. (1993). *Starch/Staerke* **45**: 215-220.
- Pomeranz, Y. and Robbins, G. S. (1972). *J. Agric. Food Chem.* **20**: 270-274.
- Pomeranz, Y. (1991). Carbohydrates: starch. In: Pomeranz, Y. ed. Functional Properties of Food Components. New York: Academic Press, pp. 24-78.
- Prado, F. E., Gallardo, M., and Gonzales, J. A. (1996). *Biocell* **20**: 259-264.
- Prakash, D. and Pal, M. (1998). *Int. J. Food Sci. Nutr.* **49**: 271-275.
- Praznik, W., Mundigler, N., Kogler, A., Pelzl, B., and Huber, A. (1999). *Starch/Staerke* **51**: 187-211.
- Prego, I., Maldonado, S., and Otegui, M. (1998). Seed structure and localization of reserves in Chenopodium quinoa. *Ann. Bot.* **82**: 481-488.
- Przybylski, R., Chauhan, G. S., and Eskin, N. A. M. (1994). *Food Chem.* **51**: 187-192.
- Qian, J. Y. and Kuhn, M. (1999a). *Starch/Staerke* **51**: 116-120.
- Qian, J. Y. and Kuhn, M. (1999b). *Starch/Staerke* **51**: 81-85.
- Qian, J. Y. and Kuhn, M. (1999c). *Eur. Food Res. Technol.* **209**: 277-280.
- Qian, J. Y., Rayas-Duarte, P., and Grant, L. (1998). *Cereal Chem.* **75**: 365-373.

- Qureshi, A. A., Lehmann, J. W., and Peterson, D. M. (1996). *J. Nutr.* **126**: 1972-1978.
- Radović, R. S., Maksimović, R. V., and Varkonji, I. E., (1996). *J. Agric. Food Chem.* **44**: 972-974.
- Radović, R. S., Maksimović, R. V., Brkljačić, M.J., Varkonji, I. E., and Savić, A. P. (1999). *J. Agric. Food Chem.* **47**: 1467-1470.
- Ramirez Ascheri, J. L., Silva Borges, J. T. da, Euzebio do Nascimento, R., and Ramirez Ascheri, D. P. (2003). *Alimentaria* **342**: 71-75.
- Ranhorta, G. S., Gelroth, J. A., Glaser, B. K., Lorenz, K. J., and Johnson, D. L. (1993). *Cereal Chem.* **70**: 303-305.
- Reichert, R. D., Tanarynovich, J. T., and Tyler, R. T. (1986). *Cereal Chem.* **63**: 471-475.
- Ridout, C. L., Price, K. R., DuPont, M. S., Parker, M. L., and Fenwick, G. R. (1991). *J. Sci. Food Agric.* **54**: 165-176.
- Ruales, J. and Nair, B. M. (1992a). *Plant Foods Hum. Nutr.* **42**: 1-11.
- Ruales, J. and Nair, B. M. (1992b) *Arch. Latinoamericanos Nutr.* **42**: 232-241.
- Ruales, J. and Nair, B. M. (1993a) *Food Chem.* **48**: 131-136.
- Ruales, J. and Nair, B. M. (1993b) *Food Chem.* **48**: 137-143.
- Ruales, J. and Nair, B. M. (1994) *Plant Foods Hum. Nutr.* **45**: 223-246.
- Salcedo-Chavez, B., Osuna-Castro, J. A., Guevara-Lara, F., Dominguez-Dominguez, J., and Paredes-Lopez, O. (2002). *J. Agric. Food Chem.* **50**: 6515-6520.
- Sanchez-Marroquin, A., Domingo, M. V., Maya, S., and Saldana, C. (1985a). *J. Food Sci.* **50**: 789-794.
- Sanchez-Marroquin, A., Maya, S., and Domingo, M.V. (1985b). *Arch. Latinoamericanos Nutr.* **35**: 621-630.
- Sanchez-Marroquin, A., Del Valle, F. R., Escobedo, M., Avitia, R., Maya, S., and Vega, M. (1986). *J. Food Sci.* **51**: 1231-1234.
- Saunders, R. M. and Becker, R. (1984). *Adv. Cereal Sci. Technol.* **6**: 357-396.
- Schober, T. J., O'Brien, C. M., McCharthy, D., Darnedde, A., and Arendt, E. K. (2003). *Eur. Food Res. Technol.* **216**: 369-376.
- Schoenlechner, R. (1997). Enntwicklung und Charakterisierung von ConvenienceProdukten aus Amaranth und Quinoa. Diplomarbeit, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.
- Schoenlechner, R. (2001). Investigation of the processing aspects of the pseudocereals amaranth and quinoa. PhD thesis, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.
- Schoenlechner, R. Linsberger, G., Kaczyk, L., and Berghofer, E. (2006). *Ernaehrung/Nutrition* **30**: 101-107.
- Scilingo, A. A., Molina-Ortiz, S. E., Martinez, E. N., and Anon, M. C. (2002). *Food Res. Int.* **35**: 855-862.
- Segura-Nieto, M., Barba de la Rosa, A. P., and Paredes-López, O. (1994). *Amaranth-Biology, Chemistry, and Technology*. London: CRC Press, pp. 75-101.
- Segura-Nieto, M., Shewry, P. R., and Paredes-Lopez, O. (1999). *Seed Proteins*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 453-475.
- Sensoy, I., Rosen, R. T., Ho, C.-T., and Karwe, M. V. (2006). *Food Chem.* **99**: 388-393.
- Shin, D. H., Heo, H. J., Lee, Y. J., and Kim, H. K. (2004). *Br. J. Biomed. Sci.* **61**: 11-14.
- Silva-Sanchez, C., González-Castaneda, J., De León Rodriguez, A., and Barba de la Rosa, A. P. (2004). *Plant Foods Hum. Nutr.* **59**: 169-174.
- Sinagawa-García, S. R., Rascón-Cruz, Q., Valdez-Ortiz, A., Medina-Godoy, S., EscobarGutiérrez, A., and Paredes-López, O. (2004). *J. Agric. Food Chem.* **52**: 2709-2714.
- Singhal, R. S. and Kulkarni, P. R. (1990). *Starch/Staerke* **42**: 5-7.
- Skrabanja, V. and Kreft, I. (1998). *J. Agric. Food Chem.* **46**: 2020-2023.
- Skrabanja, V., Laerke, H. N., and Kreft, I. (1998). *J. Cereal Sci.* **28**: 209-214.
- Skrabanja, V., Nygaard, L. H., and Kreft, I. (2000). *Pflug. Arch. Eur. J. Physiol.* **440** (Suppl. 5): R129-R131.
- Skrabanja, V., Liljeberg, E. H. G. M., Kreft, I., and Björck, I. M. E. (2001). *J. Agric. Food Chem.* **49**: 490-496.
- Skrabanja, V., Kreft, I., Golob, T. et al. (2004). *Cereal Chem.* **81**: 172-176.
- Sohn, M. H., Lee, S. Y., and Kim, K.-E. (2003). *Allergy* **58**: 1308-1310.
- Soral-Šmietana, M., Fornal, Ł., and Fornal, J. (1984a). *Starch/Stärke* **36**: 153-158.
- Soral-Šmietana, M., Fornal, Ł., and Fornal, J. (1984b). *Die Nahrung* **28**: 438-492.
- Souci, S. W., Fachmann, W., and Kraut, H. (2000). Food Composition and Nutrition Tables. Stuttgart: Wissenschaft Verlags, Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Schuster, R. L., Lewis, B. A., Edwarson, S. E., and Obendorf, R. L. (2000). *J. Agric. Food Chem.* **48**: 2843-2847.
- Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Lewis, B. A., Edwardson, S. E., and Obendorf, R. L. (2001a). *J. Cereal Sci.* **33**: 271-278.
- Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Lewis, B. A., Edwardson, S. E., and Obendorf, R. L. (2001b). *J. Sci. Food Agric.* **81**: 1049-1100.
- Stibilj, V., Kreft, I., Smrkolj, P., and Osvald, J. (2004). *Eur. Food Res. Technol.* **219**: 142-144.
- Stone, L. A., and Lorenz, K. (1984). *Starch/Staerke* **36**: 232-237.
- Sun, T. and Ho, C.-T. (2005). *Food Chem.* **90**: 743-749.
- Suzuki, T., Honda, Y., Funatsuki, W., and Nakatsuka, K. (2002). *Plant Sci.* **163**: 417-423.
- Suzuki, T., Honda, Y., Funatsuki, W., and Nakatsuka, K. (2004a). *J. Sci. Food Agric.* **84**: 1691-1694.
- Suzuki, T., Honda, Y., and Mukasa, Y. (2004b). *J. Agric. Food Chem.* **52**: 7407-7411.
- Suzuki, T., Honda, Y., Mukasa, Y. and Kim, S.-J. (2005). *J. Agric. Food Chem.* **53**: 8400-8405.
- Suzuki, T., Honda, Y., Mukasa, Y. and Kim, S.-J. (2006). *Phytochemistry* **67**: 219-224.
- Tanaka, K., Matsumoto, K., Akasawa, A. et al. (2002). *Int. Arch. Allergy Immunol.* **129**: 49-56.
- Tang, H., Watanabe, K., and Mitsunaga, T. (2002). *Carbohydr. Polym.* **49**: 13-22.

- Tari, T. A., Annappure, U. S., Singhal, R. S., and Kulkarni, P. R. (2003). *Carbohydr. Polym.* **53**: 45-51.
- Taylor, S. L. and Hefle, S. L. (2001). *Food Technol.* **55**: 68-83.
- Tian, Q., Li, D., and Patil, B. S. (2002). *Phytochem. Anal.* **13**: 251-256.
- Tomotake, H., Shimaoka, I., Kayashita, J., Yokoyama, F., Nakajoh, M., and Kato, N. (2000). *J. Nutr.* **130**: 1670-1674.
- Tomotake, H., Shimaoka, I., Kayashita, J., Yokoyama, F., Nakajoh, M., and Kato, N. (2001). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **65**: 1412-1414.
- Tosi, E. A., Ré, E. D., Lucero, H., and Masciarelli, R. (2001). *Food Chem.* **73**: 441-443.
- Tosi, E. A., Ré, E. D., Masciarelli, R., Sanchez, H., Osella, C., and de la Torre, M. A. (2002). *Lebensm. -Wiss. U.-Technol.* **35**: 472-475.
- Tovar, L. R., Brito, E., Takahashi, T., Miyazawa, T., Soriano, J., and Fujimoto, K. (1989). *Plant Foods Hum. Nutr.* **39**: 299-309.
- Trautwein, E. A., Van Leeuwen, A., and Ebersdobler, H. F. (1997). *Proceedings of the 2nd Workshop, COST 916*, Goeteborg, Sweden, pp. 79-81.
- Varriano-Marston, E. and DeFrancisco, A. (1984). *Food Microstructure* **3**: 165-173.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., and Oomah, B. D. (1998). *J. Agric. Food Chem.* **46**: 4113-4117.
- Vombergar, B. and Gostenčnik, D. (2005). *Acta agric. Slovenia* **85**: 397-409.
- Wang, Z., Zhang, Z., Zhao, Z., Wieslander, G., Norbäck, D., and Kreft, I. (2004). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **68**: 1409-1413.
- Watanabe, M. (1998). *J. Agric. Food Chem.* **46**: 839-845.
- Watanabe, M., Ohshita, Y., and Tsushida, T. (1997). *J. Agric. Food Chem.* **45**: 1039-1044.
- Watanabe, K., Shimizu, M., Adachi, T., Yoshida, T., and Mitsunaga, T. (1998). *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **44**: 323-328.
- Watanabe, K., Ibuki, A., Chen, Y. C., Kawamura, Y., and Mitsunaga, T. (2003). *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* **50**: 546-549.
- Wei, Y.-M., Zhang, G.-Q., and Li, Z.-X. (1995). *Nahrung/Food* **39**: 48-54.
- Wei, Y.-M., Hu, X.-Z., Zhang, G.-Q., and Ouyang, S.-H. (2003). *Nahrung/Food* **47**: 114-116.
- Wesche-Ebeling, P., Argaiz-Jamet, A., Teutli-Olvera, B., Guerra-Beltrán, J. A., and López-Malo, A. (1996). *Institute of Food Technologists Annual Meeting: Abstracts*, P. 51.
- Whistle, R. L., BeMiller, J. N., and Paschall, E. F. (1984). *Starch: Chemistry and Technology*. New York: Academic Press, p. 301.
- Wilhelm, E., Aberle, T., Burchard, W., and Landers, R. (2002). *Biomacromolecules* **3**: 17-26.
- Woldemichael, G. M. and Wink, M. (2001). *J. Agric. Food Chem.* **49**: 2327-2332.
- Wolfrum, V. (1999). *Herstellung von glutenfreien Teigwaren aus Amaranth und Quinoa*. Diplomarbeit, University of Vienna, Vienna, Austria.
- Wright, K. H., Huber, K. C., Fairbanks, D. J., and Huber, C. S. (2002). *Cereal Chem.* **79**: 715-719.
- Yanez, E., Zacarias, I., Granger, D., Vasquez, M., and Estevez, A. M. (1994). *Arch. Latinoamericanos Nutr.* **44**: 57-62.
- Yoshimoto, Y., Egashira, T., Hanashiro, I., Ohinata, H., Takase, Y., and Takada, Y. (2004). *Cereal Chem.* **81**: 515-520.
- Zheng, G. H. and Sosulski, F. W. (1998). *J. Food Sci.* **63**: 134-139.
- Zheng, G. H. and Sosulski, F. W., and Tyler, R. T. (1998). *Food Res. Int.* **30**: 493-502.
- Zhu, N., Sheng, S., Li, D., Lavoie, E. J., Karwe, M. V., Rosen, R. T., and Ho, C. T. (2001). *J. Food Lipids* **8**: 37-41.