

# グルテンフリー食品用の各種素材 (1)

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 神戸女子大学 (日本穀物科学研究会会長)

Key Words : グルテンフリー ベーカリー 小麦 セリアック病

## 要約

本論文「グルテンフリー食品用の各種素材 (1)」は、海外のグルテンフリー食品のための素材の現状について解説したものである。具体的には、米国の穀物科学者、Jeff Casper と Bill Atwell によって書かれた本 (“Gluten-Free Baked Products” 2014 by AACC International, Inc. 3340 Pilot Knob Road St. Paul, Minnesota 55121, U.S.A.) の一部 (“The Gluten-Free Ingredients”) を翻訳し紹介するものである。ここでは、マルトデキストリン、コーン、アワ、オートムギ、米、モロコシ、テフ、擬似穀物 (アマランス、ソバ、キノア) を述べる。

## グルテンフリー食品用の各種素材

グルテンフリーベーカリー食品の製造用仕込みは、まずグルテンフリー穀物粉、デンプン、ハイドロコロイド、タンパク質からなる合成粉をつくり、小麦粉で作るベーカリー食品と同様のものを製造することを目標とする。グルテンフリーの素材メーカーは新マーケット開発を目的とし、それが時にその素材が栄養的欠損があっても、多くのグルテンフリー食品に見られるような貧弱な嗜好性であっても、意欲的に売り込もうとしている。しかし食品関連雑誌、ベーカリー関連雑誌にグルテンフリー素材に関する多くの論文、記事が増えていることから、ここでは栄養的改善が非常に進んでいることが感じられる。

ここではグルテンフリー合成粉の一般的な素材の性質とその栄養的プロフィールをレビューする。さらに次論文では、素材中に隠れているグルテンを各メーカーが理解する必要性を示

し、本当に使われるべき素材の理解と、さらに最終食品中のグルテンフリー確認のためのグルテン試験のプロトコールを示す。さらに素材がグルテンフリーであっても、供給チェーンの中でグルテンのコンタミの可能性に関心を持ち続けることが大切である。

## グルテンフリー穀物と種子

穀物、擬似穀物、マメ、ナッツ、オイルシードは全て種子であり、これらは植物のもつ再生手段である<sup>1)</sup>。新しい生長には、栄養素、微量栄養素が必要である。これらの栄養素は人間にも利用され、食物中の主要栄養源となる。グルテンフリーベーカリー食品として有用な種子、ナッツ類の殆どは、本質的にはグルテンフリーである。種子成分はいろいろであり、各色調、フレーバーを持ち、小麦ベースのベーカリー食品と比べて違いは大きい。グルテンフリー食品成分のどれ一つとっても、小麦と同じようなテ

クスター、機能性を持つものはない。穀物という言葉は、一般に grass family (イネ科の植物) の品種 (Poaceae あるいは Gramineae) の種、属に使われ、さらに擬似穀物に使われるが、そこから legumes(マメ科植物) や tree nuts (木の実) は除外される<sup>2)</sup>。これらの多くの穀物、例えば米、トウモロコシ等は世界中のカロリー源となり、その内、注目されるもの小麦は地球規模の食物として栽培される唯一の穀物である。多くのグルテンフリー穀物、擬似穀物、種子等は、グルテンと類似の機能をもつものではないが、何れもエネルギー源と健康維持に必要である。

多くのグルテンフリー穀物、擬似穀物、種子類は、バイタリティ、健康維持に必要な栄養分を与えてくれる。

### 粉体のまま、さらにそのデンプン

多くのグルテンフリー穀物、擬似穀物、オイルシード、イモ類をそのまま粉に挽くか、あるいはデンプン分離の操作を行なう。デンプンは湿式製粉法で全粒から分離され、かなりきれいなデンプン材が得られる。この純度では殆どフレーバーもなく、色も白あるいは僅かに黄色がかった白色を示す。多くのグルテンフリー材料から調製されたデンプンは、最終食品栄養分濃度を薄め、繊維量を減らすため、長期間、健康にむすびつけるグルテンフリー食品としては悪い印象を与えるだろう。グルテンフリーの仕込みには、普通は米、コーンデンプンが、イモデンプンとしてタピオカ、ポテトデンプンが用いられる。

ベーキング中、デンプンにはクラム構造をセットする第一の役割がある。グルテンフリー食品の仕込み中、いろいろな粉とデンプンのブレンドの際、ガスー保持成分のバランスが必要で、そのため適当な糊化、ペースト化、老化を示すことが必要である。表 3-1、3-2 に、普通の穀物粉の性質、各デンプンの性質のサマリーを示した。

加工デンプンもグルテンフリー食品の仕込みに用いることができる。最も一般的なデンプンの加工処理とは、糊化前の水和による早急の粘り増加が目的である。“加工した=modified”という印は、U. S. Food and Drug Administration (FDA) が化学修飾したものだけに付けた印で、糊化前のデンプンには必要ない、糊化前は物理変化である。これらのことは AACC hand book starch<sup>11)</sup> に述べられている。加工デンプンには、酸性化、酸化、架橋化、置換タイプがあり、さらに機能性に特異性を出すため糊化前に処理するものもある。

### マルトデキストリン

マルトデキストリンはデンプンを加水分解したグルコースポリマーである。それはデキストリンとも言われ、重合度 (DP) によって特徴づけられ、DP とはポリマー当たりグルコースの平均数を示す。市販のマルトデキストリンはデキストロース当量 (DE) に基づいて販売されており、全てグルコース (100%) とした時の、マルトデキストロース中の還元糖の % で測定するものである。DE はまた 100/DP でも計算される。より高い DE を持つマルトデキストリンは DP はより低い。18-22 の DE 値範囲内という高い値で、グルテンフリーパンにはうまく用いられており、ベーキング容積を増加させ、さらにデンプンの老化をおそくさせシェルフラフを改良した<sup>12)</sup>。低 DE 値を持つマルトデキストリンはパン容積を高める効果を持つが、それはクラム品質を低下させる。マルトデキストリンによるパン容積を高める効果は、ドウ中のマルトデキストリンによる水結合力の結果と考えられ、さらにパン中のデンプンの膨化とセットする温度が上昇するためと考えられている。

### コーン

コーン、*Zea mays*, はアメリカ起源の植物であり、広い高収穫能のために栽培され、食品、飼料用に用いられ、高付加価値材料 (value-added materials) として用いられている。アメリカに

表 3.1 小麦粉と比較したグルテンフリー粉の典型的成分<sup>a</sup>

成分	水分含量 (%)	灰分 (%)	脂質 (%)	タンパク質 (%)	炭水化物 (%)	全食物繊維 (%)	デンプン (%)	kcal/100g
小麦, バテント, 精製	11.9	0.5	1.0	10.3	73.6	2.7	73.3	364
小麦, 全粒粉	10.7	1.6	2.5	13.2	61.3	10.7	57.8	340
アマランス	11.3	2.9	7.0	13.6	58.6	6.7	48-62 <sup>b</sup>	371
そば	9.8	2.1	3.4	13.3	61.5	10.0	61.4	343
トウモロコシ	9.8	0.5	1.4	5.6	80.9	1.9	80.2	375
トウモロコシ, 白	10.5	1.2	3.5	8.0	66.8	10.0	66.2	333
アワ	10.7	1.2	4.3	10.8	73.1	3.5	56-65 <sup>d</sup>	373
オート麦, 一部脱ふすま	8.6	2.0	9.1	14.7	59.2	6.5	58.4	404
ジャガイモ <sup>e</sup>	6.5	3.7	0.3	6.9	79.1	5.9	73.7	357
キノア	13.3	2.4	6.1	14.1	57.2	7.1	52.2	368
米, 茶色	12.0	1.5	2.8	7.2	71.9	4.6	71.0	363
米, 白	11.9	0.6	1.4	6.0	77.7	2.4	77.6	366
モロコシ, 脱殻	10.1	1.3	3.3	7.9	70.9	6.6	69.0	361
テフ	8.8	2.4	2.4	13.3	65.1	8.0	36.6	367

参考文献: a<sup>9)</sup>, b<sup>4)</sup>, c<sup>10)</sup>, d<sup>7)</sup>, e データーはデンプンではなくジャガイモの粉

表 3.2 小麦デンプンと比較したグルテンフリー粉殻のデンプン組成<sup>a</sup>

粉	アミロース (% デンプン)	アミロペクチン (% デンプン)	糊化温度範囲 (°C)	粒直径 (µm)	粒形
小麦	25	75	58-64	1-45	球, レンズ
アマランス	7	93	69-91 <sup>b</sup>	1-3	多角形
そば	50	50	61-80 <sup>c</sup>	2-14	多角形 <sup>d</sup>
トウモロコシ (dent)					
Dent	25	75	62-80	5-30	球, 多角形
Waxy	< 1	> 99	63-72	5-30	球, 多角形
High-amylose	55-80	20-45	140-160	5-30	球, 多角形
アワ (パール)	20-22	78-80	61-68 <sup>c</sup>	4-12	球, 多角形
オート麦	19	81	55-65	7-10	多種, 多面形, 不定形
ジャガイモ	20	80	58-65	15-100	卵形, 球
キノア	11	89	57-61	< 1-2.5	多種, 多角形
米,					
長粒, 全茶色	23-26	70-80	71-74	3-8	多種多角形, 単純多面形
長粒, 白	23-26	70-80	71-74	3-8	多種多角形, 単純多面体
短粒, 白	18-20	80-82	65-67	3-8	多種多角形, 単純多面体
モロコシ	24	76	68.5-75	16-20	球, 多角形
タピオカ	17	83	52-65	5-35	不完全卵形
テフ	28	72	68-74	< 1-2	多種粒, 多面形

参考文献: a<sup>3)</sup>, b<sup>4)</sup>, c<sup>5)</sup>, d<sup>6)</sup>, e<sup>7)</sup>, f<sup>8)</sup>

小麦がくる前に、コーン、トリテイラ、あるいはコーンポリジの用なグルテンフリー食品が土着の人々により食べられていた。現在はコーンは世界中の人々によって用いられ、栄養の20%以上を供給している。

幾つかのタイプのコーンが存在している。

・デントコーン (*Z. mays* var. *indenate*) は、フィールドコーン (飼料用コーン) としても知られているが、コーンデンプン、他の工業用コーンの生産に用いられている。粒にはデンプン成

分を含む場所があり、ギザギザだとか凹みとかある。

- ・フリントコーン (*Z. mays* var. *indurata*) は、インデアンコーンとしても知られ、デントコーンと同じ目的で用いられている。フリントコーンは堅い外皮が内部と分けていて、粒には白、黄色の色がある。
- ・スウィートコーン (*Z. mays* convar. *Saccharata* var. *rugosa*) は、デント、フリントあるいは他のコーンの品種と比べ、名前からわかるように高レベルの糖を含む。糖は、収穫後、素早くデンプンにかわるので、加工業者は収穫後直ちにフリーズし、消費者の望むような糖レベルにする。
- ・フラワーコーン (*Z. mays* var. *amylacea*) は、柔らかいテクスチュアの穀質をもち、高デンプン含量のため製粉しやすい。高デンプン含量でベーカリー食品に対して都合が良いが、このコーンは一般的でない。

全粒コーンは、グルテンフリー消費者に対し幾つかの重要な栄養素を与える。高ビタミンA含量、抗酸化剤、カロチノイド（例えばルテイン、ゼアキサンチン）である。コーンは“ニクスタマライズ”したものが一般的である。“ニクスタマライズ”とは、コーンをアルカリ溶液中に浸け、その後ドラマチックに粒中のナイアシンをバイオアクセシビリティ面で増加させること。さらにこのプロセスは粒中で増えるカビ毒、マイコトキシン除去にも有効である。“ニクスタマライズ粒”は“ニクスタマル”と呼ばれている。“ニクスタマル”を粉にしたものを“マサ”と呼ぶ。“マサ”はU. S. Department of Agricultureによって全粒のことといわれているが、“マサ”の栄養プロフィールは全粒コーンのものと類似している<sup>13)</sup>。

グルテンフリーベーカリー仕込みには、コーンはミール用、フラワー用、あるいはデンプン用と分けられている。ミール用には、粒子の最も荒い (coarsest) ものがアメリカンスタイルのコーンパンやマッフィンに使われ、クラムに

僅かな“ざらつき”が期待される。より細かい粒子のコーンフラワーは、滑らかなテクスチュアのクラムが望まれるときに用いられる。コーンは黄色の色合いでインパクトを与え、そのまま用いられるが、もし黄色が望ましくないなら白色のコーンを用いることもできる。コーンデンプンは、より細かいテクスチュアのベーキング食品で、しかも白色の組織を与える。多くのタイプのコーンデンプンは、いろいろなコーン品種からえられる。ワキシコーンデンプンは、低糊化温度を与え、柔らかいゲルテクスチュアを与えるが、一方、高アミロースコーンはグルテンフリーベーカリー食品に、より堅いクラムを与える。コーンデンプンは、また加工して特異的な機能も与える。

コーンツエインは、コーングルテンとしても知られているが、タンパク質をさがしている化学者に取って興味深いものであり、それは小麦グルテンと類似の粘弾性機能を示すからである。加工して修飾したツエインは、そのベーキング機能を強く示した。コーンツエインの表面の脂質を除去するとツエインドウの粘弾性を増加させることができたと報告がある<sup>14)</sup>。

## アワ, Millet

アワは、異なったグルテンフリー穀物で幾つかの属からなるファミリー（科）で、小さな丸い直径2 - 3mmの種子で、サイズ、形はマスタードあるいはコリエンダー種子に似ている。4種のアワ属は地球上どこでも生育する：

- ・ Pearl millet (*Pennisetum glaucum*),
- ・ Foxtail millet (*Setaria italica*),
- ・ Proso millet はまた common millet (*Panicum miliaceum*) として知られ、そのアワは最も広範に米国で作られている<sup>15)</sup>、そして
- ・ Finger millet (*Eleusine coracana*)

アワは、一般に乾燥した暖かい条件下で成長し、はじめにインド、アフリカ、中国で見出された。あるアワは米国でも育つが、広域には栽培はされていない。粒は堅い皮で包まれ、食品に使われる前に除去されねばならな

い。全てのアワは高レベルのフェノール成分をもっていて、抗酸化性活性<sup>16)</sup>を示す。アワはまた、ミネラルが多く、葉酸、チアミン、ナイアシン、リボフラビン、パントテン酸、ピリドキシン（ビタミンB<sub>6</sub>）を含んでいる。アワで興味深いのは、その栄養価とアグロノミックス的意味である。さらに低水分要求性と成長時期が短いことである。

アワは、グルテンフリーへの応用に全粒粉として用いられることがあり、ブレンドにそのままの種子が用いられる。粉は、軽くクリーミーで黄色く、味がないが、ベーキングしたものやパスタに少々ナッツの甘いフレーバーを与える。機能的には、アワ粉は比較的low水分であるが、アマランス、キノアに比べ、ベーカリー食品を作るときはより高タンパク質のため高吸水性を与える。

### オート麦

オート麦, *Avena sativa*, は寒冷地作物であり、温暖地作物の生育困難な地域で育つ。米国、ミネソタ、ノースダコタの北部州が主要地域である。カナダも食料、飼料用オート麦の主要生産地である。食料、飼料前に、外皮、殻を可食部から、あるいはひきわり (groat) から分離せねばならない。除去した後、高脂肪含量による悪臭だす酵素の失活のさせるため groat はしばしば釜に入れられる。高脂質含量はほぼ小麦の3倍である。

オート麦がセリアック病気に安全かどうかという問題は、数十年間議論されてきた。オート麦中の貯蔵タンパク質は *avenin* として知られているが、このアベニン感受性の人の問題があるが、それらのうちのある人はセリアック病であろう<sup>17)</sup>。しかし多くの化学的研究から、いつも食べてる適量のオート麦なら、セリアック病患者（大人）には安全であると言われている<sup>17)</sup>。もう1つの研究では、新たにセリアック病と診断された子供がオート麦ベースの穀物を食べても、6ヶ月の試験期間では安全であった<sup>18)</sup>。多くの権威者の結論している真実は、

小麦、ライ麦、大麦がオート麦へのコンタミがその原因だろうと言うことだ。こうしてセリアック病を持つ人は、たしかにグルテンフリーオート麦食品のみ取るべきだが、もし変な効果があれば使用を中止すべきだ。

オート麦は、セリアック病患者に多くの重要な栄養素を与えてくれ、特に可溶性繊維  $\beta$ -D-グルカンである。オート麦には、幾つかの健康上の利益があり、その中にはコレステロール低下作用がある。他のどんな穀物よりも多くの可溶性繊維が含まれており、それがセリアック病の消費者にとり、非常に大きな重大事である。あるスカンジナビア人研究者は、グルテンフリーのオート麦添加でセリアック病患者に必要な毎日の繊維量摂取を成就させることができた。それは小麦、ライ麦、大麦を食べられない人にとって大変なチャンスである<sup>19)</sup>。マグネシウム、亜鉛、カルシウムはオート麦中の金属類で、セリアック病患者にとり重要な金属類である。オート麦にはポリフェノール類の1つアベナンスラミド類があり、これには抗酸化性効果、抗炎症活性がある。

オート麦は僅かに甘味があり、あたりさわりのないフレーバーと香りのため、グルテンフリー仕込みに非常に使いやすい。それらもいつも全粒を使い、オート麦ブラン（ふすま）は市販の口当たりのよい繊維として有用なものとしているが、ロールにしたオート麦は、ベーカリー食品のテクスチャーを良くするのに用いる。オート麦粉は、グルテンフリーベーカリー食品に用いられるが、しかし機械加工する時には高レベルの加水がドウに必要とされ、加工ベーキング上問題となっている。

### 米

米 (*Oryza sativa*) は、コーンのように極めて重要なグルテンフリー穀類である。アジア、インド、インドネシア、北米、アフリカの一部、アメリカの一部の人々にとって、カロリー、栄養面で重要な源である。

多くのタイプの米は、グルテンフリーベーキ

ングに適し、粉にして用いられる。米は粒の大きさの違いで、調理後のテクスチャに違いがでて分類される。粒のサイズ、“短粒”、“中粒”、“長粒”の米があり、料理後の”ねばり“、“ガム性”に違いがある。”ガム性”の米という言葉には、何かこの米はグルテンを含んでいるように消費者に聞こえる。”ガム性”は、米粒の粘りを述べるのに用いられる。側鎖デンプン(アミロペクテン)の高含量の場合は”ガム性”の米で、米粒同士の結合性を引き起こす。このデンプンタイプはまた、グルテンフリーのベーカーリー食品のクラム品質を修正できる。長粒米は典型的な高アミロースで、直鎖状デンプン含量の高いものである。この性質は糊化を遅らせ、グルテンフリーベーカーリー食品中、老化を遅らせる。

収穫し、繊維状の皮を除去後、全茶色米(玄米)がのこる。さらに搗精し、ふすまと胚芽を除き、磨かれた白米を得る。ふすま、胚芽からの栄養成分がないとすれば、白米からのものは茶色米(玄米)からのものよりグルテンフリー食品に重要な栄養分は低レベルである。

米粉は、荒い粒子、中くらいの粒子、細かな粒子、さらに細かな粒子にして利用される。細かな粒子、さらに細かな粒子は、例えばざらつきのテクスチャを防ぐために低加水のクッキーに用いられる。中ぐらいの粒子はほとんどでのベーキング製品に用いられ、例えばパン、バターベースの食品で使われる。米タンパク質を集めたもの、あるいはそれを分けたものはグルテンフリーの仕込みに用いられるが、それは低コストで比較的アミノ酸組成が完全であるため、しかも抗アレルギーの性質であるためである。米ふすまもグルテンフリー仕込みに用いられるが、他の穀類同様に、安定化したふすまは天然の酵素により脂質酸化で出る悪臭を押さえるのに好ましい。官能テストから、新鮮な茶色米粉は僅かにナッツの風味と甘味がある。白米粉は淡白でこれと言ったくせはない。

## もろこし, Sorghum

もろこし (*Sorghum bicolor*) は、グルテンフリー穀物であり、栽培に興味深いのは他のグルテンフリー食材に比べ比較的低コストで不毛条件下でもよく育つ点である<sup>20)</sup>。最近、4クラスのもろこし属が、U.S.Federal Grain Inspections Service<sup>21)</sup>で認定された。もろこし属の種子は、キビ、アマランス、キノア、テフの種子より大きく丸い。

もろこしは、B-Vitamins, 金属, 抗酸化能と言った点で幾つかの栄養的価値を与えるが、キノア、オートのような栄養的長所はない。もろこしの栄養成分はコーンに似ているが、コーンよりはタンパク質の消化性の悪いことが報告されている<sup>22)</sup>。さらにコーンによく似ている脂質部分では、80%以上の脂肪酸が不飽和脂肪酸である<sup>3)</sup>。もろこしは約70-80%がデンプンであり、エネルギー源として重要である。栄養的見地から、米、トウモロコシのような可能性があり、全ての繊維、微量栄養素、ポリフェノールを食べられる最も都合良いものである。もろこしの栄養的長所にも関わらず、ふすま層は研磨精製工程で典型的に除去される。デンプン区分はひいて粉にして製品中に混ぜ込み、最終食品をきれいにし、色を明るくする<sup>23)</sup>。

もろこし粉は風味が少々甘く、ナッツのようなフレーバーがあり、ブレンドしたとき、グルテンフリー全粒粉によく合致し、きれいなデンプンともよく合致する。全粒粉の色で、あるやり方はもろこし利用には限界があり、それは灰色の最終食品中の色である。

## テフ

テフ (*Eragrostis tef*) は、1年生植物でその非常に小さい粒がグルテンフリーで、エチオピア高原が原産と言われている。テフはエチオピアやエリトリア地方の最も重要な穀物の一つで、インゲラ(パン)やおかゆとして主食として食べる。粒が小さいため早く調理でき、不毛地の調理燃料の節約ができる。

セリアック病患者は、食事にしばしばビタミ

ン類, 金属, 繊維の欠乏をきたすが, テフの消費は大きな価値を与える。テフ粉のタンパク質含量は13%以下と報告されているが<sup>3)</sup>, これはコーン, もろこし, ある種の小麦よりも高い。テフにはカルシウム, 鉄, マグネシウム, リン酸, 亜鉛という金属が多く, 健康に重要である。テフの変った所は, ビタミンCが含まれていることでこれは他の穀物にはない。テフの脂質中の脂肪酸の半分以上は高度不飽和脂肪酸で, 酸化による異臭発生になりやすい。

テフ粉は褐色で, ベーキング時に高レベル入れると濃い茶色となる。全種子そのままでもホットセリアルやベーキングに用いられる時, もし全粒がそのまま見えるようなインパクトが欲しい時, 余り小さいサイズは考えねばならない。テフ粉はナッツのようにさくさくし, 黒砂糖の様な感じを食品に与える。エチオピアサワードウ, フラットパン(インジェラ)はテフ粉を発酵させた手作り伝統料理で, 100%テフベースのインジェラは伝統的なグルテンフリー食品である。これはテフの色, フレーバーを示す好例である。小料理店では普通インジェラに小麦粉を混ぜて値段を下げているが, テフがアメリカでは簡単に手に入らないためだ。しかしアメリカでも育てられ, グルテンフリー材料としてテフへの関心が高まっているためである。伝統的な東アフリカ食品の消費が増えている。さらに牧草としてテフに関心の高まっており, 穀物生産を促進するのにも役立つかも知れない。

小麦グルテンの機能は,

- ・ドウやバターのガス保持,
- ・水分結合,
- ・パン等の構造のセット,
- ・乳化,
- ・口腔のチューイング性。

これらの1つかそれ以上の機能を得るために,

- ・ある成分と酵素類との合わせ,
- ・アマランスやソバのような粉,
- ・ハイドロコロイド,
- ・グルテンフリータンパク質に交換。

## 擬似穀物

擬似穀物とは穀物であるが, 非草植物の種子である<sup>24)</sup>。最も一般的な擬似穀物は, キノア, ソバ, アマランスである。これらの種子は, 粉に挽かれグルテンフリーベーカーリー, スナック, パスタ用穀物類に用いられるが, なぜか擬似とラベルされる。栄養的に全擬似穀物は全ての穀物成分と似ていて, このためFDA全穀物粒規格(the FDA definition of whole grains)に入れる。

## アマランス

アマランス, *Amaranthus* 種は, 1年生の広葉植物(broad-leaf plant)で, 小さな種子で, アメリカ原産。メキシコ, 中央アメリカにつづいて, インド, 中国でも育つ。アマランスは乾燥条件でもよく育つが, 種子が発芽するのに水分を必要とする。

この擬似穀物は小麦に比べ, 高タンパク質で繊維, 脂質含量の高いのが目立つ。アマランスのタンパク質含量は, 普通14%以上と報告され, グルテンフリー食品に用いられる最も高タンパク質の粉の1つである。さらにアマランスのタンパク質品質は非常に良い。アマランスにはまた, セリアック食事に必要な幾つかの金属, 鉄, カルシウムがある。

アマランス粉はクリーミーな黄色がかった色で, ナッツの香りがある。繊維とタンパク質のコンビネーションによる高水和能のため, 食品ははじめからの湿気増加を示し, シェルフライフの改良を示す。アマランスは, 市販のグルテンフリーベーカーリー食品に使われている。その粉はパン, パンケーキ, セリアル, 麺, クッキー, パン用ミックス粉, クラッカーに用いられる。アマランスはまた, フレークに加工され, グラノラ, ホットセリアルに使われる。

## ソバ

ソバは, グルテンフリー擬似穀物としてほとんどの人に親しみ深いものであり, それは灰色の色と三角形あるいはピラミッド状の形状をしているためである。脱穀されたソバは, 特に“ひ

きわり、グロート”されたものと言う。グロートは普通、粉とされ、新鮮なうちは多少ナッツの香りがあるが、焼くと少々苦い匂いが出る。高不飽和脂質含量のため、ソバは酸化により異臭になりがちである。ソバの他成分として粘質成分含量があり、これは可溶性繊維のため、バターに粘度を与え、水結合性をグルテンフリーベーキング食品、パスタ類似物に与える。栄養的には、ソバは高レベルの金属を与え、小麦と比較しても平均以上の上等な品質のタンパク質を与える。テフのようにソバ粉は、幾つかの仕込みで限界の茶色を示し、最終食品の見てくれの効果はその色にかかっている。

### キノア

キノアは大根、ほうれん草と関連のある植物の種である<sup>25)</sup>。キノアには多くの種類があり、

3種は既に商品化されている：白、赤、黒である。キノアは、この5年の間、人気があがり、それはその栄養価プロフィールと不良土壌の過酷な条件下でも成長するためであり、消費量増加によりコストは3倍に増加した<sup>25)</sup>。キノアは、グルテンフリー消費者にとって栄養的に高品質タンパク質と高金属含量のため、重要な食材である。キノアのタンパク質含量は約13.5%で、製パン用の市販小麦粉より高い<sup>3)</sup>。キノアの並外れた栄養価プロフィールと、一部、異常に大きな胚芽で、種子の60%に相当することが知られる。小麦の胚芽は種子の約3%である。キノアは高レベルのサポニンを種子の皮に含み、これは抗栄養因子として働く。このため、北アメリカで用いられているほとんどすべての市販キノアはサポニン除去されている<sup>25)</sup>。他は次報に。

### 参考文献

1. McGee, H. 2004. *On Food and Cooking; The Science and Lore of the Kitchen*. Scribner, New York.
2. HEALTHGRAIN Consortium 2010. Definition. [http://www.healthgrain.org/webfm\\_send/44](http://www.healthgrain.org/webfm_send/44)
3. Hager, A., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E., and Arendt, E. K. 2012. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared with wheat flours. *J. Cereal Sci.* 56:239-247. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.005>
4. Hoover, R., Sinnott, A. W., and Perera, C. 1998. Physicochemical characterization of starches from *Amaranthus cruentus* grains. *Starch/Staerke* 50:11-12.
5. Qian, J., Rayas-Duarte, P., and Grant, L. 1998. Partial characterization of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch. *Cereal Chem.* 75:365-373.
6. Acquistucci, R., and Fornal, J. 1997. Italian buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch: Physico-chemical and functional characterization and *in vitro* digestibility. *Nahrung* 41:281-284.
7. Beleia, A., Varriano-Marston, E., and Hosney, R. C. 1980. Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem.* 57:300-303.
8. Atwell, W. A., Patrick, B. M., Johnson, L. A., and Glass, R. W. 1983. Characterization of quinoa starch. *Cereal Chem.* 60:9-11.
9. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. 2013. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC. <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>
10. Cargill, Inc. Maizewise MW 102-010 corn meal nutritional data sheet. Updated May 20, 2011.
11. Atwell, W. A., and Thomas, D. J. 1999. Starch modifications. Pages 31-48 in: *Starches*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.



12. Witczak, M., Korus, J., Ziobro, R., and Juszczak, L. 2010. The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread. *J. Food Eng.* 96:258-265.
13. USDA. 2013. Policy memo SP 02-2013. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
14. Schober, T. J., Moreau, R. A., Bean, S. R., and Boyle, D. 2012. Removal of surface lipids improves the functionality of commercial zein in viscoelastic zein-starch dough for gluten free breadmaking. *J. Cereal Sci.* 52:417-425.
15. Lorenz, K., and Hwang, Y. S. 1986. Lipids in proso millet (*Panicum miliaceum*) flours and brans. *Cereal Chem.* 63:387-390.
16. Chandrasekara, A., and Shahidi, F. 2010. Content of insoluble bound phenolics in millets and their contribution to antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.* 58:6706-6714.
17. Thompson, T. 2003. Oats and the gluten-free diet. *J. Am. Diet. Assoc.* 103:376-379.
18. Hoffenberg, E. J., Haas, J., Drescher, A., Barnhurst, R., Osberg, I., Bao, F., and Eisenbarth, G. 2000. A trial of oats in children with newly diagnosed celiac disease. *J. Pediatr.* 137:361-366.
19. Kempainen, T. A., Heikkinen, M. T., Ristikankare, M. K., Kosma, V.-M., and Julkunen, R. J. 2010. Nutrient intakes during diets including unkilned and large amounts of oats in celiac disease. *Eur. J. Clin. Nutr.* 64:62-67.
20. Asif, M., Rooney, L. W., Acosta-Sanchez, D., Mack, C. A., and Riaz, M. N. 2010. Uses of sorghum in gluten-free products. *Cereal Foods World* 55:285-286.
21. Rooney, L. W., and Serna-Saldivar, S. O. 2000. Sorghum. Pages 152-153 in: *Handbook of Cereal Science and Technology*, 2nd ed. K. Kulp, ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
22. Wrigley, C., Corke, H., Walker, C. E. 2004. *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Waltham, MA.
23. Awika, J. M., McDonough, C. M., and Rooney, L. W. 2005. Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. *J. Agric. Food Chem.* 53:6230-6234.
24. Frølich, W., and Åman, P. 2010. Whole grain for whom and why? *Food Nutr. Res.* 54:5056.
25. Goldman, I. 2012. Five things everyone should know about quinoa. *Grow Magazine* 5(3):10.