

グルテンを含まない古代穀物（6）

（穀物、擬似穀物、豆類；21世紀のための持続可能な、
栄養価の高い、健康を促進する食品）

第7章 ソバ：そのユニークな栄養成分と健康促進効果

グルテンを含まない古代穀物（6）

本論文は“Gluten-Free Ancient Grains” (Edited by John R.N.Taylor and Joseph M.Awika) 2018 by ELSEVIER を翻訳紹介するものである。

翻訳者

瀬口正晴 (SEGUCHI Masaharu)^{1,2} 竹内美貴 (TAKEUCHI Miki)³

中村智英子 (NAKAMURA Chieko)³

神戸女子大学¹、日本穀物科学研究会前会長²、神戸女子短期大学³

第7章 ソバ：そのユニークな栄養成分と健康促進効果

Chapter 7 Buckwheat: Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes

Sandor Tomoskozi, Bernadett Lango

Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary

1. はじめに

ソバは古代からの双子葉植物でその種子により世界中の多くの場所で栽培され、今日は緑の植物（葉）としても栽培される。ソバは Polygonaceae 科の *Fagopyrum* 属に属する (Biacs *et al.*, 2002)。こうして穀物には関係はないが、しかし化学成分の類似と利用性からアマランス、キノアとともに擬似穀物と呼ばれている (Krkoskova and Mrazova, 2005)。

Fagopyrum 属は非常に多く、野生種を加えて約 19 種ある (Zhang *et al.*, 2012)。2 種のソバが数世紀に渡り世界中で一般に栽培された；普通ソバ (*Fagopyrum esculentum* Moench) とダツタンソバ [*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.] である (Alvarez-Jubete *et al.*, 2010; Cai *et al.*, 2016)。普通ソバは初めアジアで栽培され、多分今から 6000 年前ごろ (Ohnishi, 1998) に栽培が中国の Yunnan 地域、チベット高原の端、ヒマラヤの丘で始まった。そこから広く中央アジア、チ

ベットへと広がって、つづいて中東とヨーロッパへと広がった (Bonafaccia *et al.*, 2003; Eggum *et al.*, 1980)。

ソバは短期間で育ち、栽培条件の少ない作物で、いろいろな農業条件下で広い生態学的適応性があり、例えば低地力あるいは酸性土壌、低降水量、過酷な環境の辺境地のような所でも適応性がある。植物は耐霜性あり、そのため2000mの高緯度地域が一般的で、チベットの標高4500mまでの地域で見出された。環境的には肥料と農薬の利用なしでも持続可能な栽培地が適している (Zhang *et al.*, 2012)。ソバは毎年生育する作物で、その花の蜜はダークカラーハネー製造に用いられる。風で受精した小さなソバの花は花房または頭の中から生まれる (図7.1A)。

一般に花は雌雄同体でいろいろの数のパートからなる。時にはその植物は緑肥として、飼料として、野生生物の避難所として使われ、さらに土壌浸食をコントロールしている (Aubrecht and Biacs 2001)。

過去数十年でソバの栽培は低下した。しかしながら最近増加が見られ、世界の種子生産は栽培面積は2.5百万haで年間2百万トンを超えている。最大の生産者と消費者はヨーロッパ (52.1%) で、続いてアジア (38.6%) が2番目である。アメリカ、アフリカのシェアは小さくなく、それぞれ7.1%、1.1%である。最近トップのソバ生産は、ロシア、中国、ウクライナ、フランス、ポーランドである (FAOSTAT, 2014)。

この章では我々はソバの品種、成分、利用について広範囲の概要をしたい。より良く理解するためデーターを平均的な小麦パラメーターと比較した。

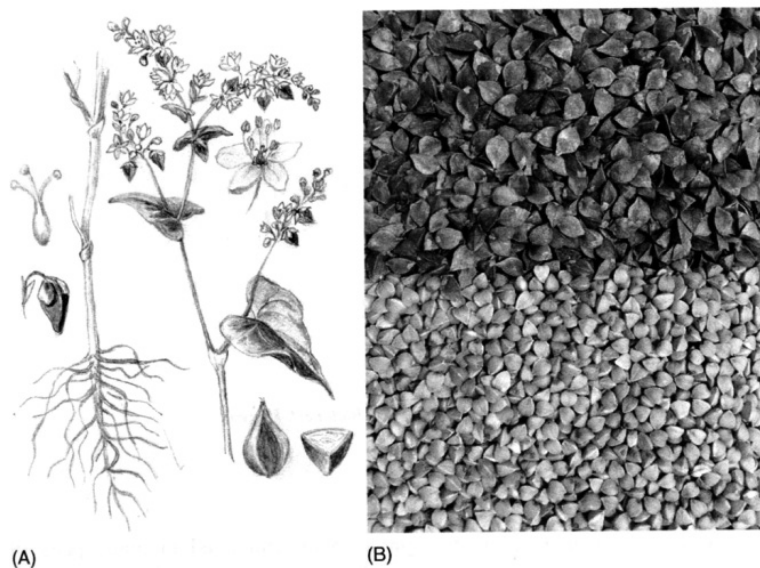


図7.1 ソバ (A) と穎果 (玄ソバ) (B)

2. ソバ種子の組織学

ソバ植物はほぼ三角形の果実を作り、それは瘦果と呼ばれる（図 7.1）。

瘦果は 4-9mm 長、千粒重は 15-35g である。一般にダツタンソバ種子は普通ソバ種子より小さい (Cai *et al.*, 2016)。瘦果は 2 パートからなり；殻とひき割り穀物である。殻（外皮、果皮）は瘦果の外側の層であり；一般にその色はいろいろで、光沢あるいはくすんだダークグレイから茶色あるいは黒色である。瘦果の内部部分はひき割り穀物である（図 7.1B）。ひき割り穀物（殻をむいた瘦果は 3 つの部分から成る；種子膜（子乳）、内胚乳、胚である。種子膜は 1-3 細胞厚である。内胚乳細胞はデンプン粒で満たされている。内胚乳は瘦果の頭に位置していて 2 個のコチレドンは内胚乳を通して伸びている (Steadman *et al.*, 2000; Stevens, 1912)。

3. ソバ種子の化学成分

ソバ種子は栄養源である（表 7.1）。多くの価値ある成分、例えばデンプン、タンパク質、食物繊維、抗酸化物質、微量エレメントを含む (Krkoskova and Mrazova, 2005)。しかしながら遺伝子型と成長条件（例えば土壌、環境と受粉）は多分その栄養成分に影響する (Wang *et al.*, 2012)。

表 7.1 小麦全粒 (Whole Wheat Grain) (g/100g、乾物) (USDA, 2016) と比較したソバ全ひき割り (Whole Buckwheat Groats) の一般成分値

	Whole Buckwheat Groats	Whole Wheat Grain (Hard Red Winter)
Carbohydrates	70.6	71.2
Dietary fiber	10.0	12.2
Fat	3.1	1.5
Ash	1.8	1.6
Protein	12.6	12.6

3.1 炭水化物

消化できる炭水化物は真の穀物粒同様、ソバ種子の大部分の成分（58-73%）で、それは主にはデンプンの形で存在する。ソバの全ひき割り穀物中、デンプンは含量の変化が 59~70%（乾物ベース）で、いろいろな天候、栽培条件下で変動を示す。他の殆どの擬似穀物、アマランス、キノアはより低いデンプン含量である (Steadman

et al., 2000)。Qian and Kuhn (1999) は、酵素分析から異なった国々のデンプンのアミロース含量が 21.3~26.4%の範囲であるとソバデンプンを分析した。しかしながら、ある研究はもっと高い (~50%) アミロース含量を報告している (Berghofer and Schoenlechner, 2007; Christa and Soral-Smietana, 2008)。ソバデンプンの重合化の程度は 12-45 グルコースユニットと、いろいろである。(Christa and Soral-Smietana, 2008)。一般に、ソバデンプン粒の形は丸く、卵型、あるいは多角形である。ソバデンプン粒サイズは 2-15 μm といろいろで、真の穀物種の殆どのサイズよりもそれ以下である (Berghofer and Schoenlechner, 2007)。約 35%のソバデンプンは消化に対して抵抗性がある (Cai *et al.*, 2016)。

ソバひき割り穀物は又 1-6%の可溶性炭水化物を含み、それは殆ど内胚乳とアリューロン層にある。これらのレベルは穀物粒や他の擬似穀物に比べても高い。ソバ可溶性炭水化物は殆ど還元糖、ファゴピリトールとして存在する。

Fagopyritol A1 (0- α -D-galactopyranosyl-(1 \rightarrow 3)-D-chiro-inositol) と fagopyritol B1 (0- α -D-galactopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-D-chiro-inositol) が殆ど全てのソバ種子中の顕著なファゴピリトールである (図 7.2, Christa and Soral-Smietana, 2008)。

ソバ種子は 7.0-10.9%の食物繊維を含むが、それは全小麦粒に比べて低く、しかし他の穀物粒に似ているがアマランス、キノアに比べて高い (Christa and Soral-Smietana, 2008)。普通ソバは食物繊維レベルがダツタンソバに比べ高い (Steadman *et al.*, 2000)。一般にはソバ繊維に抗栄養素フィチン酸はない。約 20-30%のソバ繊維は可溶性で、それは真の穀物より高い (Wang *et al.*, 2012)。

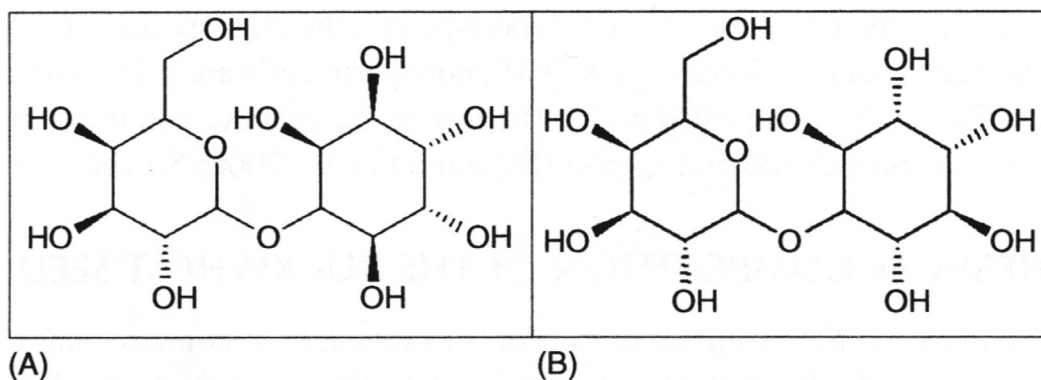


図 7.2 ファゴピリトール A1 (A) とファゴピリトール B1 (B) の化学構造

3.2 タンパク質

ソバひき割り穀物のタンパク質含量は約 12% で小麦に似るが、他の擬似穀物より低い (Steadman *et al.*, 2000)。表 7.2 はソバ全ひき割り穀物のアミノ酸組成である。小麦に比べると、ソバタンパク質は類似かあるいはほぼ全てのアミノ酸でより高い含量である；リジン、スレオニン、バリンは最も重要なもので、人体に不可欠なものである (Pomeranz and Robbins, 1972)。グルタミン、プロリンアミノ酸含量は、ソバではかなり真の穀物より低い (Aubrecht and Biacs, 2001)。

ソバ種子タンパク質の特徴は、その可溶性をベースに幾つかの研究がある。オズボーン可溶性区分は次の比率で見つかった；アルブミンが主なタンパク質区分 (30-40%) で、続いてグルテリン (11-29%)、マイナー区分はプロラミン (2-10%)、グロブリン (3.0-7.82%) である (Pomeranz, 1983; Wei *et al.*, 2003)。異なった抽出法といろいろな品質では極端に違った結果となる。4 区分は分量の必須アミノ酸 (不可欠)、ヒスチジン、バリン、イソロイシン、ロイシンを含む (Guo and Yao, 2006)。非不可欠アミノ酸の中でグルタミン酸とアスパラギン酸のレベルは全ての区分で十分である。

表 7.2 小麦 (FAO) と比較したソバ全ひき割り中のアミノ酸組成 および WHO 推薦成人の 1 日摂取必須アミノ酸摂取量 (* 不可欠アミノ酸) (WHO, 2007)

アミノ酸	ソバ全挽き割り中 含量 (g/100g Protein)	小麦全粒中含量 (g/100g Protein)	毎日の必要摂取量 (mg/体重kg/日)
Asp	5.2-9.5	3.08	
Thr*	1.9-4.04	1.83	15
Ser	2.4-4.9	2.87	
Glu	9.7-19.38	18.6	
Pro	2.6-7.93	6.21	
Gly	4.2-6.23	2.45	
Ala	3.0-4.82	2.26	
Cys	2.06-3.27	1.59	
Val*	3.4-4.97	2.76	26
Met*	0.99-2.3	0.94	10.4
Ileu*	2.6-3.41	2.04	20
Leu*	2.8-6.12	4.17	39
Tyr*	1.5-3.03	1.87	25
Phe*	2.0-4.42	2.82	25
Lys*	4.9-6.7	1.79	30
His	1.4-2.52	1.43	
Arg	5.4-11.6	2.88	

3.3 脂質

2-4%の脂質が全粒子中にあり、それは内胚乳中に集中している。結合脂質量は遊離脂質の2倍高い (Cai *et al.*, 2016)。ソバ脂質は9個の脂肪酸からなる；大部分はパルミチン (16:0)、オレイン (18:1)、リノール (18:2) 酸である。全脂肪酸の幾つか75-80%は不飽和であり、そのうち40%以上は多不飽和で、他の粒に比べて高い部分である (Steadmasn *et al.*, 2000)。

3.4 ミネラル

ソバはミネラルの高い含量を含み、キノアより高く、アマランスに似ている。巨大要素K、Mg、Ca、Na、微小要素Cu、Zn、Fe、Mnは特に高レベルで存在する (Krkoskova and Mrazova, 2005)。極小要素、例えばCr、Seは非常に低レベルだが僅かに存在する。ミネラルは内胚乳（主にタンパク体にフィチン酸塩として保存される）と、種子と皮の外側層に蓄積される (Christa and Soral-Smietana, 2008)。

3.5 ビタミン

ソバはビタミンBの良好な供給源と知られ、ビタミンBの最も高いレベルは種子のふすま部分に存在している。Kim *et al.*, (2002) は瘦果のビタミンB成分の分析を行い、次のレベルを見出した；ビタミンB1 (チアミン3.3mg/kg)、B2 (リボフラビン、10.6mg/kg)、B3 (ナイアシン、18.0mg/kg)、B5 (パントテン酸11.0mg/kg)、B6 (ピリドキシン、1.5mg/kg) である。全ビタミンB含量は比較的ダツタンソバ中の方が多い (Bonafaccia and Kreft, 1994)。逆に普通ソバはより脂質可溶ビタミンE (トコフェロール) が多く、各々0.05-0.14mg/kgである (Cai *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2002)。

3.6 植物化学物質

これらの主要成分に加えてマイナー成分があるが、それは健康増進の性質の点で重要なものである。それらの含量と成分とは、ソバの種、成長条件によって異なる (Christa and Soral-Smietana, 2008)。

3.6.1 フラボノイド

フラボノイドは天然の抗酸化物質の大きなグループである。フラボノイド含量と組成はいろいろなソバ種の間で異なる。わかっている事は、フラボノイド含量は、ダツタンソバで普通ソバの4倍高いことである。ひき割りダツタンソバの苦味はこれらの成分によるものと言われている (Cai *et al.*, 2016)。Kreft *et al.*, (2005)

は、ソバから6種のフラボノイドを分離した;ルチン、ケルセチン、オリエンチン、ビテキシン、イソビテキシン、イソオリエンチンである。ルチンが主力のもので、ソバはルチンを含む唯一の擬似穀物であり、そこでこのフラボノイドのはっきりした源である。

ルチン (quercetin-3-rutinosid, 図 7.3) はフラボノールグルコシド植物生理物質である。それは紫外線照射に対する防御の役割がある。ルチンは主にソバ植物の花と緑の部分で発見される。典型的にソバ茶の葉は種子より10倍以上その含量が高い (Christa and Soral-Smietana 2008; Kitabayashi *et al.*, 1995; Kreft and Cerm, 2008)。種子にはルチンは少なく、一般に精製した粉中より全種子ソバ粉中の方がより多い。Kitabayashi *et al.*, (1995) は、そば全粒ひき割りソバ粉中の含量は12-36mg/100kgの範囲であると述べた。Kreft *et al.*, (2005) は平均21.8mg/100gが全ひき割りソバ粉中にあると報告し、ソバの重要な食物内容とした。

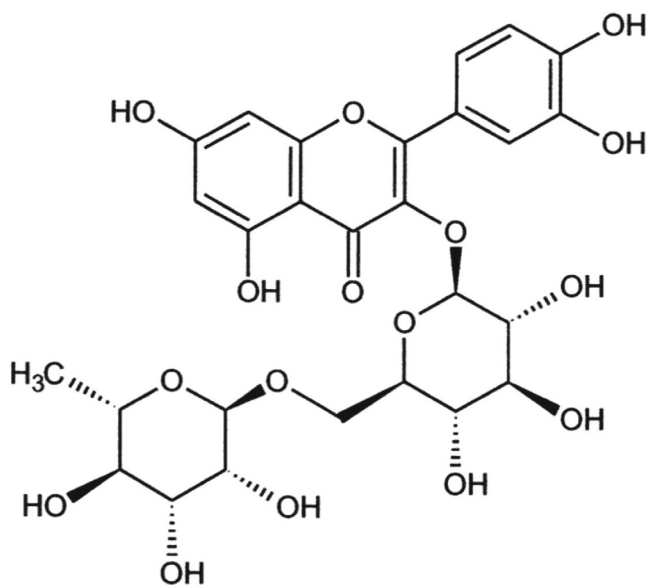


図 7.3 ルチンの化学構造

3.6.2 ステロール

ソバ種子は低レベルの植物ステロールを含む。

ベーターシトステオールは特に重要であり、人の体中で合成できない (Krkoskova and Mrazova, 2005)。脂質抽出後脱皮した瘦果中のステロール含量は、約 β -シトステロールが700mg/kg、カンペステロールが95mg/kg、低量のシグマステロールが測定された (Horbowicz and Obendorf 1992)。

4. 抗栄養素ファクター

ソバもまた、幾つかの抗栄養的成分を含み、例えばトリプシンインヒビター (I, II, III) でこれはソバの種子から分離された。トリプシン以外これらのインヒビターは又キモトリプシンも阻害した (Krkoskova and Mrazova, 2005)。フィチン酸塩も又内胚乳やアリューロン細胞のタンパク体中存在する。Steadman *et al.*, (2001) は 35-38g/kg フィチン酸をソバ種子中に見出した。ソバふすまはまたタンニンの豊富な源である。Zhang *et al.*, (2012) は高タンニン含量 1.6% を測定した。高レベルの繊維がソバ中にあり抗栄養素要因の 1 つと考えられるが、しかしながら脱皮処理の間、これらの成分は外皮にあるため殆ど除去される (Cai *et al.*, 2016)。

4.1 アレルギー反応

アレルギー反応はソバか、ソバ製品摂取、あるいはソバほこりに触れると起こる反応である。そば粉はタンパク質を含み、それが過敏反応 (アレルギー) を引き起こす。このイミュノグロブリン (IgE) ー仲介反応は、重大な症状のアナフィラクテックショックを起こす (Wang *et al.*, 2004)。

ソバアレルギーは一般的ではない。しかしながら非常に重大なアレルゲンで特に子供にとってである (Park *et al.*, 2000)。ソバアレルギーは 1900 年代初期に初めて報告された。それ以来病気の数が増え、特にヨーロッパ、北アメリカ、日本、同様にアジア諸国であり、ソバを含む食品製品をしばしば、しかも多量に消費する人々である (Morita *et al.*, 2006)。特異的ソバアレルゲンに対する感受性は、特別の症状と関係し、例えば主な胃腸または皮膚症状であり、さらに最悪のアナフィラキシーである (Heffler *et al.*, 2011)。低分子量タンパク質、特に分子量 9、16、19、24kDa タンパク質が殆どのアレルゲンになる強い候補物質である事が示された (Park *et al.*, 2000)。又ある研究では IgE ー結合効果ある低分子量範囲 (<9kDa) のタンパク質が見出された (Christa and Soral-Smietana, 2008)。臨床的に関連ある交叉反応性は、ソバタンパク質と他のアレルゲン、例えば米、ポッピー種子 (けしの実)、ヘーゼルナッツとの間が述べられている (Oppel *et al.*, 2006)。ソバ粒のアレルゲンタンパク質除去のいろいろな試みがなされ、例えば酵素修飾あるいはイーストによる特異発酵で行われた (Christa and Soral-Smietana, 2008)。ソバ粒の製粉や食品加工の間、ある労働者達はアレルギー反応に苦しんだが、たとえば鼻のかゆみ、くしゃみ、さらにもっと重大な症状、喘息である (Krkoskova and Mrazova, 2005; Wieslander and Norback, 2001)。明らかに特異的なソバアレルゲンタンパク質の性質、加工特性について知る必要がある。

全ソバ植物の摂取はファゴピリズムと呼ばれる重大な光感受性を引き起こす。ファゴピリンはナフトジアンスロンであり、ヒペリシンと関係あり、しかし毒性は低い。ファゴピリンの光毒性は紫外線に対する感受性と関係ある (Stojikovski *et al.*, 2013)。この病気は第1に植物の葉を食べる動物で起こり、しかし人では大量のソバもやしを食べるヒトに報告がある (Li and Zhang, 2001)。普通ソバの花は0.64mg/gのファゴピリンを含み、葉は0.4-0.6mg/gを含む、しかしファゴピリンはひき割りソバ中には見られない。しかしながら人では、光毒性ドースに関する情報はない (Stojikovski *et al.*, 2013)。プラスのこととして、ファゴピリンの光依存活性は光線力学療法において増感剤として用いられるだろう (Benkovic *et al.*, 2014)。

5. ソバ消費による健康増進面

ソバは中国の伝統療法で効果的薬草として利用され、多くの病気に対し1000年以上にわたり治療に用いられてきた (Cai *et al.*, 2016)。

今日では有益な栄養的性質のために、機能食品材料と添加物としての力になっている。

ソバ炭水化物は好ましい特性を持つ。ソバデンプンの栄養的品質の研究は、低グリセミックインデックスの食品形成として重要な利用性を示したが、それは高アミロース含量と高含量の抵抗性デンプンのためである (Cai *et al.*, 2016)。穀物繊維は多くの健康増進効果を示した。特にそれらは胃内容排出を減らし、下部消化管での輸送時間を増やす。これらのソバ中の繊維成分は、消化管中の微生物相による発酵をすすめ、短鎖脂肪酸を作り、ガスを生産する (Steadman *et al.*, 2000)。より高レベルの可溶性繊維は、栄養関連病気の危険性を低下するのに効果的で、たとえば肥満または心血管疾患の様な病気である。ユニークなソバ可溶性炭水化物の活性成分は、ファゴピリトールである。それらは非インシュリン依存性糖尿病や多嚢胞性卵巣症候群の治療にかなりの関心がひかれている (Christa and Soral-Smietana, 2008)。

示されたように、ソバタンパク質のアミノ酸組成は栄養的に十分バランスが取れている。ソバは好ましいアミノ酸組成を持つタンパク質食事源としてよく知られ、特にリジンに富んでいる点である。これは他の植物タンパク質と比べ良いところで、リジンは植物中心の食事の中で第1制限不可欠アミノ酸であるためである。ソバ中、スレオニン、メチオニンは第1、第2制限アミノ酸である (Krkoskova

and Mrazova, 2005; Pomeranz and Robbins, 1972)。さらに擬似穀物タンパク質、特にソバタンパク質は、真の穀物に比べてかなり高い生物学的価値（90%以上）がある（Berghofer and Schonkchener, 2007; Egyum *et al.*, 1989)。これは高バランスの不可欠（必須）アミノ酸濃度によって説明される。全ひき割り穀物中、外部抗栄養素の存在（食物繊維、プロテアーゼインヒビターとタンニンタイプ成分を含む）のため、それとタンパク質分解作用へのタンパク質の低感受性のため、真のタンパク質分解性は僅か80%以下である（Bonafaccia and Kreft 1994; Pomeranz and Robbins 1972)。

多くの不飽和脂肪酸の有効な効果が示された。ソバ種子中の高比率不飽和脂肪酸（主に多不飽和である）は非常に好ましく、ソバは栄養的に真の穀物の脂肪酸組成に比べ優れている（Krkoskova and Mrazova, 2005)。

さらに殆どに用いられる穀物に比べ、ソバは高い抗栄養活性をもつ事が報告され、主にはその高ルチン含量によるためである（Sedej *et al.*, 2011)。ヒト食事の中のルチンは、他の健康上のメリット同様に抗微生物的、抗炎症作用がある（Cai *et al.*, 2016)。

6. 食品産業での利用

6.1 製粉と分画

全粒粉は全ソバ種子を小麦と同じように製粉して作る、しかしソバ瘦果は初めに衝撃製粉で殻をとるかあるいは金剛砂か研削板で摩耗する必要がある。この方法で瘦果の25-30%が除去される。ひきわ割り穀物 (groats) はローラーミルにかけ食品加工用のいろいろなグレードの白い粉にひく。抽出収量は約55%で主には品種による (Zheng *et al.*, 1998)。Bonafaccia *et al.*, (2003) は、普通ソバの55.4%、ダツタンソバの55.6%をこの製粉技術で得た。一方 Wronkowska and Haros (2014) は58.8%湿製粉法で得ている。製粉区分の成分はそれらの区分を作っている組織（内胚乳、胚、母体組織）により非常に様々である（表7.3)。

Steadman *et al.*, (2000) は、全瘦果の製粉、また脱殻した瘦果（ひき割り）について研究した。両ケースとも製粉した組織はファンシイ (Fancy) (好ましい) で明るい色の粉と、ふすま区分である。ふすま区分は果皮、アリーロン層を含む、また胚の子葉と大きな胚の区分を含む。そのままの瘦果を製粉すると殻はふすまと分離し、其の後、殻は篩で分けられる。グリッツ (粉) は殆ど内胚乳の大部分からなる。製粉と分離プロセスはファンシイな粉を作る。これは全ひき割り (groat)

製粉区分に比べられる；ふすま、最高 (Supreme) の粉、ファンシー粉である。最高の粉は脱殻プロセスから得られ、本質的には殻の付いた全ひき割り粉である。両方の場合、ふすま区分は最も高いタンパク質、食物繊維含量、また脂質含量は主にふすまと殻区分中に来る。ファンシイ粉中のデンプン含量は70%以上である。グリッツはファンシイ粉に類似していて、ファンシイ粉は栄養品質的には最高の粉に比べて劣る。Bonafaccia and Kreft (1994)、および Sedej *et al.*, (2011) は、また同じ結果を白一タイプ、ライトカラーのファンシイ粉で普通およびダッタンソバから得ている。

表 7. 3 ソバ種子製粉区分 (g/100g 乾物) の成分 (Steadman *et al.*, 2000)

		全タンパク質	灰分	全脂質	デンプン	全食物繊維
Milled from achenes 瘦果(玄ソバ)	Hull 殻	6.2	4.9	10.1	17.8	16.0
	Bran ふすま	20.1	4.6	5.6	16.4	37.8
	Grits 粉	4.7	0.7	1	72.1	1.7
	Fancy flour	6.2	1.3	1.5	64.8	3.7
Milled from groats ひき割り	Bran	35.5	7.0	10.9	17.8	15.1
	Supreme flour	11.5	2.2	3.3	52.0	8.5
	Fancy flour	5.4	0.8	1.0	75.0	2.3

6. 2 粉技術的性質

明らかにソバ粉の性質は小麦粉と異なっており、小麦粉の様な食品をつくることは難しい。がそれはグルテン形成のタンパク質がソバにはないためだ。我々の研究グループは、2市販白ソバ粉を Mixolab ドウレオロジー装置を用いて評価した。そのカーブは図 7.4 である。明らかな違いは、カーブの特徴点がちがうことである；ドウデベロップ時間の増加はスタンダード小麦粉に比べて見られる。ソバ粉の水吸収 (66-69.3%) はコントロール小麦 (62.0%) より高かった。この違いはソバ粉がスタンダード小麦粉に比べてより脂質、繊維含量の高いことによる。ソバタンパク質のより弱い構造形成上のため、両ソバ粉のドウの安定性は低い。プロフィールの第2パートでの加熱の間、ソバカーブは糊化ピークもセットバックもなくむしろ95℃保持で粘度の連続増加が見られる。これは Zheng *et al.*, (1998) と一致し、彼らはソバデンプンの性質を研究した。ソバ粉の加熱時の安定粘度は多分その粒の固さによるものであろう。Qian and Kuhn (1999) は、ソバデンプンは真の穀物デンプンよりもっと高い粘度を有することを示した。Cai *et al.*, (2016) は穀物デ

ンブン（トウモロコシ、小麦）に比べて、高ピーク粘度、高糊化温度、より大きな膨潤力、一般的なゆっくりの老化を報告した。ソバ粉は使用前に時には小麦粉や他の粉と混合する。30%ソバ粉、70%小麦粉のブレンドは、一般に家でパンを焼くのにヨーロッパ、例えばスロベニア (Cai *et al.*, 2016; Kreft and Germ 2008; Steadman *et al.*, 2000) で多く用いられた。Sedej *et al.*, (2011) は、異なった小麦ドウにソバ粉を 10-50%と加えて、我々と同じ分析をした。そば粉を混合すると、100%ソバ粉と同様の効果が得られてドウ安定性を低下した。これは最終的なパン製品品質へのプラス効果であった。彼らが結論したのは、小麦ドウをソバ粉で増強するとコントロール小麦ドウに比較してレオロジーパラメーターを変えることのできたことだ。しかしながら、代替レベルの顕著な効果は認められなかった。

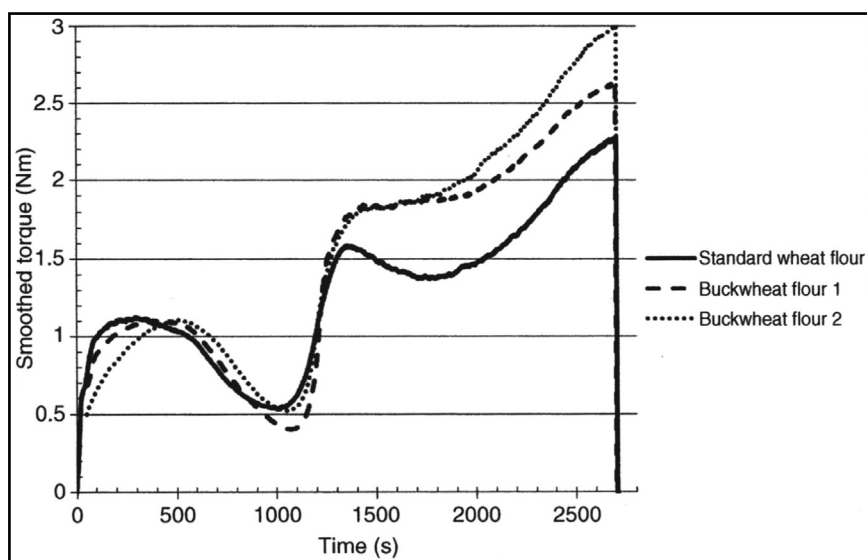


図 7.4 Mixolab (Chopin) を使用して測定された 2 つの異なるソバ栽培品種 (Buckwheat flour 1, 2) と標準小麦粉 (Standard wheat flour) の複雑な混合および粘性プロファイルの比較

さらに機能性に加えて、ソバ製品の官能的性質の研究が必要でもある。Fessas *et al.*, (2008) は、ソバー小麦合成パンの見てくれ、色、全体官能寄与に変化の無いことを見出した。これらのパンは小麦パンに比べて、フレーバー、食感の程度はより高いレベルだった。このソバー小麦合成パンはまたより高いルチン含量を持ち、良い抗酸化活性、ラジカル消去能を持った (Lin *et al.*, 2009)。さらにこの合成パンは、パンの品質の大きなパラメーター (容積、パンサイズ) にプラスの影響を与えた (Lin *et al.*, 2009)。さらにこの合成パンは、またタンパク質と微量元素、特に Cu、Mn の比例的に補強されていることがわかった (Krupar-Kozak *et al.*, 2011)。

6.3 伝統的食品製品

非常に多くの伝統的ソバ食の品種が何世紀にも渡って作られて来た。ソバは多くの方法に利用され、ソバ種子から作られた調理には2つの大きなグループに分けられ；ひき割り料理と粉料理（図7.5）である。

最もポピュラーなひき割り料理はかゆ状料理で *kasha* と呼ばれるもので、ローストしたひき割りを水中あるいはミルク中でボイルしたもので、一般にロシア、ポーランドにある。料理は移民によってアメリカに紹介され、しかしUSAでは *kasha* は一般にパスタを混ぜるか、あるいは詰め物として用いられる。ひき割りはまたもやしにして生あるいは料理して食べる。

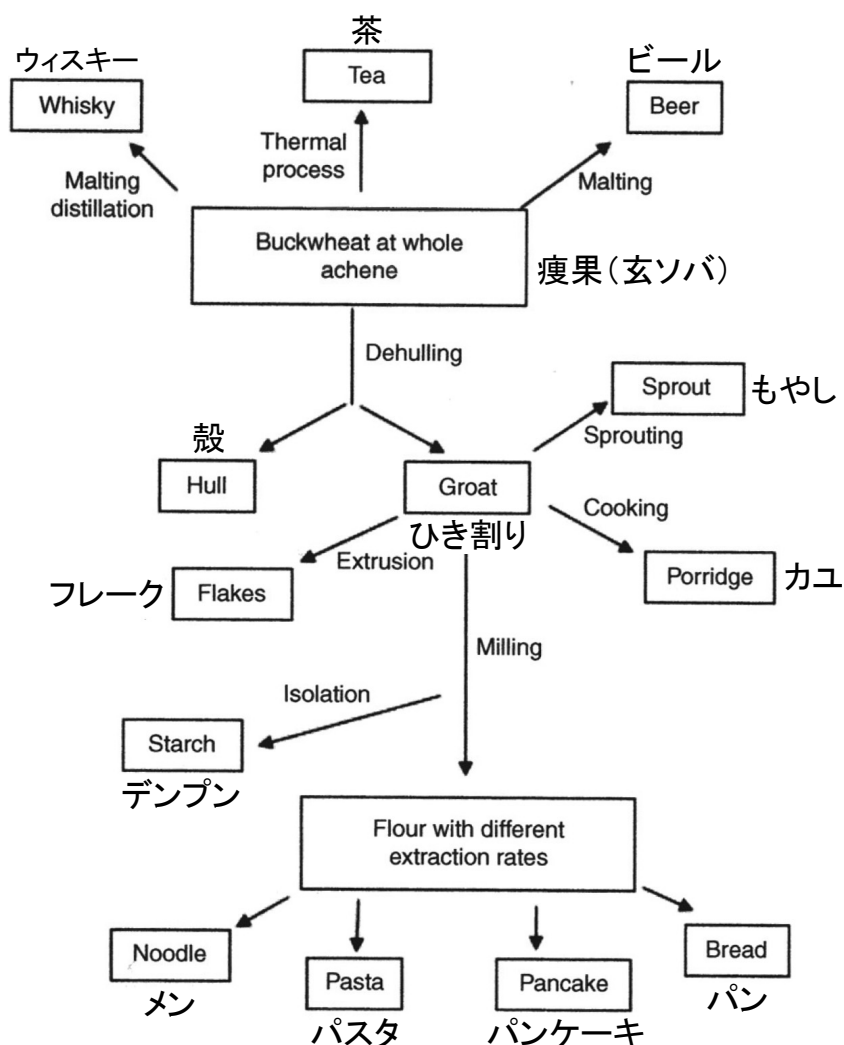


図7.5 各種ソバベースの製品図

明るい色の粉はパンケーキ、パン、ヌードルに用いられる。

最も一般的な食品はソバヌードルであり、日本、中国、イタリアでは非常に人気があり、それらはソバ粉-水ドウから作られる。ヌードル製品は異なった名前と呼ばれるが、作られた地域の名前と呼ばれる。日本では *soba* と呼ばれ、イタリアでは *pizzoccheri* と呼ばれ、韓国では *guksu* と呼ばれる。日本では多くのヌードル製造会社がありソバヌードルを作っている。これらの製品は直接販売のために生産されているだけでなく、調理済のもの、ボイルしたもの、乾燥したもの、あるいはインスタント様式で売られている。インドのいくつかの地域では、ヒンズー社会の人々が断食日に穀物を被穀物成分、例えばソバに変える。最も有名な料理の1つは *ki puri* (pancake) である。イーストで膨化したソバパンケーキは、幾つかの国で食べられる、たとえばフランス、ベルギー、ロシアである (Cai *et al.*, 2016; Heffler *et al.*, 2011)。

ソバからの他の製品は世界中で食べられている。ソバの花は、特徴的味のある蜂蜜を多く与えてくれる (Biacs *et al.*, 2002)。ソバ茶は *sobacha* と呼ばれ、日本で比較的一般的な茶である。茶が作られるのに多くのステップがある。生の玄ソバは初めに水に漬け、続いて蒸気にさらし、殻が外れる前に乾燥する。殻のとれたソバ米は続いてローストされ、茶は出来る (Zhang *et al.*, 2012)。ソバウイスキーはフランスの会社で生産で蒸留され、ビール製品はソバからもつくられる (Cai *et al.*, 2016; Gimenez-Bastida *et al.*, 2015)。新鮮なグリーン部分の植物は野菜として使われ、乾燥葉は高ルチン含量のため機能的食品強化に適したものとして用いられている。

結論から、葉は健康保持に可能性がある (Cai *et al.*, 2016; Kreft *et al.*, 2005)。

6.4 グルテンフリーとグルテンフリー食事中の可能な役割； 新しい製品開発

伝統食品とは別に、ソバ（他の擬似穀物やあまり使われていない穀物とともに）はグルテンフリー食品製造に適している (Gimenez-Bastida *et al.*, 2015)。図 7.6 はモダンな、市販のグルテンフリーパンケーキとパスタ製品を示しているが、ここではソバ粉が主要成分で、パンケーキで 49%、パスタで 80% である。

さらに製品には米粉が入っている、パンケーキの場合にはいろいろなデンプンとハイドロコロイドメチルセルロースが入っている。

ソバ種子は非常にプロラミンとグルテリン区分が低く、これはソバ粉と小麦粉のタンパク質に関する大きな違いである (Aubrecht and Biacs, 2001)。免疫学的アッセイから、ソバが毒性プロラミンを持たず、粉は最も一般的な生涯食障害

の1つセリアック病（自己免疫性腸症）を持つ患者に対し、食事あるいは食品製品に用いるのに適している（Mieslander and Norback, 2001）。最近、グルテンフリー食品は最も有益な食品製品マーケットの1つであり、ソバはこの食品中でふさわしい場所にある（Gimenez-Bastida *et al.*, 2015）。これはグルテンを含んでいないという事だけではなく、高栄養品質のためでもある。このことは最も大切で、研究からセリアック患者の20-30%がタンパク質、食物繊維あるいはミネラル、ビタミン欠乏である事を示したからである（Biacs *et al.*, 2002）。



図7.6 現在市販されているグルテンフリーソバ製品。(A)Pancake と(B)パスタ

プラス要因のため、ソバだけはグルテンフリー食に適している。またソバ粉を含む穀物の栄養的供給の幾つかの例があり、特に小麦粉の食品である（Cai *et al.*, 2016; Li and Zhang, 2001）。Wronkowska and Haros (2014) は幾つかの特別のソバ健康プログラムを述べた。これらのプログラムには、ソバが正常の子供、大人用食事に含まれている。あるプログラムでは、健康的性質を促進するという、例えばカナダの北アメリカソバプロモーション委員会、あるいはブータンの“Bickwheat Conservation and Utilization” と呼ばれるプロジェクトがある。

食品製品中、ソバ利用の新しい傾向が予測されており、そこには伝統的食

品の改良も含まれ、さらに新機能（健康増進）食品の開発、および特別の生理的効果をもつソバ添加物（栄養補助食品）の形成がある（Krkoskova and Mrazova, 2005）。また、幾つかのソバの新規利用法がある。例えば殻は治療用マットレス、クッション製品に用いられ、体の姿勢にプラスの影響を与える：それらは素早く体の水分を吸収し、加温せず、常にクールである。タンニンの存在のため、有害な微生物の成長を阻害する（Heffler *et al.*, 2011）。ソバの加工のバイプロダクトは、粒状バイオ燃料の生産材料に用いられる（Wronkowska and Haros, 2014）。

7. 見通しと展望

世界中のソバ種と品種は農業上の価値ある演者である。しかしながら、もし我々がその素晴らしい栄養的品質をよりヒト栄養に利用したいならば、ソバベースの食品製品の伝統的マーケット、現代食品マーケットの両方に、その存在場面を見出さねばならない。今日、伝統とグルテンフリーの状況はこの擬似穀物の利用を増やすのに十分でない。我々はその化学成分についてより知識を持たねばならないが、特に健康増進成分、例えば植物化学物質とそれらの遺伝的、環境（GxE）変動性についてである。我々にとり各ソバ品種の技術的性質についての知識は限られており、さらにまた化学成分との関係についても限られている。例えばタンパク質サブユニット成分、デンプン、非デンプン性多糖類プロフィール、それらの技術的特徴についてである。広く受け入れられているソバ品質のシステムもまた欠けている。連続的に拡大してゆく知見とともに、我々はより洗練された製粉加工技術をより良く発展させ、その事で価値ある健康増進栄養品質と植物化学物質を至上のものにし、より広く受け入れられ、おいしいソバ食品製品を 21 世紀の消費者に贈りたい。

REFERENCES

- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., Gallagher, E., 2010. *Trends Food Sci. Technol.* 21, 106–113.
- Aubrecht, E., Biacs, P. Á., 2001. *Acta Alimentaria* 30, 71–80.
- Biacs, P., Aubrecht, E., Léder, I., Lajos, J., 2002. Springer, Berlin, pp.123–151.
- Benkovič, E., Žigon, D., Friedrich, M., Plavec, J., Kreft, S., 2014. *Food Chem.* 43, 432–439.
- Berghofer, E., Schoenlechner, R., 2007. <http://projekt.sik.se/traditionalgrains/review/Oral%20presentation%20PDF%20files/Berghofer%20.pdf>.
- Bonafaccia, G., Kreft, I., 1994. *Fagopyrum* 14, 35–42.
- Bonafaccia, G., Marocchini, M., Kreft, I., 2003. *Food Chem.* 80, 9–15.
- Cai, Y. Z., Corke, H., Wang, D., Li, W. D., 2016. *Encyclopedia of Food Grains*, vol.1, Elsevier, Oxford, pp.307–315.
- Christa, K., Soral-Šmietana, M., 2008. *Czech J. Food Sci.* 3, 153–162.
- Eggum, B. O., Kreft, I., Javornik, B., 1980. *Plant Foods Hum. Nutr.* 30, 175–179.
- FAOSTAT, 2014. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
- Fessas, D., Signorelli, M., Pagani, A., Marotti, M., Iametti, S., Schiraldi, A., 2008. *J. Therm. Anal. Calorim.* 91, 9–16.
- Giménez-Bastida, J.A., Piskula, M., Zieliński, H., 2015. *Trends Food Sci. Technol.* 44, 58–65.
- Guo, X., Yao, H., 2006. *Food Chem.* 98, 90–94.
- Heffler, E., Nebiolo, F., Asero, R., Guida, G., Badiu, I., et al., 2011. *Allergy* 66, 264–270.
- Horbowicz, M., Obendorf, R. L., 1992. *J. Agric. Food Chem.* 40, 745–750.
- Kim, S. L., Kim, S. K., Park, C. H., 2002. *Food Sci. Biotechnol.* 11, 332–336.
- Kitabayashi, H., Ujihara, A., Hirose, T., Minami, M., 1995. *Breed. Sci.* 45, 75–79.
- Kreft, I., Germ, M., 2008. *Agronomski Glasnik* 4, 397–406.
- Kreft, I., Fabjan, N., Yasumoto, K., 2005. *Food Chem.* 98, 508–512.
- Krkošková, B., Mrázová, Z., 2005. *Food Res. Int.* 38, 561–568.
- Krupa-Kozak, U., Wronkowska, M., Soral-Šmietana, M., 2011. *Czech J. Food Sci.* 29, 103–108.
- Li, S., Zhang, Q. H., 2001. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 41, 451–464.
- Lin, L.-Y., Liu, H.-M., Yu, Y.-W., Lin, S.-D., Mau, J.-L., 2009. *Food Chem.* 112, 987–991.
- Morita, N., Maeda, T., Sai, R., Miyake, K., Yoshioka, H., Urisu, A., Adachi, T., 2006. *Food Res. Int.* 39, 782–790.
- Ohnishi, O., 1998. *Econ. Bot.* 52, 123–213.
- Oppel, T., Thomas, P., Wollenberg, A., 2006. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 140, 170–173.
- Park, J. W., Kang, D. B., Kim, C. W., Ko, S. H., Yum, H. Y., Kim, K. E., et al., 2000. *Allergy*

- 55, 1035–1041.
- Pomeranz, Y., 1983. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 19, 213–258.
- Pomeranz, Y., Robbins, G. S., 1972. *J. Agric. Food Chem.* 20, 270–274.
- Qian, J., Kuhn, M., 1999. *Starch/Staerke* 51, 81–85.
- Sedej, I., Sakač, M., Mandič, A., Mišan, A., Tumbas, V., Hadnadev, M., 2011. *J. Cereal Sci.* 54, 347–353.
- Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Lewis, B. A., Edwardson, S. E., Obendorf, R. L., 2000. *J. Sci. Food Agri.* 81, 1094–1100.
- Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Lewis, B. A., Edwardson, S. E., Obendorf, R. L., 2001. *J. Cereal Sci.* 33, 271–278.
- Stevens, N. E., 1912. *Bot. Gaz.* 53, 59–66.
- Stojikovski, K., Glavač, K. N., Kreft, S., Kreft, I., 2013. *J. Food Comp. Anal.* 32(2), 126–130.
- USDA, 2016. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. Available from: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>.
- Wang, M., Guo, X., Ma, Y., Gao, J., 2012. Buckwheat: A novel pseudocereal. In: Yu, L. L., Tsao, R., Shahidi, F.(Eds.), *Cereals and Pulses: Nutraceutical Properties and Health Benefits*. WileyBlackwell, Oxford, UK.
- Wang, Z., Zhnage, Z., Zhao, Z., Wieslander, G., Norback, D., Kreft, I., 2004. Purification and characterization of a 24-kD protein from tartary buckwheat seeds. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 68, 1409–1413.
- Wei, Y., Hu, X., Zhang, G., Ouyang, S., 2003. *Nahrung/Food* 47, 114–116.
- WHO, World Health Organization, 2007. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition, Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation, WHO Technical Report Series 935, WHO, Geneva.
- Wieslander, G., Norbäck, D., 2001. Buckwheat allergy. *Allergy* 56, 703–704.
- Wronkowska, M., Haros, M., 2014. *J. Cereal Sci.* 60, 477–483.
- Zhang, Z.-L., Zhou, M.-L., Tang, Y., Li, F.-L., Tang, Y.-X., Shao, J.-R., Xue, W.-T., Wu, Y.-M., 2012. *Food Res. Int.* 49, 389–395.
- Zheng, G. H., Sosulski, F. W., Tyler, R. T., 1998. *Food Res. Int.* 30, 493–502.

非 売 品

製パン技術資料 No.880

2021年 6月発行

発行編集人 井 上 好 文

発 行 所 一般社団法人 **日本パン技術研究所**

〒134-0088 東京都江戸川区西葛西6-19-6
電 話 03(3689)7 5 7 1
F A X 03(3689)7 5 7 4
<http://www.jibt.com>

印 刷 所 有限会社 東 邦 印 刷
〒104-0043 東京都中央区湊3-5-1
エス・ユービル
電 話 03(3551)8346(代)
F A X 03(3551)8356

※許可なく転載・複写ならびにweb上での使用を禁じます。