

・ファイバー食パン 爽快健美

保健の用途等各項目別に使用した文献等の要約

2 食品及び特定の保健の目的に資する栄養成分の安全性及び安定性に関する資料の要約

1) 引用した資料の全体の要約

ハイアミロースコーンスターチは品種改良された高アミロース種とうもろこしから得られたでん粉で、長年食品に使用され、その安全性は古くから認められている。アミロース含量は50~70%であり、常圧では加熱しても糊にならないことが知られている。ハイアミロースコーンスターチは日本では低カロリーのビスケットや食パン、ヨーグルト、麺類等に使われた実績がある。近年オーストラリアでは食パンをはじめ、多くの食品に配合され食されている。オーストラリアで用いられているハイアミロースコーンスターチはレジスタントスターチ、即ち食物繊維部分が20~30%程度のものである。

本食品に配合している難消化性でん粉はハイアミロースコーンスターチを低水分下で湿熱処理することにより食物繊維の性質を持った難消化性部分を60%以上に高めたものである。なお、ここで用いている湿熱処理は化学的な処理は一切行ない、減圧・スチーム加熱という工業的新技术を用いて行われている。従来、でん粉は穀類、いも類などを調理加工することで摂取しているが、その調理過程で難消化性部分が増加することが知られている。この知見と湿熱処理によって得られる難消化性でん粉は同じである事が推察、示唆される。

本食品に配合される難消化性でん粉は、古くから食経験のあるとうもろこしでん粉を育種改良によってアミロース含量を高めたでん粉を、湿熱処理によって難消化性部分を増加させたものであることから、極めて安全性の高いものと認められる。

ハイアミロースコーンスターチは100℃以下で加熱しても糊にならない性質がある。本食品に使用している難消化性でん粉も熱や酵素に抵抗性があり、通常の食品加工で用いられる加熱条件では糊化せず、食物繊維含量の変化は見られない。大量に水を加えてオートクレーブにより、加圧処理しない限りは食物繊維の減少は認められない。

2) 引用した各文献毎の要約

・安全性試験

(財)日本食品分析センターに依頼して、当該難消化性でん粉のラットを用いた急性経口毒性試験を実施し、単回経口投与によるLD₅₀値は、雌雄ともに2,000mg/kg以上であることを確認した。(資料No.1-10)

また、変異原性試験については、*Escherichia coli* WP2uvrA株及び、*Salmonella typhimurium* TA系の4菌株を用いて代謝活性化を含む復帰突然変

異試験を313~5,000 μ g/プレートの用量で行ったところ、いずれの場合においても復帰変異コロニー数の増加は認められず、当該難消化性でん粉の突然変異誘起性は陰性であることを確認した。(資料No.1-11)

なお、急性経口毒性試験ではないが、静岡県立大学食品栄養科学部、合田敏尚助教授に依頼して実施した“加工処理デンプンの消化・吸収とその脂肪合成に及ぼす影響”のラットでの試験結果では、当該難消化性でん粉が安全であるとの結果を予測させる資料がある。実験では、 α 化コーンスターチおよび α 化ハイアミロースコーンスターチを対照として、6匹のラットに難消化性でん粉を55%レベルで添加した飼料を14日間給与し、脂肪組織における脂肪の過剰蓄積が抑制されることを確認している。その中で、2週間、難消化性でん粉を添加した飼料で飼育を続けても、体重増加は対照区と比べ大きな差はなく、いずれのラットも生存していた。飼料摂取量、終体重から難消化性でん粉の摂取量を計算すると33.5g/1kg体重となり(LD₅₀>33.5g/kg、60kgの体重のヒトに換算すると2,013gの摂取に相当)、安全性は極めて高いと言える。(資料No.1-12)

・食経験

難消化性でん粉は、人類の食べ物の上で長い歴史を持っており、たとえば未加工食品である青いバナナ、ひらまめ、生ポテト中に、また加工食品であるパンの皮、シリアル、加熱して冷却したポテト、コンビニのおにぎりにも難消化性でん粉は含まれている。(資料No.2-10)

オーストラリアのCSIROの調査によれば、食パンや野菜、果物などから摂取する難消化性でん粉、即ちレジスタントスターチは、オーストラリアでは5g/日程度になると試算している。また、ヨーロッパでは3.5~6g/日の範囲であり、日本では7g/日程度になるとの試算がある。難消化性でん粉は特別な食品をとらなくとも人類が食物から摂取している成分であり、長い食経験のある成分のひとつである。(資料No.2-11)

また、難消化性でん粉は食物繊維の定義の問題で論争があったが、最近では食物繊維に含まれる成分として認められており、AOACプロスキー法で測定される食物繊維の中にも含有される。健康の維持増進のため、現代人の食物繊維の摂取量をもっと増やそうという運動の中で難消化性でん粉は有用な素材になっている。以上のように、難消化性でん粉は、安全な食品として長い歴史を持っているといえる。

でん粉はアミロースとアミロペクチンからなり、その比率はそのでん粉が由来する原料の種類によって異なる。タピオカ、甘藷のでん粉のアミロース含量は20%前後であるが、コーンスターチでは25~26%のアミロース含量であることが知られている。旧来からの品種改良により、アミロース含量を50%、70%、

80%にあげたいいわゆるハイアミロースコーンスターチが開発されている。アミロース含量が高いものほど老化性が大きく、難消化性成分（レジスタントスターチ）が多くなるが、天然のアミロース73%のもので食物繊維成分は21%、アミロース含量85%のもので33%と低い食物繊維含量でしかない。

（資料 No.2-12）

アミロース含量の高いでん粉を使って食物繊維摂取量を高めることもできるが、アミロース含量80%のクラス8は未だ工業的生産レベルにいたっていない。そこで、アミロース含量70%のものを加工処理することにより、難消化性部分即ち食物繊維含量を増加させることができれば、食品に添加する際の使用量は少なく済むので食品の物性への影響も少なくなり好都合である。当該難消化性でん粉は、アミロース含量が70%のハイアミロースコーンスターチ（クラス7）を湿熱処理して食物繊維含量を高めたものである。

ところで、湿熱処理とは水と加熱だけで、でん粉を老化させて物性を変える物理的手段のひとつであり、古くから知られていた方法である。でん粉質を含む加工食品を摂取した時に難消化性でん粉が自然に摂れるのは、加工処理によって含まれるでん粉が老化するためである。ここで“老化”とは、アミロースの再結晶化が起こることより、消化酵素により分解を受け難くなることで（レジスタントになることでレジスタントスターチともいう）、上述のように食品加工や食品冷蔵時によく起こる現象である。当該難消化性でん粉を製造する時の条件としては、老化が起こりやすいでん粉であるアミロース含量の高いハイアミロースコーンスターチ、クラス7を原料とし、糊化するためには少ない水の量で、125℃、30分の条件で処理をしている。ここでは精製されたでん粉だけを加熱しており、この熱処理の影響では、でん粉粒子の表面の老化性が高まる程度の変化である。この場合の物性変化としては、老化性が高まることにより、原料ハイアミロースコーンスターチの食物繊維分20%が、難消化性でん粉になると60%程度にアップすることが認められている。

オーストラリアではPAL社の“Hi-maize”（ハイアミロースコーンスターチ、クラス7、食物繊維20%）が食物繊維を強化する目的で、食パン、バンズ、シリアル、パスタ、ビスケット、スナック、スープ、飲料、麺類などに添加して使用されている。資料-3に記載のごとく、“ワンダーホワイト”という食パンは食物繊維が5.6%との表示があることから小麦粉にHi-maizeが15%程度の添加量で使用されていると推定される。また、小麦粉の24%をHi-maizeに置換して食物繊維を7.9%強化したパスタが販売されている。さらに、オーストラリアのマクドナルドは3gの食物繊維入りバンズやマフィンを販売している。この場合のHi-maizeの添加量は10%程度と推定される。特に食パン、“ワンダーホワイト”は発売20週でオーストラリアの食パンの12%のシェアをとり、マーケットを8%

も膨らませるヒット商品になり、表彰されるなどサクセスストーリーとなっている。
(資料No.2-13)

人口1,800万人のオーストラリアで、上記のように年間3,000トンの“Hi-Maize”が消費されているといわれている。また、アメリカにも3,000~4,000トン/年輸出されているといわれる。最近、当社と取り引きのあるオーストラリア唯一のハイアミロースメーカーPAL社から得た情報によれば、主に国内用のHi-Maize用に4,000トン、輸出用のHi-Maize用に1,700トン、ハイアミローススターチとして300トン生産しているとのことである。Hi-Maizeとして全世界で5,000トン以上が消費されていることになる。

難消化性でん粉の原料であるハイアミロースコーンスターチは、日本では主に焼き菓子、冷凍食品、麺類などの物性改良の目的で使用されている。低カロリービスケットに添加されたり、イトーヨーカ堂では、食物繊維を強化する目的でHi-maizeを添加した食パン（食物繊維2.3g/60g）、茹でうどん（食物繊維3.7g/230g）、ヨーグルト（食物繊維0.9g/140g）を販売したことがある。現在もカロリーメイトやヘルシーバランスなどにも使用されている。（資料No.2-14）

当社は1996年に当該難消化性でん粉“ロードスター”を発売したが、昨年までの5年間の販売実績は総計200トン以上に達している。具体的な用途は明らかでない部分もあるが、小麦粉に10%添加したパスタや、クッキーなどの焼き菓子、パン、冷凍食品など広く加工食品に利用されている。（資料No.2-15）

また、当該難消化性でん粉（“ロードスター”）と同類の製品は、1994年頃から外国でも販売されており、ナショナル・スターチ・アンド・ケミカル社のNovelose240（ノベロース）は欧米で広く利用されている。国内では共同開発した三和澱粉工業がアミロジェル HB-450 を扱っており、その他、Opto Food Ingredients の“CrystaLean”や、セレスター社もタピオカスターチを原料としたレジスタントスターチを販売している。（資料 No.2-16）

・ハイアミロースコーンスターチ

アミロメイズでん粉ともよばれ、アミロース含量は50~70%のでん粉である。糊化するには加圧する必要がある、蒸気を用いた連続クッカーが最適である。レトルト処理や油で揚げることで用いられる。アミロース含量が増えると、ゲル化が早く強いゲルを作る性質がある。形をシャープにだすためのキャンデーの型砂として有用である。
(資料 No.2-1)

・湿熱処理について

30年ほど前にSairらは、各種でん粉を相対湿度100%の条件下、90~100℃、16時間処理することにより物理的特性が大きく変化したでん粉、いわゆる湿熱

処理でん粉 (Heat-Moisture Treatment Starch) ができることを見出している。

(資料 No.2-2)

ところが、工業的製造の困難さから、この湿熱処理でん粉を長い間商品化することができなかった。原因は個々のでん粉粒子に高温の水分子を均一に作用させることが大規模工業生産においては極めて難しいからである。そこで近年、新たに減圧・スチーム加熱という新技術を開発し、湿熱処理でん粉の工業的生産に成功した。

(資料 No.3-1)

- ・調理加工で難消化性の部分が増える

1987年、Englyst は、ジャガイモでん粉では調理後長時間経過したり、加熱、冷却を繰り返すと、難消化性のでん粉 (resistant starch) が増加することを示している。この難消化性でん粉は、酵素-重量法 (プロスキー法) で食物繊維として一部定量されるものである。

(資料 No.2-3)

- ・でん粉の老化

老化したアミロースが難消化性でん粉の主要な成分であることが知られている。

(資料 No.2-4)

- ・ハイアミロースコーンスターチの日本での使用状況

糊化しにくく、アミロースの分子間で容易に分子間水素結合を形成して速やかに老化する。このため糊液は急速に不透明になりゲル化する。この性質はコーティング、フィルム化、接着、粘ちよう化等の用途に適性を示す。現在、食品分野ではガム、キャンディーにおけるゲル化時間の短縮化、ポテトチップスのクリスピー性の増大、フライ物の吸油性の低下、パンの老化防止剤、ダイエタリー・ビスケット等がある。

(資料 No.2-5)

- ・ハイアミロースコーンスターチのオーストラリアでの使用状況

食パンに最初に難消化性でん粉を使用したのは1994年のオーストラリアで、ワンダーホワイトというパンに、「Hi-maize」というハイアミロースコーンスターチを組み込んだ。従来の食パンが2.9%の食物繊維を含むのに対し、「Hi-maize」を使用したパンは5.6%の食物繊維を含んでいた。消費者にも好評で、商品が発売されて20週間でオーストラリアにおける食パン市場の12%のシェアを獲得し、同時に食パンの市場は8%拡大した。現在、ワンダーホワイトはオーストラリアで売上NO.1の食パン製品である。ワンダーホワイトの成功により、レジスタントスターチを含有する同様な高食物繊維含有食パンがニュージーランドにて、ネイチャーフレッシュファイバーホワイトという名前で発

売された。

難消化性でん粉の食物繊維の増加と味やテクスチャーを変化させないという特性から、1997年にはマクドナルド・オーストラリアが「Hi-maize」をすべてのバンズとマフィンに取り入れた。このバンズとマフィンには3gの食物繊維を含んでいる。また、朝食シリアルではアンクルトビー社製品の「ヘルスワイズ」、「チームオーストラリア」、「グリナーズ」、ヘインズ社の缶詰パスタや乾燥パスタ「キッズパスタ」、フルーツスナックの「キッズフルーツフィンガー」という商品に「Hi-maize」が組み込まれている。(資料 No.2-6)

また、1973年の文献でハイアミロースコーンスターチの食品における利用が多岐に亘って解説されていることから、その安全性は極めて高く、且つ食経験は長いと考えられる。(資料 No.2-7)

・過剰摂取の問題

通常、難消化性でん粉 10g/日摂取により排便回数、排便量に有意な ($p < 0.05$) 増加を示し、便秘、便性改善効果が認められたので、3倍量/日の過剰摂取による安全性を調べた。健常成人男女6人に難消化性でん粉 30g/日を9日間摂取させたところ何ら消化管の不調や下痢等は示さなかった。(資料 No.1-4)

また、6名のボランティアに当該難消化性でん粉30g(1日摂取目安量の3倍、食物繊維として18g)を添加したパスタを9日間摂取させた試験で、下痢、鼓腸感、腹痛を訴える者は認められないことを確認している。また、試験前後に測定した血清脂質、コレステロール値にも変化が認められなかった。

(資料No.1-8)

・長期摂取での安全性

健常成人男女11人に難消化性でん粉 10g/日配合の食パンを30日間摂取の場合と3人に3ヶ月連続摂取させたところ下痢症状等お腹の異常は認められず健康上問題となる変化は観察されなかった。(資料 No.1-9)

・難消化性でん粉の安定性

酵母による発酵や、180℃以上の熱のかかる焼成中の食パン製造時のほか、パンの消費期限における保存時、摂取時の調理の条件によっても難消化性でん粉の食物繊維含量には変化が見られず、関与する成分は安定であることを確認している。(資料 No.2-8、2-9)

保健の用途等各項目別に使用した文献等の一覧

使用文献一覧表

資料 No.	表題又は資料の名称	著者 又は試験実施者	掲載誌又は 報告書の名称	備考 V71- (査 読)の有無
1-1	Effect of resistant starch on fecal bulk and fermentation-dependent events in humans	Jodi Phillips, Jane G. Muir, Anne Birkett, Zhong X. Lu, Gwyn P. Jones, Kerin O'Dea and Graeme P. Young	American journal of Clinical Nutrition 67:136-42(1998)	有
1-2	Effect of resistant starch on the colon in healthy volunteers: possible implications for cancer prevention	Silke Hylla, Andrea Gostner, Gerda Dusel, Horst Anger, Hans-P Bartram, Stefan U Christl, Heinrich Kasper and Wolfgang Scheppach	American journal of Clinical Nutrition 62:121-30(1995)	有
1-3	Physiological Effect of Resistant Starches on Fecal Bulk, Short Chain Fatty Acids, Blood Lipids and Glycemic Index	David J.A. Jenkins, Vladimir Vuksan, Cyril W.C. Kendall, Pierre Würsch, Roger Jeffcat, Susan Waring, Christine C. Mehling, Edward Vidgen, Livia S.A. Augustin and Evelyn Wong	Journal of the American College of Nutrition 17(6) 609-616 (1998)	有
1-4	Effect of Raw and Heat-Moisture Treated High-Amylose Corn Starch on fermentation by the Rat Cecal Bacteria	Saito,K., Ito,T., Kurabayashi,T., Mothida,K., Nakakuki,T., Shibata,M. and Sugawara,M	Starch, 53, 424-430 (2001)	有
1-5	Heat Moisture Treatment of High Amylose Cornstarch Increases Its Resistant Starch Content but Not Its Physiologic Effects in Rats	Kishida,T., Nogami,H., Himeno,S. and Ebihara,K.	J. Nutr., 131(10), 2716-2721 (2001)	有
1-6	Effect of raw and heat-Moisture-treated high-amylose corn starches on the process of digestion in the rat digestive tract	Ito,T., Saito,K., Sugawara,M., Mochida,K. and Nakakuki,T.	J. Sci. Food Agric., 79, 1203-1207 (1999)	有
1-7	健常人における湿熱処理ハイアミロースコーンスターチ添加パスタ摂取の糞便重量、糞便菌叢に及ぼす影響	持田 和美、伊藤 剛、 栗林 喬、柴田 勝、 菅原 正義	日本栄養・食糧学会 誌、投稿中	有

1-8	難消化性でん粉を配合した食パン摂取が健康成人女性の排便および便性状況におよぼす影響	中山 榮子、陶 明王、 滝 昭夫、竹内 政保	日本臨床栄養学会 雑誌, 24(1), 1-6 (2002)	有
1-9	難消化性でん粉「ロードスター」配合食パンの30日間の長期連続摂取による健康人の便通に及ぼす効果		社内報告書 (2002)	無
1-10	ラットを用いた急性経口毒性試験		試験報告書	無
1-11	変異原性試験		試験報告書	無
1-12	加工処理デンプンの消化・吸収とその脂肪合成に及ぼす影響		研究報告書 1997.3.31	無
2-1	APPLICATIONS OF STARCHES IN FOODS	Moore, CO., Tuschhoff, JV, Hastings, CW. and Schanefelt, RV.	STARCH: Chemistry and Technology, Academic Press, 575-591 (1984)	無
2-2	HEAT-MOISTURE TREATMENT Heat-Moisture Treatment of Starches	Sair, L.	METHODS IN Carbohydrate Chemistry, Academic Press, 283-285 (1964)	無
2-3	難消化性澱粉の特性と機能	不破 英次	日本食品新素材研 究会誌, 1(1), 1-14 (1997)	無
2-4	Digestion of polysaccharides of potato in the small intestine of man	Englyst, HN. and Cummings, JH	Am. J. Clin. Nutr., 45, 423-431 (1987)	有
2-5	高アミロース種トウモロコシ	菊池 一徳	とうもろこしの生 産と利用, 光琳, 220-222 (1987)	無
2-6	Resistant Starch: Plant Breeding, Applications Development and Commercial Use	Brown, LL., McNaught, KJ., ANDrews, D., Morita, T.	Advanced Dietary Fibre Technology, Blackwell Science, 401-412 (2001)	無
2-7	Food applications of High Amylose Starches	Clifford H. Hullinger, Eric Van Patten and James A. Freck	Food Technology (1973)	無
2-8	難消化性でん粉の安定性		社内報告書 (2001)	無
2-9	難消化性でん粉の安定性(2)		社内報告書 (2002)	無
2-10	健康ニーズに対応したでん粉の開発・応用	中澤 英幸	月間フードケミカル 1997.10	無

2-11	DIETARY FIBER, NON-STARCH POLYSACCHARIDES AND RESISTANT STARCH A REVIEW	P.A.Baghurst, K.I.Baghurst and S.J.Record	CSIRO AUSTRARIA 1996	無
2-12	Hi-maize : new directions in starch technology and nutrition	L.L.Brown,K.J. McNaught and E.Moloney	Food Australia 47(6)1995	無
2-13	FOODS with Hi-maize, FOOD APPLICATIONS, Hi-maize SUCCESS STORIES	Goodman Fielder Ingredients.Ltd.	http://www.Hi-maize.com	無
2-14	Hi-maizeを使用した末端製品（イトーヨーカ堂の食パン、茹うどん、ヨーグルト、山の内製菓のヘルシーバランスなど	日本食品化工株式会社		無
2-15	日本市場でのハイアミロースコーンスターチの利用状況 日本製粉（株）パスタ	日本食品化工株式会社		無
2-16	プレバイオティクスとしてのレジスタントスターチの機能	伊藤 剛	Food Style Vol.VI/No.9	無
3-1	湿熱処理ハイアミローススターチ	菓子総合技術センター	食品新素材有効利用, 技術シリーズ No.3 (1999)	無
3-2	湿熱処理された新規デンプンの特性と応用	東田 絃一、中久喜 輝夫	月刊フードケミカル, 1997-10, 35-40 (1997)	無