

# セリアック食事中のオート製品の現在の状況

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)<sup>1, 2</sup>

竹内 美貴 (TAKEUCHI Miki)<sup>3</sup> 中村 智英子 (NAKAMURA Chieko)<sup>3</sup>

Key Words: グルテンフリー, セリアック食事, オート

本論文「新解説 セリアック食事中のオート製品の現在の状況」は“Gluten-Free Cereal Products and Beverages” (Edited by E. K. Arendt and F. D. Bello) 2008 by Academic Press (ELSEVIER) の第8章 Oat products and their current status in the celiac diet を翻訳紹介するものである。

## イントロダクション

高含量の繊維と生物活性の価値ある共存は、一般食のオート、グルテンフリー食の両方を魅力的な物質にしている。オートの食物繊維は、栄養的に特に可溶性区分が高含量で、(1 → 3), (1 → 4) -β-D-グルカンと結び付き、それは全粒重の2-7%にもなりオート粒の主細胞壁成分である (Wood, 1986)。β-グルカンの十分な毎日の食事取り込みは、心臓病や冠動脈疾患の危険性を低下することに結びつく。β-グルカンに加え、オート、特にオートふすまは、ほとんどの他のグルテンフリー粉より高含量の全食物繊維を多く含んでいる (表 8.1)。

さらにオート中のタンパク質含量は、米、あるいはコーン粉よりも高い。

食物繊維、タンパク質に加えて、オートは不飽和脂肪酸、生化学的活性物質量のかなりの量を供給する。オート中、全脂質量は3-9%の範囲である (Brown

and Craddock, 1972)。脂質の大部分は不飽和脂肪酸で、殆どの脂肪酸はモノ不飽和オレイン酸と多価不飽和リノール酸である。オートは高含量の抗酸化剤を持つことが知られ、典型的なトコール (C<sub>26</sub>H<sub>44</sub>O<sub>2</sub>) 含量は約20-30mg/kgである (Lasztity *et al.*, 1980; Peterson and Qureshi, 1993)。他の抗酸化物質でオート中に存在するものにはフェノール酸、アベナンスラミドとステロールがある。各タンパク質のクラス分布はオートはユニークで、グロブリンが最も大きなグループである。対照としてグルテン含有穀物の小麦、ライ麦、大麦グロブリンは全貯蔵タンパク質のほぼ10%であるが、最も大きなグループのプロラミンは全貯蔵タンパク質の80%を占める (図 8.1)。殆どの他の穀物種子貯蔵タンパク質のように、オートプロラミンもグルタミンとプロリンに富んでいる。

多数の臨床研究から、今やオートは多くの国々でグルテンフリー食品の1パートに入ると認められて

表 8.1 全粒オート粉 (Wholegrain oat flour), オートふすま (Oat bran), 一般のグルテンフリー粉 (玄米粉 ((Brown rice flour)), 大豆 ((Soybean)), 全粒トウモロコシ粉 ((Wholegrain maize flour))) の特異的成分

	Wholegrain oat flour (%)	Oat bran (%)	Brown rice flour (%)	Soybean (%)	Wholegrain maize flour (%)
Protein	15-17%	15-18%	6-10%	30-40%	5-10%
Starch and sugars	59-70%	10-50%	70-80%	12-17%	75-85%
Fat	4-9%	5-10%	1-4%	10-20%	2-5%
Total dietary fiber	5-13%	10-40%	3-5%	12-17%	1-2%
β-Glucan	2-6%	5-20%	—	—	—

<sup>1</sup> 神戸女子大学, <sup>2</sup> 日本穀物科学研究会前会長, <sup>3</sup> 神戸女子短期大学

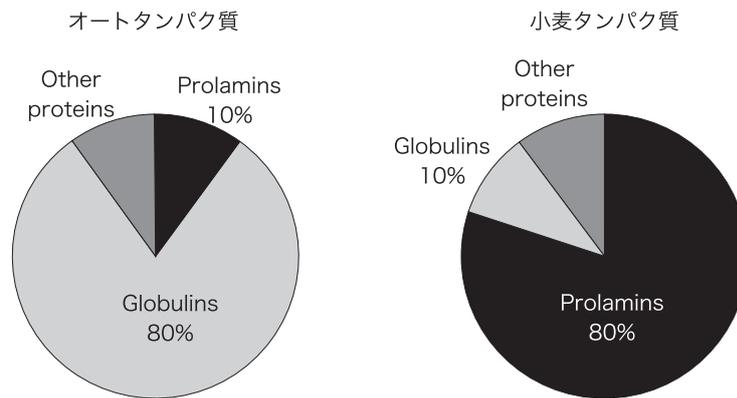


図 8.1 オート，小麦タンパク質区分分布の比較

いる (Leiss 2003; Kupper 2005)。同時に特別のオートブレンドでは，全製造を通してオートが他の穀物とのクロスコンタミしないように注意深くコントロールし，クロスコンタミしても最小にしていることが紹介されている。結果として，多くのセリアック病患者は今やオート製品を彼らの食事の多様性と栄養品質のために用いている。

### オートのグルテンフリーの状況

小麦とともにオートは最も完全にセリアック病と関連して臨床研究された穀物である (表 8.2)。臨床研究は，セリアック病患者用グルテンフリー食事の一部としてオートの適当量の長期使用の安全性を示してきた。

1981 年より Codex standard にはオートをグルテン含有穀物の小麦，ライ麦，大麦とともにグルテン含有穀物と定義されていた。しかしながらグルテンフリー

表 8.2 臨床研究におけるオートの挑戦

Reference	Oat test and control group <sup>a</sup>	Oat challenge, g/day	Oat challenge, months	Result of the oat challenge	Type the tests and measurements
Van de Kamer <i>et al.</i> , 1953	2Children	140	1.8	One of the two children had increased fat excretion	Fecal fat excretion
Moulton, 1959	4Children	56-169	0.8-3.5	No difference, fecal fat excretion in normal limits	Fecal fat excretion
Dissanayake <i>et al.</i> , 1974	4Adults, 1 control	40-60	1	No clinical symptoms	jejunal (duodenal) biopsies, quantitative histological studies
Baker <i>et al.</i> , 1976	11 Adults, 1 child	60	1	No change in xylose excretion for nine, increased excretion for three	Xylose test
Janatuinen <i>et al.</i> , 1995	92 Adults: oat/control 26/26 previously 19/21 newly diagnosed	44-50	6	No differences in clinical symptoms, 6 in oat and 5 in control group with drew from the study	Duodenal biopsies, sereological, histological, morphometrical measurements
Janatuinen <i>et al.</i> , 2000			12		
Srinivasan <i>et al.</i> , 1996	10 Adults	50	3	No serological and no histological changes	Duodenal biopsies, sereological, histological, morphometrical measurements
Hardman <i>et al.</i> , 1997	10 Adults with dermatitis herpetiformis	63	3	No delereious effects on skin or itesine	Duodenal biopsy, skin biospy, sereological, immunohistochemical, and morphometrical measurements
Reunala <i>et al.</i> , 1998	23 Adults with dermatitis herpetiformis 12/11 oat/control	53	6	No changes in small bowel mucosa, three developed rash in the oat and control group	Duodenal biopsy, skin biospy, sereological, immunohistochemical, and morphometrical measurements
Hardman <i>et al.</i> , 1999	2 Adults with dermatitis herpetiformis	2.5 (oat prolamin)	5days	Notoxic effects in skin or intesine by oat prolamin challenge	Duodenal biopsy, skin biospy, sereological, histochemical, and morphometrical measurements

製品のスタンダードは最近の Codex Alimentarius 法のステップ6であり、グルテンフリー食品としてのオートの利用は国際レベルであると決められていると記述されている。米国 Food and Drug Administration (FDA) が 2007 年 1 月に提案したのは、“グルテンフリー”という言葉の定義にはグルテンフリー製品中にオートの入ることを禁止してはいないということである。

セリアック病と帯状疱疹を持つフィンランド患者は、1997 年来オートを含むグルテンフリー食事をしている。2001 年来、オート食品はまたフィンランドでセリアック病の子供により容認された穀物リストに入っている。この国ではセリアック病の大人の 73% がオート食品を彼らの毎日の食事に使っている (Peraaho *et al.*, 2004a, 2004b)。患者は味、使いやすさ、低コストを知り；彼らの 94% はオートがグルテンフリー製品と解釈している。

### オート製品

オートは皮付きで収穫され、人が食べるのにはオート製品から除去する必要がある。さらに内胚乳脂質—

修正酵素、特にリパーゼは、またリポキシゲナーゼ、リポパーオキシダーゼは、さらに使うのに特に加熱処理によって不活性化する。脱皮、および加熱処理したオート粒は異なった成分とともに食品を色々な形に加工し、見てくれ、味、技術的機能を持ったものにする。

### オート製粉による区分化

オート粒の主な技術的部分は、皮、細胞壁（例えばふすま）、内胚乳区分である。硬い外皮は 30-40% 粒重量を占める。オート製品を述べる異なった言葉の利用の多様性を明らかにするために、American Association of Cereal Chemists (AACC) のオート委員会はオート製粉区分の定義を調べ始めた (表 8.3)。オート全粒の大部分のうち、人が消費するのはオートフレークのローラーミル、あるいは粒を 3-4 部分に金属カッターで切って作る。オート粉と比べ、これらのハンドリングとその先の加工はオート粉を固める時やりやすくする。オートフレークはベーキング加工に用いられるが、一度水と混ぜて簡単に崩壊

表 8.2 臨床研究におけるオートの挑戦

Reference	Oat test and control group <sup>a</sup>	Oat challenge, g/day	Oat challenge, months	Result of the oat challenge	Type the tests and measurements
Hoffenberg <i>et al.</i> , 2000	10 Children, newly diagnosed	24	6	Improvement in the tests and clinical measurements in 8 of 10 patients	Duodenal biopsy, sereological, histological, morphometrical measurements
Janatuinen <i>et al.</i> , 2002	63 Adults: 35/28 oat/control	34	60 (5 years)	No differences between the oats and control group with in 5 year study	Duodenal biopsies, sereological, histological, and morphometrical measurements
Lundin <i>et al.</i> , 2003	19 Adults	50	3	No clinical symptoms in 18; one got villous atrophy	Duodenal biopsies, sereological, histological, and morphometrical measurements
Störsrud <i>et al.</i> , 2003	20 Adults	93	24	No morphological or sereological negative effects, five withdraw in the 2 year study	Duodenal biopsies, sereological, histological, and morphometrical measurements
Hogberg <i>et al.</i> , 2004	116 Children: 57/59 oats/control	15	12	No differences in clinical and small bowel mucosal healing between oats and control group, 15 in oat and 7 in control group withdraw the study	Duodenal biopsies, sereological, histological, and morphometrical measurements
Peräaho <i>et al.</i> , 2004a	39 Adults 23/16 oat/control	50	12	Mucosal integrity was not disturbed but increase in intestinal symptoms in oat group	Sereological, histological, morphometrical measurements, psychological general well-being questionnaire, and gastrointestinal symptoms
Holm <i>et al.</i> , 2006	32 Children 12/11 oat/control, 9 newly diagnosed	45	24/7 years follow up	No differences in clinical and small bowel mucosal healing between oats and control group, with oats better compliance	Sereological, histological, and morphometrical measurements

<sup>a</sup> Studies that included a control group of patients with celiac disease are marked.

表 8.3 オート製粉区分の定義

オート製品	定義
オート皮 (Oat hulls)	伝統的なプロセスの製品であり、主にオートのひき割りを囲む繊維状のシート
オートひき割り (Oat groat)	オートの穀粒の一部でありオートの全粒穀物は、外皮の後に残る
押しオート, オートミール Rolled oats, oat meal)	蒸し, 必要に応じて切断, ローリング, フレーキングによって生成されるクリーンな 100%オートひき割り
全オート粉 (Whole oat flour)	蒸しとサイズ縮小により, オートのひき割り全体から材料を失うことなく得られた製品
オート粉 (Oat flour)	粗い粒子またはふすまの部分が除去された細かく粒状化された材料であり, きれいなオートのひき割りまたはその一部の蒸しおよびサイズ縮小によって生成される
スチールカットオート (スチールカットオートひき割り) Steel cut oats (steel cut groats)	蒸して 2 つ以上の部分に粗く切ることによって生成されるきれいな 100%オートひき割り
オートふすま (Oat bran)	クリーンな 100%オートのひき割り, またはグロート全体から, 定義された $\beta$ -グルカン, 総食物繊維, および可溶性食物繊維の含有量を含む画分に材料を失うことなく得られた製品から製造
オート繊維 (Oat fiber)	ひき割り穀物成分を実質的に含まず, 少なくとも 85% (乾燥重量ベース) の不溶性食物繊維含有量を有するオート殻に由来する

AACC Approved Methods, by AACC Oat Committee, 2003.

する。使用するときにはこの崩壊は望ましくなく、もっと厚いフレークが使われやすい。対照としてカット粒は、ベーキング加工の間その構造の部分を持し、最後の製品に粒の外観を残す。

健康の効果は、主にオート製品中の全食物繊維、 $\beta$ -グルカン含量に頼るところがあり、しばしばオート製品は $\beta$ -グルカン含量により特徴づけられる。脱皮オート全粒中の $\beta$ -グルカンはふすま製品に富んでいる。ふすまは、オート全粒粉から篩でデンプン内胚乳を除去し、あるいは空気分級で除去し作られる。ふすま中に残るデンプン内胚乳量の量は、製品から製品により違って来る。普通のオートふすまは、典型的には6-8% $\beta$ -グルカンを含み、一方変わったオートふすま濃縮物は22%まで $\beta$ -グルカンを含むことができる。より高い $\beta$ -グルカン含量は適応の抽出プロセスを使って得ることができる。

オート製粉区分はまたエクスクルド製品として利用できる。エクストルージョン加工は僅かにロースト臭を加えてフレーバーを変え、オートデンプンをアルファ化デンプンにする。他の穀物に比べ、オートはまた高脂質含量でもある。例えばオート脂質が栄養的に有益であると考えられても、それらは加工性質上は悪影響を与え、オート加工の貯蔵安定性には悪い影響がある。結果的にはあるオート製品では、

安定性を良くするためさらに加工前にソルベント抽出して脱脂する。

### オートを含む消費用品: 技術と挑戦

オートは色々な消費者用製品に含まれセリアック病患者の食事に多様されている。

オートだけでは伝統的製パン加工には適しておらず、ほとんどの市販オートパンには小麦粉のかなりの量が入っている。市販オートパンのタンパク質ネットワークは、しばしば添加グルテンで強化されている。そこで最近利用される殆どのオートパンはセリアック病患者にとって適当ではない。しかしながら新たなベーキング加工を応用するとグルテンフリーオートパンを作ることが可能である。典型的なグルテンフリーパンはデンプンに基づくものである。デンプンパンはしばしば穀物フレーバーを欠き、グルテン含有パンのような口当たりの良いクラム構造を示すことに欠けている。オートを他のグルテンフリー成分と混ぜると、好ましい香りと味はテクスチュア同様に達成することができる。オートを全粒フレークあるいは粉で殆どを用いると、それらはマイルドなナッツ臭が出る。

最近のベーキング技術ではオートパン 51-100%のものが開発され (Flander *et al.*, 2007), そしてはじめ

表 8.4 オート含有食品製品：現商品と将来

消費者製品タイプ	典型的オート製粉 / 用いたオート成分	備考
パン	すべての適当なオート製品	小麦グルテンを添加せずにオート麦パンを製造するには、新しい製パン技術が必要。
カユ	オートフレーク, オートふすま	他の非グルテン粉と組み合わせること可能。
パスタ	オート粉, オートふすま	ほとんどのオート麦パスタ製品には、多量的小麦を含む。
スナック	エクストルード製品	オート麦は風味を提供し、栄養状態を高める。
ドリンク	オートフレーク	1. 粒子状物質を含まない牛乳タイプのオート麦抽出物。 2. 粒子状物質を含むヨーグルトタイプのコロイド製品。
ミューズリー	オートフレーク, エクストルードオート製品	
朝食セリアル	エクストルードオート製品	米またはトウモロコシ澱粉は通常、構造を改善するためにエクストルードオート製品に追加される。
菓子, ビスケット	抽出オート, オートフレーク	
加工フード	オートフレーク, $\alpha$ 化オート製品	オート麦製品は、パン粉などの小麦ベースの水結着剤の代わりに使用できる。

ての製品がすでに市販された ([www.eho.fi](http://www.eho.fi) for a 100% oat bread を参照)。

パンに加えて、オートは広く色々な他の製品に用いられ、スナックやかゆがある。オート・スラリーの発酵は、ヨーグルトタイプのものを作るので、それはセリアック病患者ミルクアレルギー、乳糖不耐症の患者に用いることができる。いくらかオート含有する飲料もマーケットに現われている（例えばオートミルク）(Lindahl *et al.*, 1997; Onning *et al.*, 1998; Chronakis *et al.*, 2004), およびオートベリー飲料である。オートアイスクリーム、オートパンケーキミックス、ミール置換飲料 (Mokola 2004) は、すべて全体的に新規な高水分オート食品である。Lyly *et al.*, (2004)の研究は、オート  $\beta$ -グルカンが技術的にはスープ中の好ましい粘り剤であるが消費者に好まれている。オート抽出物の高いせん断力粘度により、製品溶液あるいは高水分食品に対する技術が調べられた。しかしながらこの製品はセリアック病患者以外の高いマーケットの可能性があると (表 8.4)。

#### オート製品のグルテンフリー状況の解析法

他の穀物あるいはグルテンフリー食品中の成分同様、オートには小麦、大麦、ライ麦のように禁止された穀物種がコンタミしている。コンタミは農地で

起こるが、輸送、貯蔵、製粉あるいは食品加工中にも混入することがある。

グルテン分析法はいろいろな食品の母形からの混入するプロラミンの正確な定量が期待される。2つの ELISA 法によるグルテン分析が広く商業的に利用される。それらの違いは、プロラミン検知のための抗体である。1つはモノクローナル  $\omega$ -グリアジン抗体で、熱安定性  $\omega$ -fraction は小麦、ライ麦、大麦プロラミンから作られ、しかしオートアベニンからではない (Hill and Skerit 1989)。その主な欠点は大麦、ライ麦プロラミンが小麦プロラミンと同じ感度の検知ができないからである。さらに Wieser (2000) は、相対的  $\omega$ -グリアジン量が小麦品種で違いがあり、そのことが不正確な結果を導くことを示した。他に、もっと最近の ELISA 法はライプロラミンに対して産生したモノクローナル抗体 R5 に基づいている (Sorell *et al.*, 1998; Valdes *et al.*, 2003)。この方法は、一時的な承認が Codex Committee on Methods of Analysis and Sampling (Codex Alimentarius Commission, 2005) としてされ、the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (Codex Alimentarius Commission 2003) によりさらに進められた。抗体 R5 は 5 ペプチド QQPF (グルタミン-グルタミン-プロリン-フェニルアラニン-プロリン) が小麦、ライ麦、大麦

ロラミンに存在するのを認識し、しかしオートにはないことを認識する (Kasarda, 1995)。この配列はプロラミンに何度か繰り返しが見られ、特に  $\omega$ -タイププロラミンに見られる (Shewry and Tatham, 1999)。Osman *et al.*, (2001) は、この抗体で認識できる異なったペプチドを研究し、エピトープ中最も重要な必要構造は dipeptide FP のようであることを報告した。このペプチドは小さく色々な異なった起源のタンパク質にあるので、可能性としては、抗体 R5 はセリアック病の人々に有毒ではない多くのペプチドを認識する可能性がある。結果として、誤検知の危険性があり、それはグルテンフリー食品の現在のバラエティーを低下させる。

Kanerva *et al.*, (2006) は、大麦コンタミ既知量のわかったオートサンプルを作りプロラミン含量の定量をした。結果、R5 抗体に基づく ELISA 法では数倍のオート基準サンプル中のプロラミン含量を示したが、その結果はそれらのあるべき値よりもずっと高かった (つまり実際に存在するよりオートサンプル中 7-30 倍高いホールデン濃度であった)。その結果はホールデンがグリアジンの代わりにスタンダードとして使われる時に改良された (Kanerva *et al.*, 2006)。この現象はグルテンフリー製品の大麦の僅か量が含まむなら分析を難しくし、そして多分マーケットからいくつかのグルテンフリー製品を不必要にはじき出すことになる。そこで大きな必要あるものは分析方法であり、食品成分および加工食品中セリアック毒ペプチドの差別化と定量化できるものである。オートはセリアック病の患者の食事の一部に適しているため、小麦、ライ、大麦と差別化するより特異的な方法が必要である。

### これからの傾向と結論

現在の臨床データによると、明らかにオートはグルテンフリー食品に含まれる。Holm *et al.*, (2006) は、セリアック病を持つ子供がまたコンタミのないオートを長い間彼らの食事の一部として消費して来たこと述べた。さらにオートの入った製品は子供によく受

け入れられている。Carsed and Scott (2007) は、最近のレビューの中で以前の矛盾していたデータは少なくともオートへの小麦の一部コンタミによるものであったと結論している。北欧諸国では大麦は典型的なオートのコンタミがある。オートがセリアック病患者にとり広く、安全だとすすめられる前に、コンタミのない、安全なオート製品の農場から食卓までのチェーンが必要であることは明らかである。“純粋オート”製品は近年発達し、いくつかの製品はマーケットに出ている (例えば [www.creamhillestates.com](http://www.creamhillestates.com) and [www.provena.fi](http://www.provena.fi) を参照)。

コンタミのない、“純粋”オートはグルテンフリー食品に本当に変わる。オートの典型的な穀物の特徴を製品に届け、ベーカリー食品、カユ、スナックのような典型的な穀物利用の材料として用いることができる。全粒オートベーキング技術の進歩は、さらに伝統的タイプのソフトパンの品質、指向性を改良した。セリアック病患者のオートパン選択はすでに市販的に利用されている (例えば [www.moilas.fi](http://www.moilas.fi) を参照)。

オート、および特別のオート区分は、現在の消費者の高繊維製品への要望を満足させる。オート区分は、例えば飲料、ヨーグルトタイプ食品、乳製品のような最近の健康増進製品のいくつかのタイプに適している。オートは一般に広く受け入れられているので、全ファミリーに選ばれ、少々グルテンフリー製品へのコンプレックスはもう必要ない。これはセリアック病患者にとってはっきりとした助けとなるが、それはグルテンフリー製品は基本的な製品よりも典型的に高価だからである。

食品中へのオートの取り込みは、グルテンフリー食品にとってはいくつかの変更点が必要になる。現時点ではオートはほんのわずかの国々でグルテンフリー食品として承認されている。もっとオートを広く受け入れるためには、セリアック社会、当局、科学者、全食品生産チェーン間の活発な協力が必要である。

## References

- Baker, P. G. and Read, A. E. (1976). *Postgrad Med. J.* **52**: 264-268.
- Brown, C. M. and Craddock, J. C. (1972). *Crop Sci.* **12**: 514-515.
- Chronakis, I. S., Oste Triantafyllou, A., and Oste, R. (2004). *J. Cereal Sci.* **40**: 183-193.
- Codex Alimentarius Commission (2003). Report of the 25th Session of Codex Committee on Foods for Special Uses.
- Codex Alimentarius Commission (2005). Report of the 26th Session of Codex Committee on Methods of Analysis and Sampling.
- Dissanayake, A. S., Truelove, S. C., and Whitehead, R. (1974). *BMJ* **4**: 189-191.
- Flander, L., Salmenkallio-Marttila, M., Suortti, T., and Autio, K. (2007). *Lebensm. Wiss. Technol.* **40**: 860-870.
- Garsed, K., and Scott, B. B. (2007). *Scand. J. Gastroenterol.* **42**: 171-178.
- Hardman, C. M., Garioch, J. J., Leonard, J. N., Thomas, H. J. W., Walker, M. M., and Lortan, J. E. (1997). *N. Engl. J. Med.* **337**: 1884-1887.
- Hardman, C., Fry, L., Tatham, A., and Thomas, H. J. W. (1999). *N. Engl. J. Med.* **340**: 321.
- Hill, A. S., and Skeritt, J. H., (1989). Patent number GB2207921 (CA1294903).
- Hoffenberg, E. J., Hass, J., Drescher, A., Barnburst, R., Osberg, I., and Bao, F. (2000). *J. Pediatr.* **137**: 361-366.
- Hogberg, L., Laurin, P., Falth-Magnusson, K., Grant, C., Grodzinsky, E., and Jansson, G. (2004). *Gut* **53**: 649-654.
- Holm, K., Maki, M., Vuolteenaho, N. et al. (2006). *Aliment. Pharmacol. Ther.* **23**: 1463-1472.
- Janatuinen, E. K., Pikkarainen, P. H., Kempainen, T. A., Kosma, V. -M., Jarvinen, R. M. K., and Uustitupa, M. I. J. (1995). *N. Engl. J. Med.* **333**: 1033-1037.
- Janatuinen, E. K., Kempainen, T. A., Pikkarainen, P. H., Holm, K. H., Kosma, V.-M., and Uustitupa, M. I. J. (2000). *Gut* **46**: 327-331.
- Janatuinen, E. K., Kempainen, T. A., Julkunen, R. J. K., Kosma, V.-M., Maki, M., and Heikkinen, M (2002). *Gut* **50**: 332-335.
- Kanerva, P., Sontag-Strohm, T., Ryöppy, P., Alho-Lehto, P., and ja Salovaara, H. (2006). *J. Cereal Sci.* **44**: 347-352.
- Kasarda, D. D. (1996). Gluten and gliadin: precipitating factors in coeliac disease. In: Maki, M., Collin, P., and Visakorpi, J. K. eds. Coeliac Disease, Proceedings of the Seventh International Symposium on Coeliac Disease, Vammalan kirjapaino, Tampere, Finland, pp.195-212.
- Kupper, C. (2005). *Gastroenterology* **128**: 121-127.
- Lasztity, R., Berndorfer-Kraszner, E., and Huszar, M. (1980). Cereals Food Beverages, Recent Prog. Cereal Chem. Technol., [Proc. Int. Conf.] 429-445.
- Leiss, O. (2003). Aktuelle Ernährungsmedizin 28, 385-397. [In German] Lindahl, L. Ahlden, I., Oste, R., and Sjöholm, I. (1997). US Patent 5686123.
- Lundin, K. E. A., Nilsen, E. M., Scott, H. G., Loberg, E. M., Gjoen, A., and Bratlie, J. (2003). *Gut* **52**: 1949-1952.
- Lyly M., Salmenkallio-Marttila, M., Suortti, T., Autio, K., Poutanen, K., and Lahteenmaki, L. (2004). *Lebensm. Wiss. Technol.* **37**: 749-761.
- Mikola, M. (2004). Natural oat bran instant drink. In: Peltonen-Sainio, P. and Topi-Hulmi, M. eds. Proceedings of the 7th International Oat Conference, Jokioinen, MTT Agrifood Research, Finland, p.99.
- Moulton, A. L. C. (1959). *Arch. Dis. Child.* **34**: 51-55.
- Onning, G., Akesson, B., Oste, R., and Lundquist, L. (1998). *Ann. Nutr. Metab.* **42**: 211-220.
- Osman, A. A., Uhlig, H. H., Valdes, I., Amin, M., Mendez, E., and Mothe, T. (2001). *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.* **13**: 1-5.
- Peraaho, M., Collin, P., Kaukinen, K., Kekkonen, L., Miettinen, S., and Maki, M. (2004a). *J. Am. Diet. Assoc.* **104**: 1148-1150.
- Peraaho, M., Kaukinen, K., Mustalahti, N. et al. (2004b). *Scand. J. Gastroenterol.* **39**: 27-31.
- Peterson, D. M., and Qureshi, A. A. (1993). *Cereal Chem.* **70**: 157-162.
- Reunala, T., Collin, P., Holm, K. et al.: (1998). *Gut* **43**: 490-493.
- Shewry, P. R., and Tatham, A. S., (1999). The characteristics, structures and evolutionary relationships of prolamins. In: Shewry, P. R. and Casey, R. eds. Seed Proteins. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp.11-33.
- Sorell, L., Lopez, J. A., Valdes, I. et al. (1998). *FEBS Lett.* **439**: 46-50.
- Srinivasan, U., Leonard, N., Jones, E., Kasarda, D. D., Weir, D. G., and O'Farrelly, C. (1996). *BMJ* **313**: 1300-1301.
- Storsrud, S., Olsson, M., Arvidsson, L. R., Nilsson, O., and Kilander, A. (2003). *Eur. J. Clin. Nutr.* **57**: 163-169.
- Valdes, I., Garcia, E., Llorente, M., and Mendez, E. (2003). *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.* **15**: 465-474.
- Van de Kamer, J. H., Weijers, H. A., and Dicke, W. K. (1953). *Acta Paediatr.* **42**: 223-231.
- Wieser, H. (2000). *Eur. Food Res. Techn.* **211**: 262-268.
- Wood, P. J., (1986). Oat  $\beta$ -glucan: Structure, location and properties. In: Webster, F. H. ed. Oats: Chemistry and Technology. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, pp.121-152.