

穀類（大麦）に含まれるフェルラ酸の調理・加工による遊離方法の検討

Investigation of methods for releasing Ferulic acid contained in Cereal Grains (Barley) through cooking and processing

柳内 志織
Shiori Yanai

大妻女子大学人間生活文化研究所
Institute of Human Culture Studies, Otsuma Women's University

キーワード：大麦，食物繊維，フェルラ酸
Key words : Barley, Dietary fiber , Ferulic acid

1. 研究目的

日本人の平均食物摂取量は、食生活の変化に伴い減少傾向にある。近年では腸内環境を整える「腸活」が注目され、プレバイオティクスを含む食品として食物繊維やオリゴ糖などの研究が進められている。さらに、腸内細菌叢の多様性が健康維持に不可欠であり、酪酸やプロピオン酸などの短鎖脂肪酸を産生する腸内細菌を活性化させる発酵性食物繊維への関心も高まっている。特に、日常的に摂取しやすい麦類に関する研究が進んでおり、精麦した小麦や大麦はその代表例である。また、一般的に廃棄されがちな小麦ふすまや大麦糠には、機能性成分が豊富に含まれていると考えられ、小麦ふすまを活用した食品開発が進んでいる一方で、大麦糠を用いた製品は依然として少数である。

フェルラ酸は、植物に存在するポリフェノール的一种であり、植物の細胞壁に豊富に含まれるフェノール性化合物である^{1,2)}。強力な抗酸化作用を有し、酸化ストレスから細胞を保護することによって、炎症や慢性疾患のリスクを低減させる可能性が示唆されている³⁾。しかし、フェルラ酸は植物細胞壁中でアラビノキシランと結合し、不溶性食物繊維として構造を保持する役割を担っている⁴⁾。この結合により、フェルラ酸の抗酸化作用が制限される可能性があり、アラビノキシランとの結合を解くことによって、フェルラ酸の生理機能が向上する可能性が考えられる⁵⁾。

フェルラ酸やアラビノキシランは穀類に多く含まれており、特に大麦には他の穀類と比較しても

豊富に含まれている³⁾。大麦の摂取方法としては、精麦した大麦を精白米とともに炊飯するなどにより、継続的な摂取が容易となると考えられる一方で、大麦糠部分にも高濃度で含まれているが、糠を使用した調理例はほとんどなく、日常的に摂取するための調理法の検討が求められる。

また、大麦は加水・加熱調理を経て摂取されるが、調理加工によるフェルラ酸の遊離に関する研究は限られている。フェルラ酸の遊離にはキシラナーゼ酵素の作用が有効であることが報告⁶⁾されており、キシラナーゼはアラビノキシランとの結合を解離させる酵素として知られている⁷⁾。しかし、日常的な食生活において酵素や微生物の利用は容易ではないため、調理・加工によるフェルラ酸の遊離促進が望ましい。

さらにフェルラ酸の遊離に伴い、アラビノキシランも遊離する。機能性表示食品の届出報告では「小麦ブラン由来アラビノキシラン」として、腸内の酪酸菌を増やし、腸内環境を改善する食品が報告されている。レビューなどにおいても、抗酸化、低血糖、抗腫瘍、プロバイオティクスの増殖能力などの生物学的活性^{8,9)}が示されており、本研究においてもアラビノキシランの生理活性効果も期待される。

本研究では、大麦糠について加水・加熱調理によるフェルラ酸とアラビノキシランの遊離促進メカニズムを検討し、調理法の工夫により、これらの抗酸化性物質や食物繊維の生体利用率および抗酸化能に与える影響を明らかにすることを目的とし、小麦ふすまや大麦に関する文献調査および大

麦糠の食物繊維に関わる実験を行い、研究の基盤を構築することとした。

2. 研究実施内容

大麦糠は、うるち性大麦糠と、もち性大麦糠の2種の粉末を用いた。(株式会社はくばくより供与)

(1) 大麦糠中の総フェルラ酸量の測定

試料中の総フェルラ酸量は日本食品分析センターに委託し、アルカリ溶液を用いて加水分解処理後、高速液体クロマトグラフィーを用いて測定を行った。その結果、総フェルラ酸量は、うるち性大麦糠で 0.22g/100g、もち性大麦糠で 0.27g/100g であった。

(2) 大麦糠中の食物繊維分析

大麦糠2種について、AOAC法2011.25で示されている統合型分析法を用いて食物繊維量の分析を行った。本試験法により、従来のプロスキー変法では定量できなかった、難消化性オリゴ糖や糖アルコール、レジスタントスターチなどの低分子水溶性食物繊維を定量が可能となる。試験では、大麦糠2試料をそれぞれ1.00g秤量し、マレイン酸緩衝液、膵臓 α -アミラーゼ、AMGを添加したものを37°Cで12時間振とうしながら反応させた。トリス塩基性溶液を添加しpHを約8.2に調整、100°Cで20分加熱後、約60°Cまで冷却した。プロテアーゼを添加し、さらに60°Cで30分反応後、室温まで冷却したものに、酢酸およびソルビトール(内部標準)を添加後、セライト入り濾過器で濾過を行った(以下、第一濾過)。残渣を乾燥後精秤した(第一濾過後残渣)、ろ液にはエタノールを添加し、セライト入り濾過器で濾過を行った(以下、第二濾過)。残渣を乾燥後精秤した(第二濾過後残渣)。ろ液はSDFS(低分子水溶性食物繊維)定量の継続研究のため保存を行った。

残渣の回収率を表1に示した。なお、AOAC法2011.25においては、それぞれの残渣について灰分、粗たんぱく質を定量し、残渣から補正を行う。補正した場合は、第一濾過後残渣をIDF(不溶性食物繊維)、第二濾過後残渣をSDFP(高分子水溶性食物繊維)と示す。しかし、本研究では灰分、粗たんぱく質の分析を行っていないため、回収率を示すが、第一濾過後残渣にはIDF、第二濾過後残渣にはSDFPが多くを占めると考えられる。その結果、もち性大麦糠よりうるち性大麦糠のほうが、IDFを多く含む第一濾過後残渣が多く残ったが、SDFP

を多く含む第二濾過後残渣では、もち性大麦糠が多く残ったことが示された。

表1.大麦糠成分の回収率(%)

	うるち性 大麦糠	もち性 大麦糠
第一濾過後残渣	38.40	29.16
第二濾過後残渣	4.26	6.38

3. まとめと今後の課題

研究当初、大麦に関する機能性成分を主に検討したところ、大麦糠の食物繊維についての研究報告が少なく、大麦糠の多くが家畜飼料として利用されていることから、大麦糠について着目することとした。大麦糠中のフェルラ酸の含有量については明らかとなったが、対象となる小麦ふすまについても同様の分析法を行うことで対比および評価が可能となるため、併せての分析が必要と考えられた。また、フェルラ酸については米糠ピッチから大量のフェルラ酸を生成する研究についての報告⁹⁾も見られたことから、大麦糠にも同様にフェルラ酸を期待できると考えている。

食物繊維の含有量をまとめた報告¹⁰⁾では、小麦ふすまについて、小麦ふすま(All-Bran Kellogg Co)中の総食物繊維は31.6g/100g dry wt、不溶性食物繊維は26.35g/100g dry wt、水溶性食物繊維は5.24g/100g dry wtと報告されている。本研究における大麦糠中の食物繊維量は同等ほどの食物繊維を含むと考えられた。しかし本研究は、AOAC法2011.25だが、既報B)の発行が1991年であることから、定量法がAOAC法2011.25ではないことが考えられること、灰分および粗たんぱく質を補正していないこと、またSDFS(低分子水溶性食物繊維)の定量も行っていないことから、これらを含めても総食物繊維量は多くなると考えられた。

今後、濾過後残渣の灰分および粗たんぱく質の定量を行い補正することでIDF量、SDFP量を算出し、SDFS(低分子水溶性食物繊維)は、高速液体クロマトグラフィーによる定量を検討していきたい。また、近年、機能性関与成分として着目されている大麦 β -グルカン量も定量することにより、大麦糠に含まれる食物繊維に関わる機能性成分が明らかになると考えられる。それと同時に調理・加工についての検討も進めたい。

参考文献

- 1) 荒木良太：認知症の周辺症状（BPSD）の治療におけるフェルラ酸の有用性に関する研究. 認知症治療研究会会誌, 7 : 1, 32-34, 2021
- 2) 玉川浩司, 飯塚崇史, 福島誠, 遠藤好司, 小宮山美弘：大麦糠のポリフェノール抽出物の抗酸化能. 日本食品化学工学会誌, 44 : 7, 512-515, 1997
- 3) 青江誠一郎：穀類に含まれる食物繊維の特徴について. 日本調理科学会（総説）, 49 : 5, 297-302, 2016
- 4) 石井忠, 西谷和彦, 梅澤俊明編：植物細胞壁. 講談社, 東京, 23-57, 2013
- 5) 谷口久次, 野村英作, 細田朝夫：米糠から生産されるフェルラ酸の有用物質への展開. 有機合成化学協会誌（総説）, 61 : 4, 310-321, 2003
- 6) 木村功, 岡崎賢志, 藤井浩子：小豆島桶醤油の好気性に関する研究（1）麹菌酵素によるフェルラ酸の遊離について. 研究報告, 香川県産業技術センター, 13, 6-8, 2013
- 7) 小関卓也, 伏信進矢：麹菌由来のフェルラ酸エステラーゼの多様性とその応用. 日本醸造協会誌（総説）, 108 : 4, 204-210, 2013
- 8) Jinxin Pang et al. : Recent Developments in Molecular Characterization, Bioactivity, and Application of Arabinoxylans from Different Sources. *Polymers*, 225, 15, 2023
- 9) Zhuoyun Chen et al : Arabinoxylan structural characteristics, interaction with gut microbiota and potential health functions. *Journal of Functional Foods*, 54, 536-551, 2019
- 10) 中山行穂：食物繊維の構造と機能(2)物理・化学的性質と食物繊維含有量. 生活衛生, 35 : 2, 88-93, 1991

付記

本研究は大妻女子大学人間生活文化研究所の研究助成（R2401）「穀類（大麦）に含まれるフェルラ酸の調理・加工による遊離方法の検討」を受けたものです。