

搗精および加熱が雑穀の機能性に及ぼす影響

野中 稔 水口 聡*

Effects of Polishing and Heat Treatment on Food Function of Millets

NONAKA Minoru and MINAKUCHI Satoshi

要 旨

スローフード運動に代表される雑穀の持つ機能性について、加工調理段階での変化について解明するため、搗精および炊飯後のポリフェノール・脂質酸化抑制能・フィチン酸等機能性の変化について検討を行った。その結果、搗精処理によりポリフェノールは、シコクビエ、モチアワ、モチムギで減少したが、モチキビでは変化しなかった。脂質酸化抑制能はモチアワ、モチムギで減少したが、シコクビエ、モチキビは変化しなかった。加熱炊飯によりポリフェノールは、シコクビエで減少した。ラジカル消去能では変化がなかった。フィチン酸は玄米、モチキビ、モチムギで減少したが、他品目では変化がなかった。機能性は、品目で搗精および加熱処理により異なる変化を示すことが明らかになった。

キーワード： 機能性、雑穀、脂質酸化抑制能、炊飯、搗精、ポリフェノール、フィチン酸、ラジカル消去能

1. はじめに

近年、食品の品質は、一次機能（栄養性）や二次機能（嗜好性）を中心に評価または論じられてきたが、人間の体調調節・生体防御・疾病の予防回復など三次機能についても、食品の機能として注目されはじめた。

また、雑穀類はスローフード運動に代表される食物で、消費者の食生活に溶け込みつつあり、機能性成分を豊富に含んだ食物と考えられている。雑穀の機能性に関する研究が進む中で、愛媛県産雑穀の流通及び消費拡大を図るため、搗精や炊飯等加工による消費段階での雑穀の機能性の変化について検討を行ったので報告する。

2. 試験方法

2.1 搗精処理が雑穀の機能性に及ぼす影響

穀類を加熱調理する前処理としてまず搗精処理を行い、精穀とする事が一般的である。本研究では、愛媛県内で栽培されている雑穀について、ポリフェノール・脂質酸化抑制能等の機能性が搗精によってどう変化を示すのか、搗精処理前後の総ポリフェノール含量、脂質酸化抑制能の2つの機能性の変化について検討した。

材料には、県内東温市の雑穀生産販売農家が2005年に生産したシコクビエ、モチキビ、モチムギ、モチアワを表1に示す搗精歩合により、搗精した精穀を供試した。また、ヒノヒカリ（愛媛農試産）の玄米と白米を比較対照品種とした。

2.1.1 総ポリフェノール含量

総ポリフェノール含量は、フォルインーデニス法（篠原ら、2000）に準じ、ミルサー（イワタニ社製）でサンプルを粉砕した粉末試料に、プロアントシアニンの抽出効率を高めるため80%エタノールの

表1 玄穀及び精穀の千粒重

	千粒重 (g)				
	シコクビエ	モチキビ	モチムギ	モチアワ	ヒノヒカリ
玄穀	3.05	4.7	28.4	2.1	24.2
精穀	2.98	3.9	24.7	1.6	18.3
搗精歩合 (%)	0.977	0.819	0.869	0.777	0.756

代わりに80%アセトン(特級)を加えホモジナイザー(ウルトラタックスT25)で攪拌し、遠心分離処理(HITACHI himac CR5L 3000rpm × 15min)後、No.5濾紙で濾過し定容した。

イオン交換水を入れた試験管に濾過定容したサンプルおよびフォリン-デニス試薬を加えてポルテックスミキサー(Scientific Industries)で攪拌した後、飽和炭酸ナトリウムを加え発色させ30分間放置し、分光光度計(日立社製U-1000)で700nmの吸光度を計測した。

標準物質に、クロロゲン酸を用いて検量線を作成し、サンプルの総ポリフェノール含量を測定した。単位はクロロゲン酸換算量(mg chlorogenic acid eq./100g)で示し、測定は1点当たり3反復とした。

2.1.2 脂質酸化抑制能

脂質酸化抑制能は、リノール酸の自動酸化に伴い生じるリノール酸過酸化物がβ-カロテンの色を退色させる原理を用いる、β-カロテン退色法(津志田ら, 1994; 篠原ら, 1999)に準じて分析を行った。

雑穀粉末試料に、80%エタノール(特級)を加えホモジナイザー(ウルトラタックスT25)で攪拌し、遠心分離処理(HITACHI himac CR5L 3000rpm × 15min)後、濾紙No.5で濾過し定容した。

リノール酸、βカロテン、ツィーン40をクロロホルムに溶解し、3つの試薬を混合した後、窒素ガスによりクロロホルムを完全に除去し、イオン交換水を加えて溶解した後、0.2Mリン酸緩衝液を加え、リノール酸-β-カロテンエマルジョン溶液を作成した。

試験管にサンプルおよび検量液を採取し、それにリノール酸-β-カロテンエマルジョン溶液を加えて発色させた直後と、50℃に調整したウォーターバスに20分間放置した後、それぞれ分光光度計(日立社製U-1000)で470nmの吸光度を計測した。

標準物質に、BHA(Butyl-4-hydroxyanisole)を用いて検量線を作成し、サンプルの総BHA含量を測定した。単位はBHA換算量(mg BHA eq./100g)で示し、測定は1点当たり3反復実施した。

2.2 加熱処理が雑穀の機能性に及ぼす影響

総ポリフェノール含量・ラジカル消去能・フィチン酸含量の3つの機能性について、2005年産シコクビエ、モチキビ、モチムギ、モチアワの各玄穀(東温市産)と対象品種のヒノヒカリ(愛媛農試産)玄米(以下、玄米とする)、白米(以下、白米とする)を供試し、サンプルおよび抽出液の炊飯前後の機能性変化を検討した。

分析サンプルは、炊飯サンプルからの抽出が十分にできない場合を想定し、粉末試料に溶媒を加え抽出し、炊飯と同じ条件で加熱した加熱抽出液の2種類を準備した。

雑穀の炊飯方法は、培養試験管に、雑穀1g・イオン交換水2gの割合で混合しアルミ箔で蓋をした後、イオン交換水を張った炊飯器中(TOSHIBA RCK-18DM)で炊飯した。抽出液の加熱方法は、雑穀粉末試料からそれぞれの方法により得られた一定量の抽出液を培養試験管に入れアルミ箔で蓋をした後、炊飯条件と同様にイオン交換水を張った炊飯器中で加熱した。なお、加熱により蒸発した溶媒は、加熱前の量に補正した。

2.2.1 総ポリフェノール含量

総ポリフェノール含量は、フォリン-デニス法(篠原ら, 2000)に準じ、炊飯雑穀および雑穀粉末試料に、プロアントシアニンの抽出効率を高めるため80%エタノールの代わりに80%アセトン(特級)を加えホモジナイザー(ウルトラタックスT25)で攪拌し、遠心分離処理(HITACHI himac CR5L 3000rpm × 15min)後、No.5濾紙で濾過し定容した。

なお、以降の総ポリフェノール含量の分析については、2.1.1と同様の分析方法で行った。

2.2.2 ラジカル消去能

ラジカル消去能は、篠原ら(1999, 2000)に準じて分析を行った。

炊飯雑穀および雑穀粉末試料に、80%エタノール(特級)を加えホモジナイザー(ウルトラタックスT25)で攪拌し、遠心分離処理(HITACHI himac CR5L 3000rpm × 15min)後、No5濾紙で濾過し定容した。

試験管に、80%エタノールを入れた後、検量液と分析サンプルをそれぞれ加え、400μM DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)と0.2M MES(2-Morpholinoethanesulfonic acid

,monohydrate) bufferの混合液を定量ずつ加え、ボルテックスミキサー(ジェニー2)で攪拌し、20分間放置した後にそれぞれ分光光度計(日立社製U-1000)で520nmの吸光度を計測した。

標準物質に、抗酸化物質である0.2mM Trolox-80%エタノール液を用いて検量線を作成し、DPPHの退色率からサンプルの抗酸化能を測定した。単位はTrolox換算量($\mu\text{M Trolox eq./100g}$)で示し、測定は1点当たり3反復とした。

2.2.3 フィチン酸含量

フィチン酸含量は、ウェード法(M.Lattaら, 1980)の方法に準じ分析を行った。

炊飯雑穀および雑穀粉末に、2.4%塩酸を加え、ボルテックスミキサー(ジェニー2)で攪拌し遠心分離処理(HITACHI himac CR5L 3000rpm \times 60min)後、上澄み液を採取し10倍に希釈した希釈液を、イオン交換樹脂(200-400meah AG1 X8)で満たしたシリンジの中を通した後、0.1M塩化ナトリウム液で夾雑物を除去し、0.7M塩化ナトリウム液によりフィチン酸を抽出した。

試験管にサンプル液および標準液を採取し、ウェード試薬(酸化第二鉄+スルホサリチル酸)を加えて発色させ10分後に分光光度計(日立社製U-1000)で500nmの吸光度を計測した。

標準物質に、フィチン酸ナトリウムを用いて検量線を作成し、サンプルのフィチン酸含量を測定した。単位はフィチン酸ナトリウム換算量(mg /

100g)で示し、測定は1点当たり3反復とした。

3. 結果

3.1 搗精処理が雑穀の機能性に及ぼす影響

3.1.1 総ポリフェノール含量

搗精が穀類中の総ポリフェノール含量に及ぼす影響について図1に示す。

総ポリフェノール含量は、搗精前後で比較すると、シコクビエ(82%)、モチムギ(65%)、モチアワ(61%)およびヒノヒカリ(26%)で減少したが、モチキビ(90%)では変化がなかった。

3.1.2 脂質酸化抑制能

搗精が穀類の脂質酸化抑制能に及ぼす影響について図2に示す。

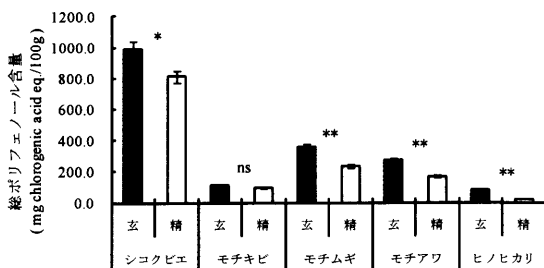
脂質酸化抑制能は、搗精前後で比較すると、モチアワ(86%)、モチムギ(59%)およびヒノヒカリ(15%)で低下したが、シコクビエ(101%)およびモチキビ(81%)では変化がなかった。

3.2 加熱処理が雑穀の機能性に及ぼす影響

3.2.1 総ポリフェノール含量

加熱炊飯が総ポリフェノール含量に及ぼす影響について表2に示す。

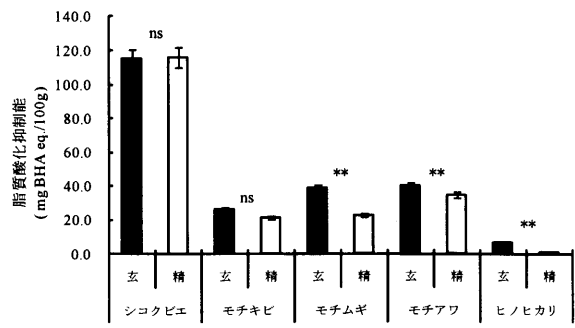
抽出液の加熱後の総ポリフェノール含量は、モチアワ(96%)、シコクビエ(76%)で減少した。



(mg chlorogenic acid eq./100g)										
シコクビエ		モチキビ		モチムギ		モチアワ		ヒノヒカリ		
玄	精	玄	精	玄	精	玄	精	玄	精	
1024.4	813.9	113.1	81.8	364.3	210.8	267.5	164.2	80.7	19.8	
980.2	814.2	108.4	104.2	347.4	231.1	260.7	171.1	78.8	20.4	
958.6	805.5	101.8	105.2	357.4	252.3	279.0	160.7	79.9	21.3	
AVG	987.7	811.2	107.8	97.1	356.4	231.4	269.1	165.3	79.8	20.5
SE	19.4	2.9	3.3	7.6	4.9	12.0	5.3	3.1	0.6	0.4

図1 搗精が総ポリフェノール含量に及ぼす影響

※ t検定により比較
nsは有意差なし, *は5%, **は1%水準で有意差あり。



(mg BHA eq./100g)										
シコクビエ		モチキビ		モチムギ		モチアワ		ヒノヒカリ		
玄	精	玄	精	玄	精	玄	精	玄	精	
125.8	117.6	29.5	19.8	38.3	28.6	39.6	34.5	6.4	0.9	
117.2	118.7	24.6	20.3	39.9	19.7	41.2	34.3	6.7	1.2	
101.3	111.5	24.2	23.5	38.2	20.5	39.7	35.4	6.3	0.8	
AVG	114.8	115.9	26.1	21.2	38.8	22.9	40.2	34.7	6.5	1.0
SE	7.17	2.26	1.70	1.18	0.56	2.84	0.50	0.35	0.12	0.12

図2 搗精が脂質酸化抑制能に及ぼす影響

※ t検定により比較
nsは有意差なし, *は5%, **は1%水準で有意差あり。

玄米 (98%), モチムギ (96%), モチキビ (95%), 白米 (89%) は変化がなかった。

次に, サンプル炊飯後の総ポリフェノール含量は, モチムギ (83%), シコクビエ (67%) で減少したが, 玄米 (106%), モチキビ (101%), 白米 (98%) およびモチアワ (90%) では変化がなかった。

3.2.2 ラジカル消去能

抽出液の加熱前後のラジカル消去能の比較を表3に示す。

抽出液加熱後のラジカル消去能は, モチアワ (104%), シコクビエ (100%), モチムギ (96%), モチキビ (95%), 玄米 (92%) 及び白米 (85%) のすべての品目で変化がなかった。

また, サンプル炊飯後のラジカル消去能は, 抽出液加熱後と同様に, すべての品目で変化がなかった。

3.2.3 フィチン酸含量

加熱炊飯後のフィチン酸含量に及ぼす影響を表4に示す。

抽出液加熱後のフィチン酸含量は, モチキビ (98%), モチムギ (97%) および玄米 (96%) で減少したが, モチアワ (99%), シコクビエ (99%) および白米 (94%) では変化がなかった。

サンプル炊飯後のフィチン酸含量は, シコクビエ (81%), 白米 (69%), モチムギ (66%), モチアワ (60%), モチキビ (51%), および玄米 (33%) のすべての品目で減少した。

表2 加熱炊飯が総ポリフェノール含量に及ぼす影響

	総ポリフェノール含量 (mg chlorogenic acid eq./100g)		
	処理前	抽出液加熱後	サンプル炊飯後
シコクビエ	916.5	692.5 **	614.6 **
モチキビ	111.8	105.6 ns	112.7 ns
モチムギ	395.2	378.5 ns	329.4 **
モチアワ	255.5	245.3 *	229.5 ns
ヒノヒカリ玄	89.3	87.1 ns	94.4 ns
ヒノヒカリ精	39.9	35.4 ns	39.1 ns

※処理前と抽出液加熱後, サンプル炊飯後をt検定により比較
※nsは有意差なし, *は5%, **は1%水準で有意差あり

表3 加熱炊飯がラジカル消去能に及ぼす影響

	ラジカル消去能 (μM Trolox eq./100g)		
	処理前	抽出液加熱後	サンプル炊飯後
シコクビエ	644.0	465.0 ns	631.5 ns
モチキビ	136.3	128.8 ns	123.1 ns
モチムギ	617.5	592.4 ns	596.1 ns
モチアワ	114.9	119.7 ns	111.7 ns
ヒノヒカリ玄	240.4	221.4 ns	234.2 ns
ヒノヒカリ精	83.2	79.1 ns	75.6 ns

※処理前と抽出液加熱後, サンプル炊飯後をt検定により比較
※nsは有意差なし, *は5%, **は1%水準で有意差あり

表4 加熱炊飯がフィチン酸含量に及ぼす影響

	フィチン酸含量 (mg/100g)		
	処理前	抽出液加熱後	サンプル炊飯後
シコクビエ	1251.1	1240.9 ns	1018.4 *
モチキビ	1368.7	1340.1 *	703.2 **
モチムギ	1411.4	1366.5 *	929.2 **
モチアワ	1373.7	1358.8 ns	821.7 *
ヒノヒカリ玄	1679.2	1603.3 *	555.6 **
ヒノヒカリ精	156.8	146.9 ns	108.2 **

※処理前と抽出液加熱後, サンプル炊飯後をt検定により比較
※nsは有意差なし, *は5%, **は1%水準で有意差あり

4. 考察

4.1 雑穀の搗精処理が機能性に及ぼす影響

4.1.1 総ポリフェノール含量

ヒエ、アワ、キビのミネラルやポリフェノールは種子の外層に多く存在するため、搗精処理(精白)によって減少すると報告されている(菊地, 2003)。

搗精歩合の多少に係わらずシコクビエ、モチアワ、モチムギおよびヒノヒカリの4品目は、総ポリフェノール含量が搗精処理により減少したことから、糠の部分にポリフェノールを多く含む品目であることが推察された。一方、モチキビについては、種子内の各層においてポリフェノール含量の差が小さいか、外層部の含有量が少ない品目であると推察された。

4.1.2 脂質酸化抑制能

モチアワ、モチムギおよびヒノヒカリの3品目は、脂質酸化抑制能が搗精処理で減少したことから、糠の部分に脂質酸化抑制能を多く含む品目であることが推察された。一方、搗精歩合の多少に係わらずシコクビエ、モチキビは、搗精前後の差が小さいことから、種子内の各層における脂質酸化抑制能の差が小さいか、外層部の含有量が少ない品目であると推察された。

以上のことから、搗精処理によりすべての雑穀でポリフェノール等の機能性が減少するのではなく、品目や機能性によっては変化しない場合があることが明らかになった。

4.2 加熱処理が雑穀の機能性に及ぼす影響

4.2.1 総ポリフェノール含量

シコクビエでは、抽出液加熱・サンプル炊飯の両処理方法において、ポリフェノール含量が減少した。大庭(2000)は、ポリフェノールの一種であるアントシアニンは熱に弱いと報告しているが、シコクビエにはアントシアニンが多くは含まれていないことが知られている。したがって、シコクビエの総ポリフェノール含量が減少した要因については判然としなかった。

またモチムギは、抽出液加熱後の総ポリフェノール含量が変わらないにもかかわらず、サンプル炊飯の分析値が減少した。その要因としては、サンプル炊飯での試料を80%アセトンで抽出する

際に試料が塊状または粒状となり物理的に抽出が十分でなかった可能性が推察された。

4.2.2 ラジカル消去能

的場(2002)は、大豆たん白質のラジカル消去能は、加熱によってほとんど変化しないと報告している。また、菊池(2002)は、ヒエ・アワ・キビの炊飯加工を行った場合、抗酸化活性の変化は見られなかったことを報告している。今回の分析結果においても、雑穀中のラジカル消去能は、全品目で抽出液加熱・サンプル炊飯の両方で変化しておらず、加熱しても安定していることが明らかになった。

4.2.3 フィチン酸含量

Duhanら(2002)は、ソルガムおよびキマメ中のフィチン酸が、加熱または調理によって部分的に破壊または減少し得ることを報告している。フィチン酸は、抽出液加熱・サンプル炊飯の両方で、玄米、モチキビおよびモチムギの3品目で減少した。その原因としては、加熱によりフィチン酸が部分的に破壊され減少したと推察された。

また、他の品目では抽出液加熱後のフィチン酸含量が変わらず、炊飯サンプルでのフィチン酸の分析値が減少した要因としては、総ポリフェノール含量の場合と同じく、炊飯試料から希塩酸でフィチン酸を抽出する際に、試料が塊状或いは粒状になりフィチン酸が十分に抽出できなかった可能性が推察された。

引用文献

- Aarti Duhan, Neelam Khetarpaul, Saroj Bishnoi. (2002) : Content of phytic acid and HCL-extractability of calcium, phosphorus and iron as affected by various domestic processing cooking methods, *J.Agric.Food Chem.* **78**, 9-14.
- 菊地淑子(2003) : ヒエ、アワ、キビの精白によるミネラル及びポリフェノールの変動, *東北農業研究*, **56**, 261-262.
- M.Latta M.Eskin (1980) : Simple and Rapid Colorimetric Method for Phytate Determination, *J.Agric.Food Chem.* **28** (6), 1313-1315.
- 的場輝佳(2002) : 加熱調理で大豆たん白質食材のラジカル補足能はどの程度変化するか?, *大豆たん白質研究*, **5**, 47-50.

大場理一郎・五十嵐喜治・津久井亜紀夫編著(2000):アントシアニン, 食品の色と健康, p.47-48, 建帛社.

篠原和毅・井手隆・三輪操・矢野昌光(1999):食品の機能性評価マニュアル集, p.16-18, 農林水産省食品総合研究所.

篠原和毅・鈴木建夫・上野川修一(2000):食品機能研究法, p.218-220, 318-322, 光琳.