

圧力炊飯による飯の特性

中村 アツコ

加圧炊飯は常圧炊飯に比べ、食味が良いと炊飯器メーカーは宣伝している。この根拠を探るべく、前報での飯中の還元糖量の定量に加え、飯および飯粒表面に付着した“おねば”の凍結乾燥粉末（以下、飯粉およびおねば粉という）を調製し、それらの糖分析、 β -アミラーゼによる消化実験およびデンプンの分子量分布の測定をした。その結果、加圧炊飯の方がおねば粉量が多いこと、おねば粉の方が飯粉より還元糖量を多く含むこと、消化実験ではおねば粉の方がマルトースの生成量が多いことが解った。分子量分布では、炊飯沸騰時だけでなく蒸らし時にも加圧する型の釜の飯のデンプンにおいて、分子量30,000以下の含量が他よりも多く、デンプン分子の小分子化が起きていることが推察された。この変化は酵素ではなく、熱と圧力による機械的なものとおもわれる。

キーワード：加圧炊飯、凍結乾燥おねば粉、凍結乾燥飯粉、 β -アミラーゼ、分子量分布

1. 緒言

近年、飯を美味しく炊き上げる炊飯器として、家電メーカーは様々な趣向を凝らした炊飯器を市場に供給している。加圧、スチーム、真空釜、土鍋風釜等々の例である。1気圧では100℃までしか水温は上がらないが、圧力を1165hPa (1.15気圧)にすると水温は104℃まで上昇する。この沸点原理を応用し、加圧炊飯は炊飯時に、従来の常圧炊飯よりも水温を高く保ち、甘みのもとである還元糖量を増やすことができると炊飯器メーカーはカタログやホームページで発信している^{1), 2), 3)}。加圧炊飯による米飯の組織学的変化を調べた報告はあるが^{4), 5), 6)}、高圧炊飯と常圧炊飯の飯の食味を比較した研究報告は見当たらない。加圧炊飯と飯の美味しさの関係を明らかにするため、食味の一つである甘み成分に関して、3社4機種を用いた種々の条件で、常圧炊飯の飯と比較し、炊飯によって増加する飯中の還元糖量含量には有意な差が無いこと、しかし、圧力炊飯によりデンプンの低分

子化により分子量1万のデキストラン相当物質の生成が促進されていることを報告した⁷⁾。この点に着目し、デンプンの分子量分布の測定および凍結乾燥飯粉の消化実験を行い、加圧炊飯による飯が美味しさを感じさせる要素を探った。

2. 実験方法

(1) 電気釜の型式と炊飯条件

実験に用いたZ社の電気釜の型式と炊飯条件を表1に、圧力炊飯フローと温度の関係を図1に示した。NP-JA18は圧力蒸らし時にもおよそ1165hPa (1.15気圧)に加圧する型式、NP-HB18は沸騰維持時のみ加圧する型式である。これらと常圧炊飯の場合を比べた。

(2) 米および洗米方法

米：富山産こしひかり、水：町田市水道水

- ① 内釜に米を計り入れ、風袋差し引きし、天秤をリセットしておく。
- ② 水を内釜上部まで加え、水を捨てる。この操作を2回行なう。

表1 炊飯器の型式および炊飯条件

型式	条件	沸騰時圧力	蒸らし時条件	炊飯メニュー	米の質量(g)	加水量(g)
NP-JA18		1165 hPa	加圧	ふつう	500	1245
NP-HB18		1165 hPa	徐々に大気圧	ふつう	500	1245
NP-LS18		大気圧	大気圧	ふつう	500	1245

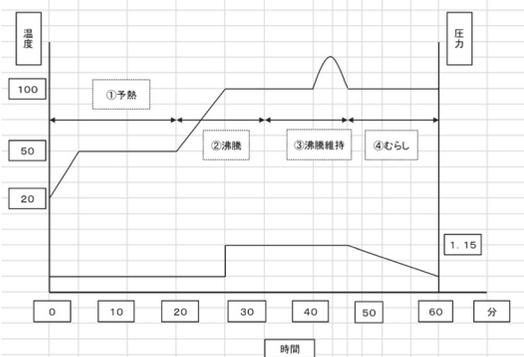


図1 炊飯フローと圧力との関係<基本形>

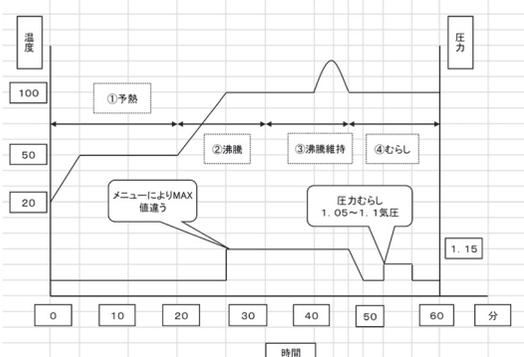


図1-2 炊飯フローと圧力との関係<高圧力むらし機能付>

- ③ 手で米を右回りに40回攪拌した後、水を釜上部まで加え、水を捨てる。この操作を5回行なう。
- ④ 水を内釜上部まで加え、水を捨てる。この操作を3回行なう。
- ⑤ 釜の外側の水をふき取り、天秤にのせ、決められた加水量に相当する質量の水を加える。

(3) 飯の秤取および分析用試料の調製

《おねば粉の調製》

- ① 炊きあがり直後に、飯全体を杓文字でかきまぜ、無作為に3箇所から100gずつ、計

300gを秤取する。

- ② 飯に蒸留水200gを加え、2分間ガラス棒で攪拌し、ステンレス製茶漉しで飯を除き、白濁液を得る。
- ③ 白濁液を凍結乾燥し、ミルサーで粉末にした後、200メッシュの篩を通す。

《飯粉の調製》

(1)の①と同様に、300gの飯を秤取し、凍結乾燥し、ミルサーで粉末にした後、200メッシュの篩を通す。

(4) HPLCによる分析

《単糖およびオリゴ糖分析》

- ① 分析試料溶液の調製 粉末試料の適量を一定量の50%エタノール水溶液を加え、4.5 μmのメンブレンフィルターで濾過した。
- ② 分析条件
機種；島津LC10A
検出器；RID 10A
カラム；NH2-2P, φ4.5mm, 15cm
カラム温度；40℃
移動相；25/75=水/アセトニトリル
移動相流量；1 ml/min,

《分子量分布分析》(日本食品分析センターに依頼)

- ① 分析試料溶液の調製 粉末試料0.02gを10mlの0.1mol/dm³硝酸ナトリウム水溶液を加え、4.5 μmのメンブレンフィルターで濾過した。
- ② 分子量分布の測定 標準溶液・Shodex standard P-82 (p-1・分子量1300~ p-1600・分子量160万7種)および試料溶液について、サイズ排除カラムを用いて分析した。
- ③ 分析条件
機種；Shodex GPC-101 (昭和電工株式会社製)
検出器；RI-71S (昭和電工株式会社製)

カラム：TSKgel GMPWXL, ϕ 7.8 mm \times 300 mm \times 2本（東ソー株式会社製）

カラム温度：40℃

移動相：0.1 mol/dm³硝酸ナトリウム溶液

移動相流量：1.0 ml/min

注入量：100 μ l

(5) 粉末試料および飯の消化実験

《 β -アミラーゼ法》

酵母由来 β -アミラーゼ144ユニットを含む、0.01 mol/dm³酢酸緩衝溶液（pH6.5）1 ml中に粉末試料0.050gを加え、37℃恒温槽中で5分間反応させ、エタノールを加え総量8 mlとし、酵素を失活させた後、4.5 μ mのメンブレンフィルターで濾過し、HPLC分析を行った。

《唾液法》

実験者の唾液を0.01 mol/dm³酢酸緩衝溶液で10倍希釈して、消化酵素液とした。

- ① 粉末試の場合：粉末0.050g, 0.01mol/dm³酢酸緩衝溶液1.5mlおよび希釈唾液0.5mlの混合溶液を37℃恒温槽中で5分間反応させ、アミラーゼ法と同様に処理した後、HPLC分析を行った。
- ② 飯の場合：冷めた飯5.0gを希釈唾液5.0mlに懸濁させた溶液を37℃恒温槽中で2分間反応させ、エタノール15mlを加えて失活させた後、4.5 μ mのメンブレンフィルターで濾過し、HPLC分析を行った。

3. 実験結果および考察

前報で、炊飯器の種類、炊飯メニューを変化させて炊いた飯中の糖量の定量結果、有意な差がみられなかったことを報告した⁶⁾。しかし、炊飯方法により、特に圧力炊飯による飯は、食味が良いという炊飯器メーカーの主張もあり、飯全体ではなく、飯粒表面に注目してみた。炊飯途中に生ずるおねばが、飯粒表面に付着して炊きあがり、まず歯・舌・口腔に接し食味に関係するであろうと考え、おねば粉を調製し、分析することにした。飯から得られたおねば粉および飯全体からの飯粉の質量を表2に、おねば粉から定量された単糖およびオリゴ糖量を表3に示した。

飯粉の質量は、ほぼ同量であったが、おねば粉

表2 おねば粉および飯粉の質量(mg/飯100g)

粉種類	おねば粉	飯粉
NP-JA18の飯	0.750	37.6
NP-HB18の飯	0.750	37.6
NP-LS18の飯	0.600	37.3

表3-1 おねば粉中の単糖含量(mg/粉10g)

粉種類	糖種類			
	D-フルクトース	D-グルコース	スクロース	3種合計
NP-JA18の飯	256	845	183	1284
NP-HB18の飯	151	499	122	772
NP-LS18の飯	192	583	144	919

表3-2 おねば粉中のオリゴ糖含量(mg/粉10g)

粉種類	糖種類			
	三量体	四量体	五量体	3種合計
NP-JA18の飯	6.89	0.02	0.02	6.93
NP-HB18の飯	5.94	1.37	1.04	8.35
NP-LS18の飯	1.60	0.05	0.02	1.67

に関しては、蒸らし時も加圧するNP-JA18の飯からの方が多く、水に懸濁するデンプン粉末が飯粒の周囲に多く生成・付着されると考えられる。

また、単糖、オリゴ糖類の量もNP-JA18のおねば粉中に多く定量された。加圧蒸らしの効果であろうか。しかし、差はあっても、おねば粉10gに含まれる総量は飯に換算すると1.3kg中、即ち約0.1%となり、絶対量は少なく、官能的に差を感じられる量かは疑問である。

さらに、 β -アミラーゼおよび唾液による消化実験を行った結果を、表4、5に示した。

おねば粉、飯粉共に、加圧炊飯の場合の方が、マルトース生成量が多い傾向にある。アミラーゼがデンプン鎖の端からマルトース単位での加水分解を起こすには、端が多くある方ほど生成量が多いはずである。加圧によりデンプン鎖が切れて端が多く出ているのではないかと推察する。アミラーゼ組成が複雑な唾液法においては、おねば粉、飯粉ともに加圧炊飯の場合の方が、オリゴ糖生成量が多い傾向が見られたが、飯粒で実験した場合は、差がみられなかった。今後、繰り返しの実験が望まれる。

前報で、飯から水抽出で得た液を、ゲルカラムに通した分析結果、圧力炊飯によりデンプンの低

表4 アミラーゼ法によるマルトース量生成量 (g/10g)

基質 型式	おねば粉	飯粉
NP-JA18	2.36	2.39
NP-HB18	2.24	1.98
NP-LS18	1.97	2.07

表5-1 唾液法によるオリゴ糖類生成量(g/10g)

基質/生成物 型式	飯粉		
	マルトース	マルトース	3量体
NP-JA18	2.72	2.97	5.33
NP-HB18	3.52	1.79	2.81
NP-LS18	2.72	1.82	2.83

表5-2 唾液法により生成したオリゴ糖類の量 (g/10g)

基質/生成物 型式	飯粒 (2分)		つぶした飯 (5分)	
	マルトース	D-グルコース	マルトース	3量体
NP-JA18	0.148	0.033±0.002	0.290±0.038	0.203±0.004
NP-HB18	0.137	0.031±0.003	0.270±0.080	0.190±0.004
NP-LS18	0.142	0.026±0.005	0.266±0.008	0.185±0.004

分子化により、分子量1万のデキストラン相当物質の生成が促進されていることを示唆した⁶⁾。デンプンの低分子化は飯の外観、食味などテクスチャーに深く関係するであろう。加圧炊飯の飯の食味が良いといわれる主たる根拠は、還元糖量ではなく、加圧によりデンプンに起こる様々な変化ではないかと考え、デンプン分子の分子量分布の測定をした。測定装置の関係で、外部に測定を依頼した結果を表6に示した。

表6 飯粉デンプンの分子量分布

面積率/試料 分子量範囲	ピーク面積百分率 (%)		
	NP-JA18	NP-HB18	NP-LS18
100万以上	20	34	27
30万~100万	13	20	18
10万~30万	8	10	11
3万~10万	16	13	14
1万~3万	14	9	11
3千~1万	8	5	6
1千~3千	8	3	5
1千未満	13	6	8
合計	100	100	100
1千未満~3万計	59	36	44

蒸らし時にも加圧する型式の飯粉において、分子量3万以下の分子の含量の和が多くなっていることが解った。このことは、先のβ-アミラーゼ実験の結果の推察とも一致する。

アミラーゼの最適温度は50~55℃である^{8), 9)}。加圧炊飯で水の沸点を高くして飯の食味をよくしようという考えは、酵素活性のことを考慮すると、還元糖量を増加させることにはつながらない。加圧炊飯でデンプンの分解がおきるメカニズムは熱的・機械的の反応であって、デンプン粒の大きさ、空隙のおおきさ・数の変化、デンプン鎖が短くなる、少糖類を生成するなど、様々な分解反応機構があるのではないだろうか^{10), 11)}。同時に加圧によって生成した物質が、炊飯液に溶け出し、おねばとなり、飯粒表面に濃縮・付着して炊きあがる。噛むことによるデンプンのアミラーゼ分解は速く、飯粒表面のねばにまず作用してマルトースを生成し、甘味を感じさせ、低分子化したデンプン分子の絡み合いが、飯に特有の食感と食味を与えるのであろう。

謝辞

炊飯器を提供していただきました象印マホービン株式会社研究開発センターおよび実験に協力していただきました本学学生・鮭川友美さんに感謝いたします。

文献

- 1) 東芝コンシューママーケティング株式会社
プレスリリース, 2004/5
- 2) サンヨー株式会社 新製品ニュースリリース,
2004/5
- 3) ①フジサンケイサイエンスアイ: AIでご飯
のおいしさ追求, 2005/2/12
②象印マホービン株式会社ホームページ
<http://www.zojirushi.co.jp/syohin/ricecooker/NPLU.html> 2011/5/19
③三菱電機株式会社ホームページ
http://www.mitsubisielectric.co.jp/home/suihanki/lineup_honsumi_index.htm
2011/5/19
④株式会社東芝歩ホームページ

- http://www.toshiba.co.jp/livening/rice_cookercampaign/index_j.htm 2011/5/19
- ⑤パナソニック株式会社, パナソニック・ホーム
- <http://ctig.panasonic.jp/product/info.do?pg=046&HP=SR-SX101> 2011/5/19
- 4) 庄司一郎, 倉沢文夫, 濱野真理子: 電気常圧釜および圧力釜による米飯の組織学的変化. 家政誌, 39, 1099-1104 (1986)
- 5) 関千恵子, 貝沼やす子: 炊飯における加熱時間と加熱温度の影響について (第1報) 一圧力釜の炊飯について (その1). 家政誌, 27, 173-179 (1976)
- 6) 中村アツコ: 各種電気炊飯器で炊いた米飯中の還元糖量の比較. 東京家政学院大学紀, 47, 19-23 (2007)
- 7) 関千恵子, 貝沼やす子: 炊飯における加熱時間と加熱温度の影響について (第2報) 一圧力釜の炊飯について (その2). 家政誌, 31, 323-329 (1976)
- 8) 菅原龍幸, 前川昭男監修: 新食品分析ハンドブック. pp. 107-108 (建帛社, 東京, 2000)
- 9) 岩田久敏: 食品化学各論. pp. 1-16 (養賢堂, 東京, 1987)
- 10) 山崎彬, 笹川秋彦: 高圧処理による米加工品の開発. 日食科工誌, 45, 526-532 (1998)
- 11) 植村邦彦, 豊島英親, 岡留博司: 高圧通電加熱による炊飯. 日食科工誌, 45, 533-538 (1998)
-
- (受付 2011.3.25 受理 2011.6.6)