

小麦粉加工品に及ぼすホエータンパク質の影響

谷口（山田） 亜樹子（管理栄養学科・准教授）

Effects of Whey Protein on Food Products Processed from Wheat Flour

TANIGUCHI YAMADA Akiko

Summary

When udon (Japanese noodles) was prepared from flour containing whey protein, the hardness, tensile and strength of the boiled noodles increased. The bread made from flour containing whey protein was harder and more elastic when chewed. Manju made from flour containing whey protein had higher elasticity and viscosity as compared to manju made from flour without whey protein. In the whey protein added group, the surface of manju remained glossy, without undergoing cracking, and had a better appearance, thus elevating the value of manju as merchandise. Cookie containing whey protein was higher hardness and resists the teeth more comfortably and crisply when chewed. In the organoleptic test, all food products manufactured from wheat flour containing whey protein were appraised better than those free of whey protein.

Key word : whey protein, food products processed from wheat flour, gluten, physical properties

キーワード：ホエータンパク質、小麦粉加工品、グルテン、物性

緒言

ホエータンパク質は、チーズ製造時に副生するホエーから乳糖やミネラルなどを除去したタンパク質の総称で、タンパク質含量80%のWPC (whey protein concentrate) と95%のWPI (whey protein isolate) がある¹⁾。チーズ生産量の増加に伴いホエーの処理が大きな問題となり、ホエーの廃棄による水質汚染、食糧資源不足問題などから積極的にホエーを利用する必要性が高まっている²⁾。ホエー処理技術の進歩から、高ゲル化性、起泡性、酸性での溶解性などの特性の他、優れた機能特性を有するホエータンパク質の食品素材と

しての利用に期待が寄せられている³⁾。

本研究では、ホエータンパク質を小麦粉加工品に利用することを目的とし、グルテンにホエータンパク質を添加し、物性の変化に対する影響を検討した。さらに、ホエータンパク質のうどん、パン、饅頭およびクッキーへの影響について検討したので報告する。

実験方法

1. 試料

ホエータンパク質はWPI（サンラクト、太陽化学）を用い、小麦粉としてパン用には強力粉

（ライラック、東京製粉）、うどんおよび饅頭は中力粉（雀、日清製粉）、クッキーは薄力粉（バイオレット、日清製粉）を用いた。

2. グルテンの調製

小麦粉200gに水分が68%になるように水を加え、ミキサー（KM-230、愛工舎製作所製）にて混捏（低速63rpm、15分）し生地を作製した後、グルコマテック装置（ファーリングナンバー社製）を用い、グルテンを調製した⁴⁾。

3. SDS-PAGE

SDS-PAGEはコンパクトPAGE（AE-7305、アトー社製）を用いた。上記のグルテンの調製法により試料を調製し、試料（0.1mg）をSDS処理した後、分離用ゲル（10%ポリアクリルアミド、pH8.8）に添加し、一定電流（20mA）にて泳動を行った。

4. 物性の測定

測定にはレオメーター（NRM-2002J、不動産工業）を用い、計測処理はレオプロッター（TR-801、理化電機工業）を使用した。グルテンは直径2cmのアルミカップに乗せ、直径2cmのプランジャーでクリアランス1cmとし、試料台スピード1mm/secで、硬さ、弾性率、粘着性を測定した。パンおよび饅頭は内相中心部3.0cm×3.0cm、厚さ2.5cmの試料片について、直径2cmのプランジャーを用い、クリアランス1cm、試料台スピード1mm/secの条件で、硬さ、弾性率、粘着性を測定した⁵⁾。うどんは断面積2.5mm×3mm、長さ5cmとし、スピード1mm/secで引っ張り、硬さ、引っ張り強度、伸長率を測定した⁶⁾。クッキーは3.5mmの厚さに成型し、プランジャーは直径5mm、圧縮速度10mm/secの条件にて破断試験を行った⁷⁾。

5. 小麦粉加工品の調製

（1）うどん⁸⁾

うどんは、小麦粉の重量100に対し、食塩1、水33を加え、ミキサーにて混合し、製麺機（さぬ

き製麺機）を用いて、麺帯を形成し複合、1時間熟成後、圧延、切り出し、生麺を調製した。なお、ホエータンパク質の添加量は小麦粉に対し3%とした。

（2）パン⁸⁾

小麦粉の重量100に対し、砂糖5、食塩2、脱脂粉乳3を加え、これにイースト2と水68を加えて、混捏し、一次発酵（27℃、湿度75%、1.5時間）後、ガス抜きし、二次発酵（27℃、湿度75%、30分間）を行ない、直捏法⁷⁾によりワンローフの食パンを調製した。これをホエータンパク質無添加のパンとし、ホエータンパク質を添加した食パンは脱脂粉乳の代わりに、ホエータンパク質を同じ配合量3%になるように添加し、調製した。

（3）饅頭⁸⁾、⁹⁾、¹⁰⁾

小麦粉100に対し、イスパタ2を加え、ふるいにかけて、混合し、これに砂糖70を水25で練ったものに加え、捏ねて生地をつくり、12分間蒸して饅頭とした。なお、ホエータンパク質の添加量は小麦粉に対し3%とした。

（4）クッキーの製造

クッキーは小麦粉100に対し、砂糖40、バター50、全卵20を加えて練って製造し、これをホエータンパク質無添加のクッキーとし、ホエータンパク質を添加したクッキーは小麦粉に対しホエータンパク質が3%となるように添加し調製した。

6. 官能評価¹¹⁾、¹²⁾、¹³⁾

うどん、食パン、饅頭、クッキーの各小麦粉加工品について、ホエータンパク質を無添加、添加したものの官能評価を行なった。検査項目を色、つや、硬さ、歯ごたえ、総合評価の5項目として、5：大変良い、4：良い、3：どちらともいえない、2：少し劣る、1：悪い、の5段階の評価尺度により実施した。パネルは食品学を専攻している大学生20名（男子10名、女子10名）で実施した。

実験結果および考察

1. グルテンの物性に対するホエータンパク質添加の影響

ホエータンパク質添加生地から調製したグルテ

ンの方が、ホエータンパク質無添加生地グルテンに比べ硬さが1.2倍増加し、弾性率はやや高く、粘着性は若干低下する傾向がみられた（Table 1）。このように、ホエータンパク質を添加することにより、グルテンの粘弾性が変化し、物性すなわち小麦粉加工特性に対して、ホエータンパク質が影響を及ぼすことが確認された。この結果からホエータンパク質は、グルテンの構造に何らかの影響を及ぼし、その物性を变化させたものと考えられた。そこで、SDS-PAGEによるタンパク質の泳動パ

ターンを比較したところ（Fig. 1）、ホエータンパク質を添加した場合では、ホエータンパク質の主成分である β -ラクトグロブリンと α -ラクトアルブミンのバンドが検出され、特に β -ラクトグロブリンのバンドが濃く染色された。このことから、ホエータンパク質中の特に β -ラクトグロブリンが、小麦粉中のグルテニンおよびグリアジンと複合体を形成し、その機能に影響を及ぼしたものと推察された。今後、この現象について検討する予定である。

Table 1 グルテンの物性に対するホエータンパク質添加の影響

	硬さ (g)	弾性率 ($\times 10^3 \text{ dyn/cm}^2$)	粘着性 ($\times 10^3 \text{ d} \cdot \text{s/cm}^2$)
ホエータンパク質無添加	17.0 \pm 0.2*	55.3 \pm 0.4	36.4 \pm 0.3**
3%ホエータンパク質添加	21.0 \pm 0.1	57.7 \pm 0.5	33.8 \pm 0.2

平均 \pm 標準偏差（1試料につき10回測定）

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, n.s. : 非有意

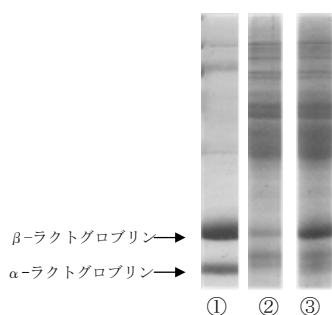


Fig 1. SDS-PAGEによるタンパク質の泳動パターン

- ①ホエータンパク質
- ②ホエータンパク質無添加生地
- ③ホエータンパク質添加生地

2. 小麦粉加工品の物性に対するホエータンパク質添加の影響

(1) うどん

Table 2 に茹でうどんの硬さ、引張り強度および伸長率の測定結果を示した。うどんは15分間茹で、表面に付着した水をペーパータオルにて取り除き、室温まで冷却し、物性測定に供した。ホエータンパク質の添加により茹でうどんの硬さおよび引張り強度が約2倍に増加し、伸長率が若干低下した。ホエータンパク質の添加によってうどんの硬さおよび引張り強度は増加し、伸長率は低下したことにより、コシのある歯ごたえのよい麺ができ、また、茹で麺の伸びが小さくなることが確認された。

Table 2 うどんの物性に対するホエータンパク質添加の影響

	硬さ (g)	引張り強度 (g/cm^2)	伸長率 (%)
ホエータンパク質無添加	43.0 \pm 0.4*	295.4 \pm 3.6*	192.2 \pm 1.8
3%ホエータンパク質添加	79.2 \pm 0.5	593.2 \pm 3.7	186.3 \pm 0.5

平均 \pm 標準偏差（1試料につき10回測定）

* : $p < 0.05$, n.s. : 非有意

（２）パン

パンの物性に及ぼすホエータンパク質添加の影響を Table 3 に示した。硬さおよび弾性率ともにホエータンパク質を添加した方が高く、硬さおよび弾性率は約1.3倍に増加した。粘着性は、 $21.1 \times 10^4 \text{ d} \cdot \text{s/cm}^2$ から $18.5 \times 10^4 \text{ d} \cdot \text{s/cm}^2$ とやや減少し

た。この結果から、ホエータンパク質を添加することにより、パンは硬さが増加し弾性率が大きな値を示したことから、歯ごたえのある製品となった。また、ホエータンパク質を添加することにより、パンの肩が張り体積が増加し、外相の部分はサクサクし、内相はモチモチした製品ができた。

Table 3 パンの物性に対するホエータンパク質添加の影響

	硬さ (g)	弾性率 ($\times 10^3 \text{ dyn/cm}^2$)	粘着性 ($\times 10^4 \text{ d} \cdot \text{s/cm}^2$)
ホエータンパク質無添加	$146.0 \pm 1.5^*$	$83.8 \pm 2.4^*$	$21.1 \pm 0.8^*$
3 %ホエータンパク質添加	190.2 ± 1.7	109.9 ± 1.2	18.5 ± 0.4

平均±標準偏差（1 試料につき10回測定）

* : $p < 0.05$, n.s. : 非有意

（３）饅頭

調製した饅頭の物性に及ぼすホエータンパク質添加の影響を Table 4 に示した。ホエータンパク質の添加により饅頭の弾性率および粘着性は増加し、弾力のある饅頭ができた。また、饅頭の表面はホエータンパク質の添加によって変化に違いが

みられた。ホエータンパク質無添加では表面の皮がひび割れたが、ホエータンパク質を添加したことにより表面の皮はひび割れず、つやがあり、滑らかで見た目もよく、商品価値の高い製品となった (Fig. 2)。これは24時間経過後も、同様な状態であった。

Table 4 饅頭の物性に対するホエータンパク質添加の影響

	硬さ (g)	弾性率 ($\times 10^4 \text{ dyn/cm}^2$)	粘着性 ($\times 10^4 \text{ d} \cdot \text{s/cm}^2$)
ホエータンパク質無添加	164.0 ± 0.2	$45.0 \pm 0.4^*$	$65.0 \pm 0.5^{**}$
3 %ホエータンパク質添加	164.3 ± 0.1	60.2 ± 1.5	72.0 ± 0.6

平均±標準偏差（1 試料につき10回測定）

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, n.s. : 非有意

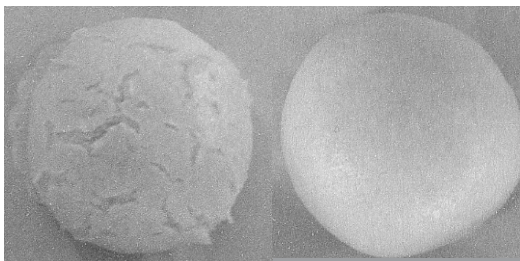


Fig 2 饅頭の皮におけるホエータンパク質の影響

（４）クッキー

クッキーの破断試験に及ぼすホエータンパク質添加の影響を Table 5 に示した。ホエータンパク質を添加することにより破断応力は1.53倍、破断エネルギーは1.37倍に増加し、この結果からクッキーはホエータンパク質の添加により硬さが増し、歯ごたえのよいものとなった。また、ホエータンパク質を添加することにより破断歪は1.1倍増加し、サクサクした歯ざわりのよい食感のクッキーができることが確認された。

Table 5 クッキーの物性に対するホエータンパク質添加の影響

	破断応力 (kgf/cm ²)	破断エネルギー (erg/cm ²)	破断歪 (cm/cm)
ホエータンパク質無添加	1.09±0.05*	4.58±0.12*	0.56±0.02**
3%ホエータンパク質添加	1.67±0.07	6.26±0.17	0.61±0.01

平均±標準偏差（1試料につき10回測定）

* : p<0.05, ** : p<0.01

3. 各種小麦粉加工品の官能評価

各種小麦粉加工品のホエータンパク質を無添加および添加したものについて、官能評価の結果をTable 6に示した。色、つや、硬さ、歯ごたえおよび総合評価の5項目について行い、5段階評価の平均点を示した。その結果、すべての小麦粉加

工品の硬さ、歯ごたえにおいてホエータンパク質を添加した加工品は評価が高く、このことからホエータンパク質は生地改良剤として有効であることが明らかとなった。また、ホエータンパク質を添加した食パンおよび饅頭においては色、つやの評価も高かった。

Table 6 ホエータンパク質を添加した小麦粉加工品の官能評価*

ホエータンパク質		色	つや	硬さ	歯ごたえ	総合評価
うどん	無添加	4.2	4.1	3.4*	3.3*	3.2*
	添加	4.3	4.5	4.5	4.7	4.7
食パン	無添加	3.4*	3.0*	3.2*	3.1*	3.2*
	添加	4.2	4.1	4.1	4.6	4.5
饅頭	無添加	3.5*	2.8*	3.2*	3.1*	3.2*
	添加	4.2	4.8	4.2	4.6	4.5
クッキー	無添加	3.4	3.1	3.2*	3.2*	3.2*
	添加	3.8	3.3	4.4	4.6	4.6

※ 5点評価法の平均値

* : p<0.05, n.s. : 非有意

文献

- 1) 小原哲二郎：ホエータンパク質、食辞林、949、樹村房、1997.
- 2) 堂迫俊一：牛乳成分の高度利用、フードケミカル、15(7)、17-52、1999.
- 3) 野口洋介：牛乳・乳製品の知識、55-84、幸書房、1998.
- 4) 谷藤 健：小麦のデンプンおよびグルテンの特性がゆでめんのテクスチャーに及ぼす影響、日本食品科学工学会誌、50(8)、333-338、2003.
- 5) 浜島教子、橋場浩子、根本勢子、渋谷裕美：小麦まんじゅう皮の調製法に関する研究 加水量および砂糖添加の影響、日本調理科学会誌、34(1)、62-67、2001.
- 6) 木村友子：蒟蒻飛粉添加が蕎麦麺の品質に及ぼす影響、日本調理科学会誌、35(3)、266-274、2002.
- 7) 平島円、堀光代：固体食品におけるテクスチャーの好みに関する研究、岐阜市立女子短期大学研究紀要 55、81-84、2006.
- 8) 長尾精一：小麦粉品質評価法、小麦の科学、118-134、朝倉書店、1995.
- 9) 柴田茂久：Ⅱ. 小麦粉製品、小麦粉製品の知識、99-315、幸書房、1995.
- 10) 早川幸男：3. 菓子の種類と特徴、菓子入門、11-27、日本食糧新聞社、1988.
- 11) 村山篤子：テクスチャー、調理科学、1-44、建帛社、

2002.

- 12) 川端晶子：4 章. 食品のテクスチャー、食品物性学、97-113, 建帛社, 1997.
- 13) 横溝 佐夜子：じゃがいもの硬さおよび官能評価に及ぼす加熱条件の影響日本調理科学会誌、35(1)、43-48、2002.

添加した方が高い評価が得られ、ホエータンパク質は小麦粉加工品の生地改良剤として有効であることが示唆された。

本研究を行うにあたり、試料の御便宜を賜った太陽化学㈱に感謝いたします。

(2009.8.25 受稿)

和文要旨

本研究では、ホエータンパク質を小麦粉加工品に利用することを目的とし、うどん、食パン、饅頭およびクッキーにホエータンパク質を添加し、その影響について調べた。今回用いた各種小麦粉加工品ともにホエータンパク質を添加することにより物性が改善され、うどんは硬さおよび引張り強度が高くなった。食パンは硬さおよび弾性率が高くなり、歯ごたえのあるものになった。饅頭は弾性率および粘着性ともに高くなり、弾力があり表面は滑らかな製品となった。クッキーは破断応力および破断エネルギーが高くなり、歯ざわりのよい食感のものとなった。この結果から、ホエータンパク質は、生地改良剤として有効であることが示唆された。

要約

本研究ではホエータンパク質を小麦粉加工品に利用することを目的として、ホエータンパク質を小麦粉加工品に添加しその物性を調べた。うどんにホエータンパク質を添加したところ、茹で麺の硬さおよび引張り強度が増加した。ホエータンパク質を添加したパンは、無添加に比べ硬さが増加し、弾性率が大きな値を示し、歯ごたえのある物性を示した。また、饅頭にホエータンパク質を添加した結果、弾性率、粘着性は高くなり、弾力のある饅頭ができた。また、饅頭にホエータンパク質を添加することにより、饅頭の表面の皮がひび割れず、つやがあり、見た目もよく、商品価値の高い製品となった。クッキーはホエータンパク質を添加することにより、破断応力および破断エネルギーが高くなり、歯ざわりのよい食感のものとなった。官能評価の結果、すべての小麦粉加工品の硬さ、歯ごたえにおいて、ホエータンパク質を