

粉乳とベーカリー製品

野 口 洋 介*

1. はじめに

粉乳は牛乳から水分を除き乾燥したもので、牛乳の保存性を高め、容量を最小にして、経済的に輸送できるようにした乳製品である。

昭和54年の消費量は第1表に示す通り、脱脂粉乳が13万トンでもっとも多く、ついで育児用粉乳、全脂粉乳と続いている。乳糖、ミルクカゼイン及びホエーパウダー

第1表 乳製品の消費量

牛 乳 乳 製 品 名	年 間 消 費 量	
	日本全体	1人当り
牛乳として	千トン	kg
農家自家用生乳	159	35.3
飲用向け生乳	3,905	
乳製品向け生乳	2,400	
輸入乳製品(換算)	1,109	30.5
合 計	7,573	
全 脂 れ ん 乳	56	0.5
脱 脂 れ ん 乳	23	0.2
全 脂 粉 乳	32	0.3
脱 脂 粉 乳	132	1.1
育 児 用 粉 乳	53	0.5
チ ー ズ	86	0.7
バ タ ー	62	0.5
ミルクカゼイン	23	0.2
ホエーパウダー	1.5	0.01
乳 糖	66	0.6
ホエータン白濃縮物	11	0.1

註：消費量合計は昭和54年食糧需給表より。
製品別消費量は農林水産省統計（国産）と大蔵省統計（輸入）の合計より算出。
日本人口は11,519千人。

* 雪印乳業（株）技術研究所

は輸入品である。これらの粉末物のうち、乳加工原料以外では製菓、製パン用の利用がもっとも多くなっている。

パンの消費量はここ数年ほとんど増加していないが、より、高品質化し、多様化しており、その手段として乳製品の利用が高くなっている。ここでは脱脂粉乳を中心に最近の粉乳類の製パン及び製菓適性を中心に眺めてみる。

2. 主な製菓・製パン用粉乳

(1) 全脂粉乳

牛乳をそのまま乾燥したもので、12%水溶液で牛乳とほぼ同一の濃度になる。又、加水量を変えることにより好みの濃度とすることができるので、調理加工用として利用しやすい製品である。

成分組成は第2表に示す通り乳脂肪が26%と多く美味であるが、脱脂粉乳に比較して保存性が劣り、約6カ月（常温）程度である。価格も744円/kg（56年11月）で脱脂粉乳の4割高である。

(2) 脱脂粉乳

牛乳から脂肪分をクリームとして除いた脱脂乳を濃縮乾燥したものである。脂肪分がほとんどないので保存性がよく1年の保存が可能である。又、価格も全脂粉乳より3割ほど安価である。乳飲料、製菓製パン及び家庭用スキムミルクの原料として利用されている。

(3) バターミルク粉乳

バター製造時にクリームから分離した水溶性部を乾燥し、粉末化したものである。

リン脂質を1～2%含有し、脱脂粉乳より乳脂肪分がやや多く風味もリッチである。欧米では製菓、製パン用として使われる。

(4) ホエー粉

第2表 粉乳類の成分組成

(試料 100g 中)

	水分 (g)	たんぱく 質 (g)	脂 質 (g)	乳 糖 (g)	灰 分 (g)	カルシウ ム (mg)	B ₂ (mg)	備 考
全 脂 粉 乳 ¹⁾	3.0	25.5	26.2	39.3	6.0	890	1.10	
脱 脂 粉 乳 ¹⁾	3.8	34.0	1.0	53.3	7.9	1,100	1.60	
バ タ ー ミ ル ク 粉 ³⁾	3.0	37.7	5.4	46.4	7.5	1,100	(1.6)	クリーム中の無脂乳固形分主体・乳 酸、塩酸、硫酸でカゼイン凝固分離
酸 カ ゼ イ ン ¹⁾	11.0	85.0	1.5	0.6	1.9	70	—	
レンネットカゼイン ²⁾	11.5	79	0.9	tr	7.9	200	—	レンネット凝固分離
ナトリウムカゼイン ²⁾	4.0	90	1.0	tr	4.0	(70)	—	水溶性カゼイン、カゼイネート
共 沈 物 (高灰分物) ²⁾	8.0	82	1.5	1.0	8.5	2,500	—	CaCl ₂ 0.2%添加
共 沈 物 (中灰分物) ²⁾	8.0	85	1.5	1.0	5.0	1,500	—	CaCl ₂ 0.06%添加
共 沈 物 (低灰分物) ²⁾	8.0	86	1.5	1.0	3.0	800	—	CaCl ₂ 0.03%添加
加 糖 れ ん 乳 粉 ³⁾	2.0	12.0	11.4	15.9	2.1	360	(0.6)	蔗糖56.6%含む
チ ー ズ ホ ー ー 粉 ⁴⁾	3.2	12.9	1.1	74.5	8.4	800	2.21	チーズ製造時に分離するホーエ カゼイン
カゼインホーエー粉 ⁴⁾	3.5	11.7	0.5	73.5	10.8	2,100	2.06	カゼイン //

1) 三訂補成分表

2) 乳業技術便覧 (祐川金次郎)

3) 雪印商品知識ハンドブック

4) USA成分表

5) ()内は推定値

チーズ製造時に生成するホーエーとカゼイン製造時に生成するホーエーがある。ホーエー中にはラクトグロブリンやラクトアルブミンのホーエータン白質、乳糖と灰分を多く含んでいる (第2表参照)。

最近ではチーズの生産増にともなって注目されている。日本では年間1500トン程度が製パン用に使用されている。

(5) 加糖練乳粉

練乳を多段式連続真空乾燥機 (CVD) で粉末化したもので、練乳特有のメラノイジン臭をもった加糖粉乳で製菓、製パン用に利用されている。

(6) カゼイン類

カゼインは牛乳タン白質の約80%をしめている。カゼイン類には酸カゼイン、レンネットカゼイン及びホーエータン白質とカゼインと一緒に沈澱させた共沈カゼイン (Coprecipitate) がある。この内、酸カゼインの輸入利用がもっとも多い。この酸カゼインは沈澱剤として使用する酸による硫酸、塩酸及び乳酸カゼインがある。

酸カゼインは酸によりりん酸塩類やタン白質に直接結合しているカルシウムが遊離して沈澱する。レンネット で凝固させたカゼインは牛乳中のカゼイン複合物とほぼ同一の分子量をもち、カルシウムも一緒に分離し、灰分が多くなっている。

共沈カゼインは脱脂乳に稀酸又は塩化カルシウムを加え、加熱して、カゼインと共にホーエータン白質を沈澱させたものである。

(7) WPC (ホーエータン白濃縮物)

ホーエーより限外濾過法 (UF) によって乳糖と分子量の大きなホーエータン白質に分離する。このホーエータン白質を固形分中35~85%程度に濃縮粉末化したものである。

3. 粉乳の製造法

製菓製パン用には各種の粉乳類が使用されるが、ここでは代表的な全脂及び脱脂粉乳の製造法についてのべる。

粉乳の製造工程を第1図に示す。図からわかる通り、原料乳の検査後、冷却、加温し、標準化する。即ち、全脂粉乳は通常3.2%脂肪とし、脱脂粉乳はクリーム分離機で脂肪分離する。この標準乳を UHT (135°C 2秒) や HTST 殺菌 (70~80°C, 15~30秒) 等で殺菌する。

次に真空濃縮機により12%全固形分を約45%まで濃縮する。この濃縮乳を霧状に噴霧して130~180°C 熱風により瞬間的に乾燥する。ついで計量、充填し製品化する。粉乳の外観、溶解性、焦粉の混入、比容積、粒度分布はこの乾燥工程によってほぼ決定する。

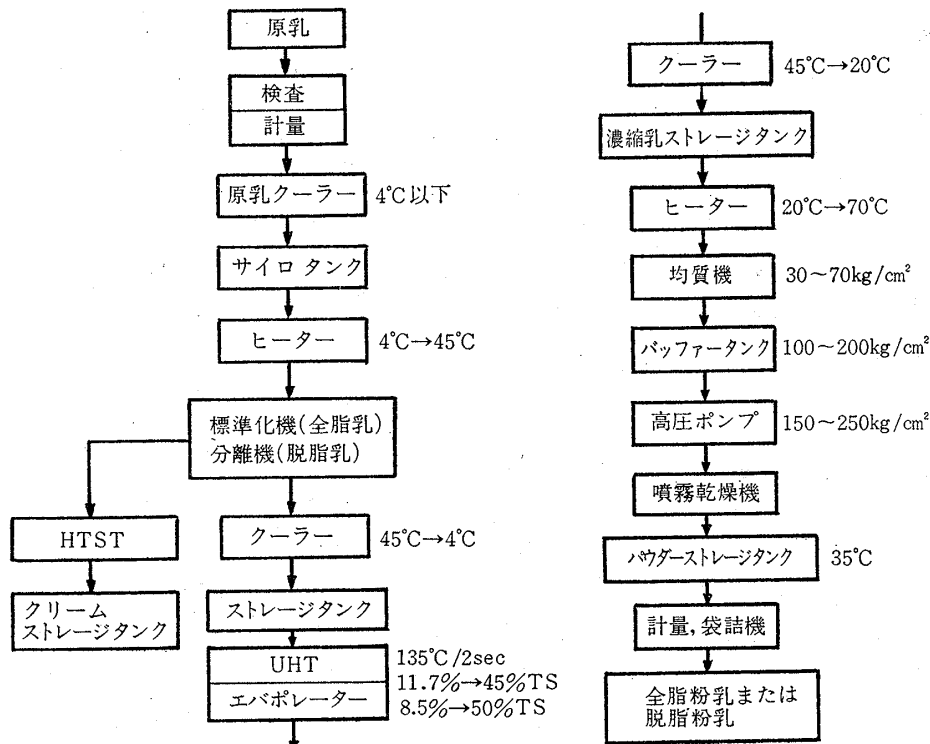
4. 脱脂粉乳の製パン性

パンに粉乳を加えるのは次のような理由によっている。

- ① 味と香りの向上
- ② ドウの保存性を高め、パンの歩留りを向上する。
- ③ ドウの粘度を調整し、製造中扱いやすくする。
- ④ パン皮 (クラスト) の焼色をよくする。
- ⑤ ブロム酸カリやビタミンCなどの酸化剤に対する許容性を高める。
- ⑥ 緩衝力が強く酸度の上りすぎを抑える。
- ⑦ アミラーゼ活性を調整する。
- ⑧ パンのトースト特性を向上する。
- ⑨ 水分の蒸発と老化を遅くし、保存性を向上する。
- ⑩ クラスト及びローフの形態上の欠陥をすくなくする。
- ⑪ 小麦粉に不足するリジン、ビタミンB₂、カルシウムなどを強化し、栄養価を向上する。

等のメリットがある。これらの主な項目やその他のデメリット等について考察する。

粉乳とベーカリー製品

第1図 全脂粉乳と脱脂粉乳の製造工程¹⁵⁾第3表 脱脂粉乳の未変性タン白態窒素
(WPNI: Whey Protein Nitrogen Index)

区 分	WPNI (脱脂粉乳 1g中)
ハイヒート粉	1.5mg 以下
ミディアムヒート粉	1.51～5.99mg
ローヒート粉	6.0mg 以上

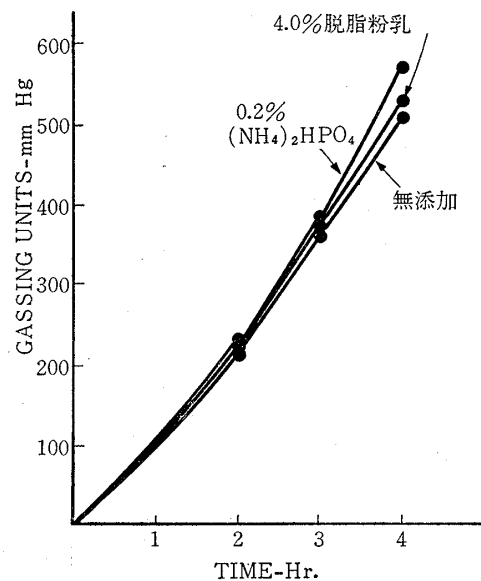
第4表 脱脂粉乳の添加量とパンの歩留⁷⁾

脱脂粉乳量	容 積 (cm ³)	保水量 (%)	パンの重量 (g)	
			焼成直後	24時間後
0%添加	1,687	28.9	502	480
2% "	1,750	30.0	527	506
5%	1,865	31.4	546	523

(1) 脱脂粉乳の未変性タン白質窒素係数 (WPNI)

最近の脱脂粉乳は UHT 殺菌と減圧濃縮法が主体となり、ビタミンの損失やタン白質の熱変性が少ない粉乳になっている。しかしながら製パン用の粉乳には熱変性率の高い方がよい¹²⁾⁸⁾。即ち、製造時の全工程を通して、乳固形分の受ける積算熱量によって粉乳の溶解度、粘度、熱安定性等がかわる。そこで米国粉乳協会 (ADMI= American Dry Milk Institute) は脱脂粉乳の熱処理の程度により第3表のように分類している。この WPNI は Whey Protein Nitrogen Index の略で未変性タン白態窒素量を示している。

この未変性タン白態窒素量の一応の目安は普通殺菌程

第2図 リン酸アンモニウム、脱脂粉乳、無添加 (対照) のドウ中ガス生成量⁸⁾

度 (66°C 30分) のものがローヒートであり、ハイヒートは 88°C 30分程度の 80% 以上ホエータン白質を変性させたものである。

この測定は変性したホエータン白質とカゼインが 37°C で中性飽和食塩水を添加して沈澱させ、これを分別する。滲液中の未変性ホエータン白質は酸性飽和食塩水を添加してその濁度を測定し未変性ホエータン白態窒素含量を算出する⁵⁾⁶⁾。

(2) パンの歩留り

パンに脱脂粉乳を添加するとパンの容積が増加又は低下する。Crossley⁷⁾によれば第4表に示すように脱脂粉乳2及び5%添加が無添加に比較して保水量が多く、容積も大きい。又、24時間後でも5%添加が容積で111%、重量で109%の増加となっている。一方、Ling⁸⁾はペンドウ中のガス生成量について検討し、第2図の結果を報告している。図より明らかな通り、0.2%りん酸アンモニウム及び4%脱脂粉乳添加ドウが、無添加ドウよりも4時間発酵後でガス発生量が多くなっている。又、焼成後の容積は無添加が812mlに対して4%脱脂粉乳添加品が923mlと111ml(114%)の増加である。

パン容積が低下する報告は中江⁹⁾が加熱しない牛乳について報告している。すなわち、無添加品が4例平均1821mlに対して牛乳添加品が1738mlで95%程度の容積である。これは牛乳がドウ中で発酵作用を阻害するためとのべている。このように乳固形分の製パン適性の差は加熱処理法の違いによってホエータン白質の変性度合が関与している。

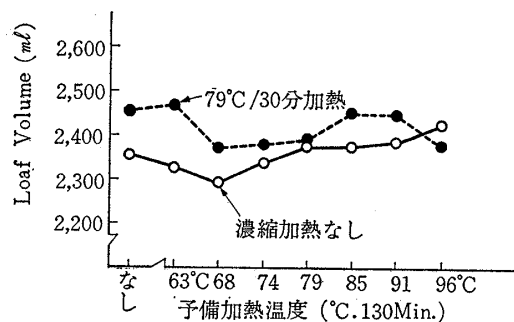
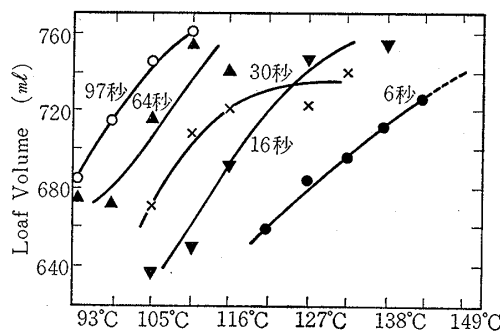
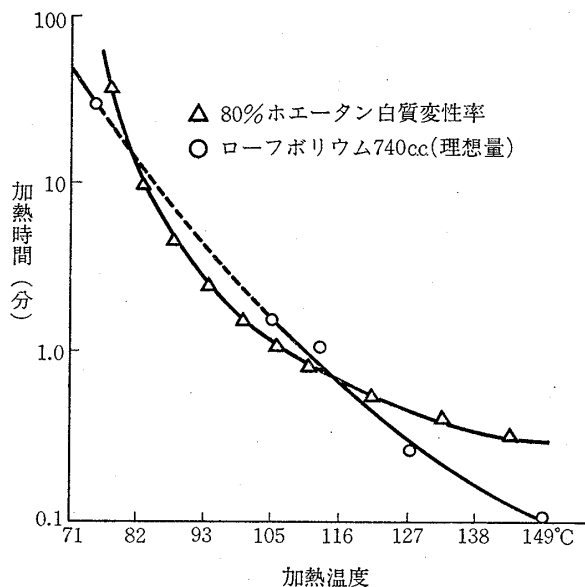
(3) ホエータン白質の加熱変性

牛乳タン白質はカゼインと乳清タン白質に大別されるが、加熱により、ホエータン白質が変成する。Swanson¹⁾によれば第5表に示す通り60~96°Cの予備加熱と79°C10分の2次加熱をした脱脂乳から製造した脱脂粉乳について製パン試験をして第3図の結果をえている。図からわかる通り、2次加熱によってパン容積が大きくなっている。官能評価では予備加熱79°C以上では2次加熱との差は小さくなっている。

第5表 加熱条件による脱脂粉乳の性質の変化¹⁾

試料 No.	予備加熱 30分(°C)	濃縮加熱 処 理	未変性ホエータン 白質(WPNI) (mg/g)	比重	水分
19	なし	なし	7.225	0.75	2.30
20	なし	79°C, 10分	7.025	0.77	2.05
21	63	なし	6.400	0.52	1.55
22	63	79°C, 10分	3.250	0.47	0.95
23	68	なし	6.525	0.71	2.60
24	68	79°C, 10分	5.260	0.77	2.00
25	74	なし	3.750	0.75	2.60
26	74	79°C, 10分	2.600	0.75	2.80
27	79	なし	0.825	0.72	2.30
28	79	79°C, 10分	0.650	0.75	2.55
29	85	なし	0.650	0.58	0.95
30	85	79°C, 10分	1.125	0.54	1.35
31	91	なし	0.375	0.73	3.00
32	91	79°C, 10分	0.800	0.75	2.80
33	96	なし	0.575	0.79	2.10
34	96	79°C, 10分	0.800	0.79	1.60

一方、Harland²⁾は牛乳の74°C30分の加熱で48例全部がWPNIが6mg以下で変性率が80%以上であり、65.5°C30分では48例全部がWPNI6mg以上となっている。ついでHarland³⁾は高温短時間加熱の場合、第4図に示す通り、理想的な740mlの容積にするため、5%乳固形分になるように脱脂乳を小麦粉に加えて試験した。その結果、103°C97秒、112°Cで64秒、121°Cで

第3図 脱脂粉乳の加熱条件とパン容積との関係¹⁾
(予備加熱条件と濃縮加熱処理の異なる6%脱脂粉乳添加パン)第4図 脱脂乳の高温短時間加熱条件とパン容積³⁾第5図 ホエータン白質80%変性のための加熱条件とパン容積740ml(理想量)にするための加熱条件³⁾

粉乳とベーカリー製品

30秒, 127°C で16秒が最小の加熱条件である。第5図にはホエータン白質の80%変性曲線とこの理想型な製パン性を示す740ml/容積にするための脱脂乳の加熱条件を示すがよく対応している。

これら乳タン白質のどの画分が容積低下に関与しているかについて多くの研究¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾があるが, その一例を第6表に示す。表よりローヒート脱脂粉乳のアルブミン画分がすだち, 容積ともわるく軟質のドウになっている。これに対してハイヒート脱脂粉乳のアルブミン画分はすだちがややおとるが, 容積は他の画分とほとんど同一である。

第6表 ローヒート及びハイヒート脱脂粉乳, それらのタンパク質区分別の製パン適性¹⁰⁾
(小麦粉 100 対脱脂粉乳 6 添加)

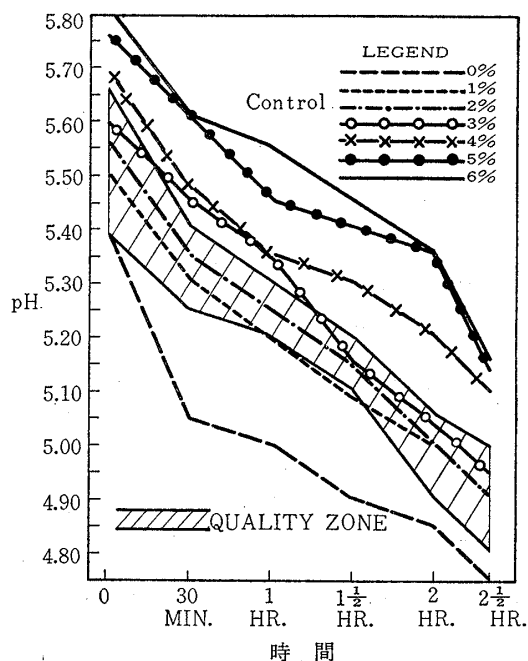
粉乳の種類	すだち 官能評価	容 積 (ml/100g)	ドウの性質
ローヒート脱脂粉乳 (対照)	60	520	軟質のドウ
カゼイン	80	575	硬質のドウ
グロブリン	78	570	"
アルブミン	45~78	376~570	軟質のドウ
ハイヒート脱脂粉乳 (対照)	80	580	硬質のドウ
カゼイン	75	560	"
グロブリン	73	580	} 不均一なすだち できめがあら。
アルブミン	72	570	

その後, このパンの膨張をわるくする成分について, Volpe ら¹¹⁾はホエー部の透析される分子量14,000前後の小分子のプロテオースペプトンであることを報告している。このアミノ酸組成をみるとシステインを含まず, グルタミン, プロリンや非極性アミノ酸が多い。これらの側鎖が水素結合や疎水結合によってドウの構造とかネットワーク形成を妨げるのではないかと考えられている¹³⁾。

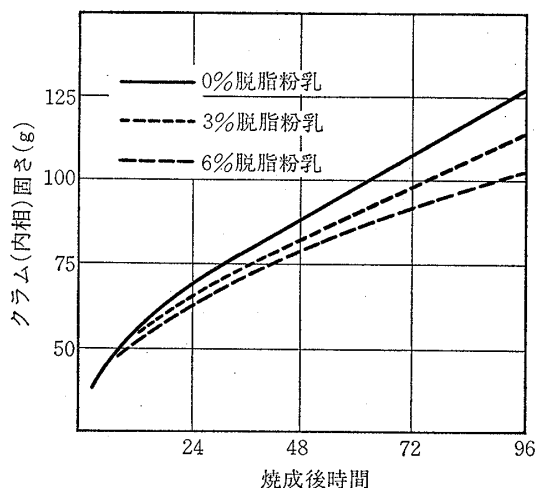
(4) pH の調整

脱脂粉乳は約8%の灰分を含みドウの発酵過剰や酸化剤添加の過不足の調整役をはたしている。Swortfiger¹⁴⁾は第6図に示すように脱脂粉乳を小麦粉に対して0~6%添加してpHの変化をみている。図から明らかな通り添加量が増すにしたがってpHの変化がすくない。このテストの連続混合製パン法では2.5時間の短時間発酵をとるために2~3%脱脂粉乳がよいとしている。しかし, 第7表に示すような乳酸と酸性りん酸カルシウムを添加することにより液種の最終pHを4.8~5.0にして粉乳を6%まで混入して風味良好なパンをつくることができる。

パンに添加する酸化剤はパン生地抗張力を増加し, 伸長性を減少させ, きめのこまかいスダチの良好なパンをつくる。日本ではアスコルビン酸や臭素酸カリウムな



第6図 脱脂粉乳添加量と発酵種のpHの変化¹⁴⁾



第7図 脱脂粉乳添加量と老化状態¹⁷⁾

どが使われている。アスコルビン酸は元来還元剤であるが小麦粉ドウ中でデヒドロアスコルビン酸に酸化され, それが酸化剤として生地に作用する。この酸化剤は小麦粉の熟度, 種類によって最適添加量が異なっている。通常5~50ppmのオーダーで使用し, 最適添加量からわずかの差によっても生地のだれが生じ, 容積も低下し, 品質がわるくなる。しかし, 脱脂粉乳を入れることにより, 改良効果の変動がすくなくなり, 酸化剤の「トレランス」が向上する¹⁵⁾。

このように脱脂粉乳の添加によってpHの低下がおそくなるため, 発酵時間が長くなる傾向を示す。このことからオーパナイト中種法(10~15時間発酵)や液種によるアミド法は脱脂粉乳を多めに使用する¹⁶⁾。

第7表 脱脂粉乳入りパンの配合例(連続混合法)¹⁴⁾

	脱 脂 粉 乳 量				
	対照2%	3%	4%	5%	6%
小麦粉	100	100	100	100	100
水	63	64	65	66	67
砂糖	8	8	8	8	8
食塩	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
脱脂粉乳	2	3	4	5	6
イーストフード(臭素塩型)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
酸性リン酸カルシウム	0.30	0.375	0.375	0.375	0.375
乳酸(85%)	0	0.0312	0.0312	0.0468	0.0625
強化剤(錠)	1	1	1	1	1
イースト	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3
塩化アンモニウム	0.0625	0.0703	0.0781	0.0781	0.0833
(総塩化アンモニウム)*	(1 oz)	(1 ¹ / ₈ oz)	(1 ¹ / ₄ oz)	(1 ¹ / ₄ oz)	(1 ¹ / ₃ oz)

*: イーストフード由来のものとの合計

第8表 脱脂粉乳添加による強力粉の栄養成分の改善

強力粉100g当り 脱脂粉乳添加量	3(%)	6(%)	9(%)	12(%)	強力 粉 100g 中	脱脂 粉乳 100g 中
強力粉	97.09	94.34	91.74	89.29		
脱脂粉乳	2.91	5.66	8.26	10.71		
合計(100g)	100	100	100	100		
タンパク質g	12.35	12.96	13.54	14.08	11.7	34.0
カルシウムmg	51	81	109	136	20.0	1100
ビタミンB ₂ mg	0.086	0.138	0.178	0.216	0.05	1.60
リジンmg	330	390	450	510	250	2620
アミノ酸スコア	45	51	59	62	38	91

第9表 各種ホエー, ホエー粉及びWPC(ホエータン白濃縮物)の組成(100g中)

	タン ク質	脂質	乳糖	灰分	備 考
チーズホエー液*	0.7	0.3	4.5	0.6	全固型分6.3%, 乳酸0.2, 水分93.7 全固型分6.1%, 水分93.9,
カゼインホエー液*	0.7	0.1	4.5	0.7	
脱脂粉乳*	34.0	1.0	53.3	7.9	水分3.8, 乳酸1.0, Ca: 0.8, P: 1.0 乳酸5.0, Ca: 2.1, P: 1.5
チーズホエー粉*	12.9	1.1	74.5	8.4	
カゼイン粉*	11.7	0.5	73.5	10.8	
25%脱塩ホエー粉 ³¹⁾	13.5	0.7	75.8	5.0	10%液 pH: 6.4
50% " ³¹⁾	13.5	0.7	77.8	3.8	" pH: 6.5
90% " ³¹⁾	14.1	0.7	83.1	0.9	" pH: 6.9
WPC(UFG83) ¹⁸⁾	83.3	3.0	5.5	5.2	7%液, pH6.9, 限外濾過法
WPC(PolyG78) ¹⁸⁾	78.7	1.7	2.9	13.7	" pH6.4, "
WPC(ED脱塩) ¹⁸⁾	35.0	3.4	55.6	3.0	脱塩チーズホエー
WPC(") ¹⁸⁾	72.8	3.2	7.2	13.8	7%液, pH7.3

*: 出典は第2表と同じ

(5) パンの老化防止と栄養改善

パンの老化防止作用についてはEdelmannら¹⁷⁾やGuyら¹⁸⁾の研究があり, その一例を第7図に示す。脱脂粉乳添加パンは内相が対照より明らかにやわらかい。しかも添加量の多い6%の方がやわらかくなっている。

という。

チーズホエーはカゼイン中のカルシウムやリンの大部分をカードと共に沈澱させチーズ分の方に移行させる。そのため灰分がすくなく, 又, 乳酸もすくなくなっている。これに対してカゼインホエーは一般に酸沈澱させて

牛乳はすぐれたタン白質を含有し, 特に小麦粉に不足するリジンが多く, 又カルシウムとビタミンB₂の含有量も高い¹⁹⁾²⁰⁾。そのため第8表に示すように強力粉に脱脂粉乳を添加すると, 日本人に不足しがちな栄養成分を天然物の形で強化できる。

おいしさについては竹林ら²¹⁾は菓子パンに牛乳を添加し, 風味の改善に明らかに寄与しているとのべている。又, 高橋ら²²⁾の研究によればバターケーキに0~10%の脱脂粉乳を添加し, 6%添加が好まれ, 無添加がもっとも好まれていないと報告している。

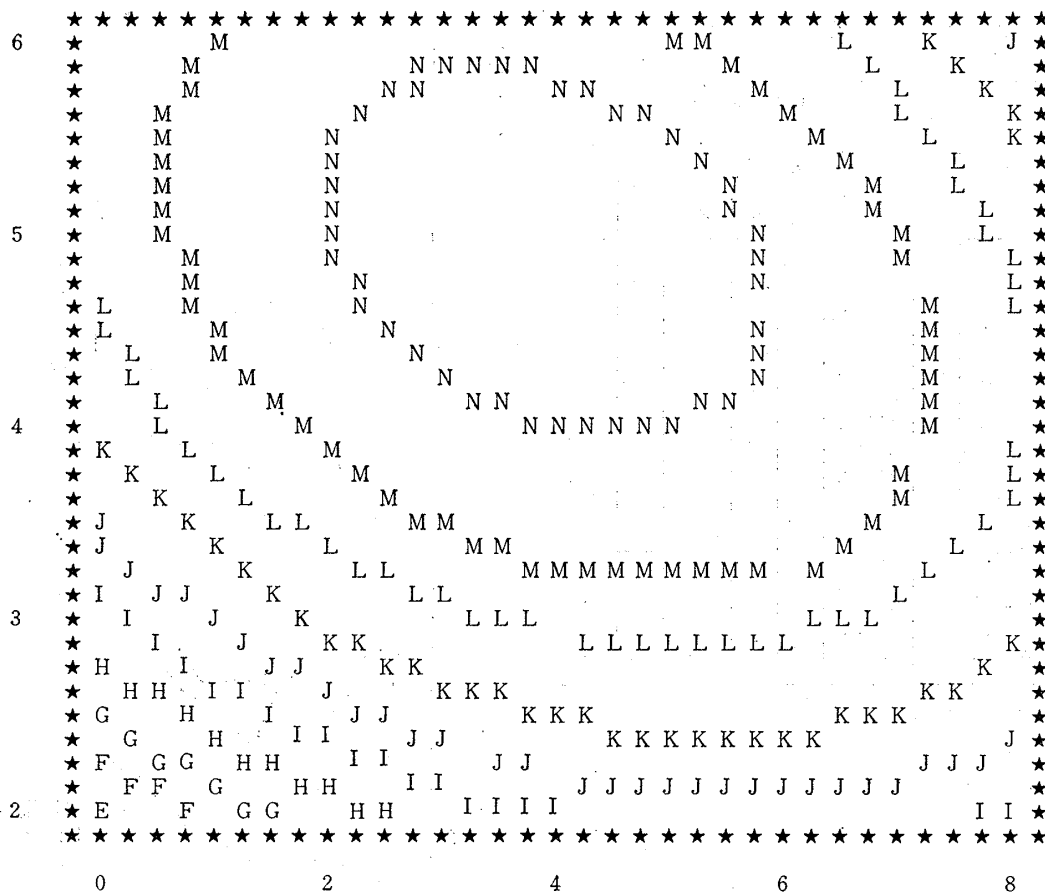
5. ホエー粉のベーカリ製品適性

(1) ホエーについて

ホエーとは前記したようにチーズとカゼイン製造時に生成する水溶性成分である。世界的にバターの生産が減少し, バター+脱脂粉乳の生産から, チーズ+ホエーの生産に移行しているためホエーが増加している。日本ではナチュラルチーズの生産がすくなく, 育児用粉乳や飼料に使用されている。しかし, 欧米諸国ではホエー粉のベーカリ製品への利用がたかまっている。

ホエーは透明で螢光を発する黄緑色の液体である。その主成分は第9表に示すように乳糖, ホエータン白質及び灰分である。ホエーはカゼインを凝固させる方法によってホエーの組成に差がある。すなわち, チーズ製造のようにレンネット凝固により生成するホエーはチーズホエー, スイートホエー又はレンネットホエーともいう。もう一つは酸を加えてカゼインを凝固させて生成するホエーで, カゼインホエー又は酸ホエー

粉乳とベーカリー製品



Per Cent Lactose		
A=2194.4 ml	F=2353.4	K=2512.4
B=2226.2	G=2385.2	L=2544.2
C=2258.0	H=2417.0	M=2576.0
D=2289.8	I=2448.8	N=2607.8
E=2321.6	J=2480.6	

第8図 パン容積に及ぼす蔗糖-乳糖の配合比 (2%ショートニング)²⁹⁾

第10表 ホエー粉添加ドウの製パン適性²⁴⁾

ホエー 添加量 (%)	ホエーの加 熱処理条件	ホ イ ロ 時間(分)	ローフ容積 (ml/100g)	製パン スコア	スタチ スコア
0	—	64	704	63.6	17.2
4.3	77°C 16秒	71	631	64.1	18.1
4.3	91°C 30分	72	674	64.0	18.1

カゼインを作るので、カルシウムの大部分とりんの一部がホエーに移行して、灰分が多く、又、酸性である。

これらのホエーは第9表のように6%程度の固形分しかないため、各種の濃縮方法によってホエー粉とホエータン白濃縮物(WPC=Whey Protein Concentrates)が作られる。すなわち、限外濾過法(UF=Ultrafiltration)と逆浸透法(RO: Reverse Osmosis)は共に分子領域の濾過を加圧下で行なう。限外濾過法は分画分子量が500以上、逆浸透法は500以下を対象としている。いずれも熱を使わずに固形分25~30%程度まで濃縮することができる。

イオン交換膜電気透析法(ED=Electrodialysis)は塩類だけを除去するよい方法である。たとえばホエーを逆浸透法にかけて濃縮ホエーをつくり、これをイオン交換膜電気透析にかけると、脱塩濃縮ホエーとなる。一方、ホエーを限外濾過法にかけると、WPC(ホエータン白濃縮物)ができる。又、ポリリン酸とともにホエータン白質を沈澱させた後、ポリリン酸を除去すると未変性タン白質含有率のたかいWPCをつくることができる。これらを噴霧乾燥してそれぞれ粉末化したものが商品化されている¹⁸⁾。

(2) ホエー粉の利用

ホエー粉は乳製品原料の他にパン、ベーカリー、ケーキミックス、フライミックス等に使われている。ホエー粉の特徴は、

- ① 高乳糖含有によるベーカリー製品の色調改良剤
- ② 高ホエータン白質含有による起泡性の利用
- ③ 高保水力性の利用によるテクスチャー改良剤及び

第11表 ホエー粉・システィン及びプロメートのパン生地改良作用²⁵⁾

改 良 剤	混 合 時 間	生地 の 性 質		パ ン の 性 質			
		グル テン の デ ィ ブ ッ プ	耐 機 械 性	均 整	容 積 cc/ ポ ン ド	す だ ち 記 録	採 点
無 添 加	13	非常に 少い	不可	可	2250	可	6.3
L-システィンのみ	6	非常に 多い	良	良	2310	不可	5.0
プロメートのみ	13	非常に 少い	不可	可	2400	不可	4.3
ホエー粉のみ	15	非常に 少い	可	可	2380	良	7.6
L-システィン +プロメート	6	非常に 多い	良	可	2530	良	7.4
L-システィン +ホエー粉	8	非常に 多い	優	不良	2300	不可	4.8
プロメート +ホエー粉	15	非常に 少い	可	良	2430	良	7.3
L-システィン+プ ロメート+ホエー粉	8	非常に 多い	優	優	2600	優	10.0

シェルフライフの延長性

④ 高ホエータン白質及び高ミネラル含有による穀粉の栄養改良剤²³⁾

⑤ もっとも安価な乳固形分

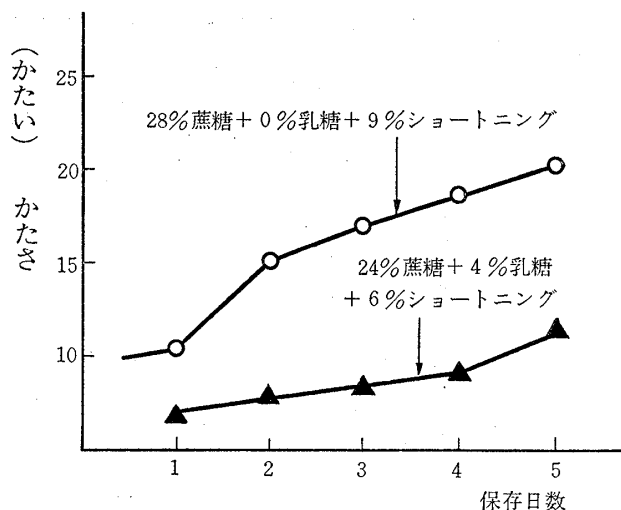
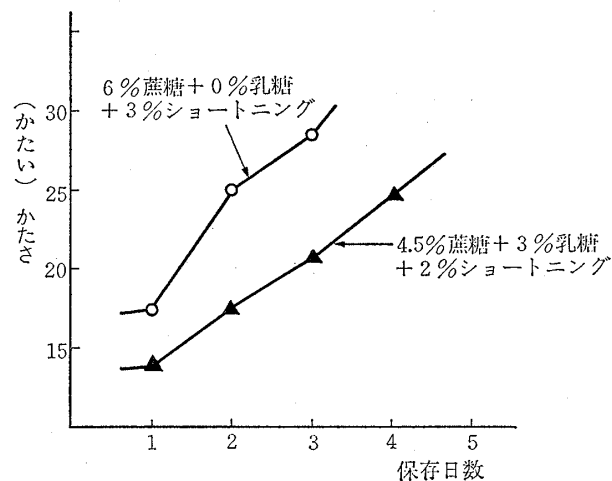
等の役割をになっている。

製パン性については第10表に示すように最終製品の製パンスコア及びスダチスコアともに無添加よりよい。しかしホイロ時間はやや長く、容積はやや小さい²⁴⁾。一方、Henika ら²⁵⁾²⁶⁾によるとシスティンによるパン生地軟化による一定の伸展性の向上にシスティン 80ppm、プロメート 50~60ppm、ホエイ粉 4% (対小麦粉) で直こね法でよいパンができることが報告された。その結果を第11表に示す。約4時間の長い中種時間を省略してフロアタイム40分(28°C)で表のような良質のパンができることはシスティンとホエー粉のすばらしい効果である。このホエーの役割はよくわかっていないが、パン生地に対するシスティンの作用とプロメートの作用をそれぞれ独立させるのに効果をもっている¹³⁾。

6. 乳糖とベーカリー製品

乳糖は牛乳中の固形分で最も多い4.5%を含有している。しかも動物が生成する唯一の糖であり、乳以外にほとんど自然界に存在しない。又、甘味度は16%程度で甘味度のすくない二糖類である。価格も安価でしかもフルクトースを含まない糖であり、成人病予防の糖質としてベーカリー製品への利用がたかまっている。

ベーカリー製品には外観性状の改善、風味と香り、容積とシェルフライフ(店頭保存期間)の改善に効果がみとめられている²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾。

第9図 保存中のケーキの固さの変化²⁹⁾第10図 保存中のパンの固さの変化²⁹⁾

Holmes ら²⁹⁾ は乳糖、蔗糖とショートニング量を変えてケーキとパンを試作し、第8~10図に示す結果をえている。第8図は乳糖—蔗糖を変えてパン容積の変化を示す。その結果、ほぼ蔗糖5%+乳糖4%のとき最大の容積を示す。乳糖による容積増加はパンの気泡壁の強化と乳糖のメイラード反応によって、炭酸ガスの生成をうながし、その容積を増大する。

ベーカリー製品で最も重要なことは店頭保存期間であるが第9~10図にケーキとパンの5日間の固さの変化を示す。第9図よりケーキは4%乳糖置換で、5日目の硬さが無添加の1日目に相当している。パンでは3%乳糖添加で約2倍の延長になっている。この性質は特にホットドックバンズやハンバーガーバンズに、蔗糖やショートニングの一部を乳糖に置換すると有効である²⁹⁾。

乳糖は風味と香りの吸着性がよく、これらの成分を保留する作用がある。Mcmullin ら³⁰⁾ は乳糖が炭化水素、エステル、アルデヒド、ケトンやアルコールの吸着性がよいと報告している。また、乳糖の褐変はメイラード

粉乳とベーカリー製品

反応とカラメライズの二つの反応を持ち、美しいキツネ色に焼成し、かぐわしい香りを生成する。

7. おわりに

世界で最大の生産量がある小麦（4.41億トン）と2位の牛乳（4.15億トン）は相性のよい食料である。そしてこの2つの食料をもっとも多量に利用している調理加工法はパンをはじめとするベーカリー製品であろう。実際には粉乳類の形で利用しているが、その製パン適性について未だによくわかっていない。それはパンが混捏、発酵、仕上げ（成型）、焼成等の各種工程の因子と原料配合がからみあった技術の上に成立している調理食品であるからであろう。

最後にベーカリー製品における粉乳類の使用量を第12表に示す。一般に全脂粉乳が、乳脂肪、タン白質、乳糖をバランスよく含有し、最も多く使用できる。これに対してホエー粉は乳糖を70%含有し、溶解度、こげやすさ等から全脂粉乳の2～4割減の使用量が適量である。脱脂粉乳はハイヒート粉を使用して両者の中間量がよい。

ケーキ類は15%の脱脂粉乳を加えると風味が向上し、バターの安定性をよくする。ドーナツは脱脂粉乳が特に効果のあるものの一つで、保水性がよく、吸水速度が早いものがよい。

粉乳は前記したように乳製品中で最も保存性があり、容積が小さく自由な濃度に溶解して使用することができる。しかも最も安価な乳固形分であり、万人の嗜好にあった栄養豊かな食品である。多様化するベーカリー製品により多く粉乳が活用されることを期待したい。

終わりに、本稿の作成にあたり助言をいただきました雪印乳業（株）技術研究所長 曾根敏磨博士及び技術開発研究室長 井門和夫氏に感謝いたします。

引用文献

- 1) A. M. Swanson, J. K. Seibel, W. B. Sanderson, J. C. Garver : Cereal Science Today, 11 (9) 398 (1966)
- 2) H. A. Harland, S. T. Coultor, R. Jenness : J. Dairy Sci. 38 858 (1955)
- 3) H. A. Harland, S. T. Coultor, V. H. Townley, R. Jenness : J. Dairy Sci. 38, 1199 (1955)
- 4) S. Kuramoto, R. Jenness, S. T. Coultor : J. Dairy Sci. 42, 28 (1959)
- 5) American Dry Milk Institute Inc. : Standards for Grades for the Dry milk Industry incl. Methods of Analysis, Bulletin 916 (1965).
- 6) 雪印乳業標準試験法 (1981)

第12表 ベーカリー製品における粉乳類使用量
(小麦粉 100 g に対する添加量)

ベーカリー製品		粉 乳	全脂粉乳	脱脂粉乳	ホエー粉
食	パ	ン	5(2~12)	4(2~10)	3(1~ 8)
菓	子	パ	ン	5(3~12)	4(1~10)
ロ	ー	ル	パ	ン	4(2~10)
デニッシュ・ペーストリー			6(4~20)	5(3~15)	3(2~10)
ク	ロ	ワ	ッ	サ	ン
ブリオッシュ			7(4~22)	5(3~15)	3(2~10)
バ	タ	ー	ケ	ー	キ
スポンジケーキ			5~25	3~15	2~12
ス	ポ	ン	ジ	ケ	ー
ドーナツ			3~20	3~15	2~12
ド	ー	ナ	ッ	ツ	
クッキー			5~30	5~20	5~10
ク	ッ	キ	ー		
ビスケット			5~20	3~15	2~10
ビ	ス	ケ	ッ	ト	
サブレ			3~20	3~10	2~ 8
サ	ブ	レ			
ケーキミックス			5~20	3~15	2~ 8
ケ	ー	キ	ミ	ッ	ク
パンケーキミックス			5~20	5~20	4~15
パ	ン	ケ	ー	キ	ミ
ホットケーキミックス			5~20	5~15	4~15
ホ	ッ	ト	ケ	ー	キ
ワッフル			5~20	5~20	5~16
ワ	ッ	フ	ル		
ピザドゥ			5~20	5~15	3~10
ピ	ザ	ド	ウ		
クレープ			5(1~10)	4(1~ 6)	3(1~ 5)
ク	レ	ー	プ		
ワッフルクリーム			15(0~25)	10(0~20)	8(0~15)
ワ	ッ	フ	ル	ク	リ
アイシング			50~150	50~150	50~100
ア	イ	シ	ン	グ	
			5~ 50	5~ 40	3~ 20

- 7) E. L. Crossley : Report of Study Group on the Addition of Dried Skimmed Milk to Bread., Ann. Bull. Int. Dairy Fed. (1969)
- 8) R. S. Ling, R. C. Hoseney, P. L. Finney : Cereal Chem. 53, 787 (1976)
- 9) 中江恒 : パン化学ノート, p.110 パンニュース社 (S51年版)
- 10) J. E. Kinsella : The Chemistry of Dairy Powders with reference to Baking., Adv. Food Res. 19, 147 (1971)
- 11) T. Volpe, M. E. Zabik : Cereal Chem. 52, 188 (1975)
- 12) R. S. Ling, R. C. Hoseney, P. L. Finney : Cereal Chem. 53 (5), 787 (1976)
- 13) 松本 博 : 製パンの科学 p.105, 日本パン技術研究所 (1980)
- 14) M. J. Swortfiguer : Bakers' Digest, April, 39 (1962)
- 15) 林弘通 : 粉乳製造工学, p.32, 実業図書 (1980)
- 16) 竹谷光司 : 新しい製パン基礎知識, p.158, パンニュース社 (1981)
- 17) E. C. Edelman, W. H. Cathcart, C. B. Berquist : Cereal Chem 27, 1 (1950)
- 18) E. J. Guy, H. E. Vettel, M. J. Pallansch :

- Cereal Sci. Today **19** (12) 551 (1974)
- 19) Rafael Pedraja : Bakers' Digest, Oct. 46 (1965)
- 20) Douglas Kirk : Bakers' Digest Oct. 52 (1971)
- 21) 竹林やえ子・吉見ツヤ : 食品工業学誌 **15** (4), 153 (1968)
- 22) 高橋節子・大家千恵子・大塚育 : 家政学誌 **30**(9), 743 (1979)
- 23) M. Womack, D. A. Vaughn : J. Dairy Sci. **38** (2), 324 (1973)
- 24) E. J. Guy : Bakers' Digest, Oct. 10 (1978)
- 25) R. G. Henika, S. F. Zenner : Bakers' Dig. **34** (3), 36 (1960)
- 26) R. G. Henika, N. E. Rodgers : Cereal Chem. **42**, 397 (1965)
- 27) A. M. Swanson, W. B. Sanderson : Cereal Sci Today **12**, 363 (1967)
- 28) Eugene J. Guy : Bakers' Digest, April 34 (1971)
- 29) David G. Holmes, Juan Lopez : Bakers' Digest Feb. 21 (1977)
- 30) S. L. McMullin, R. A. Bernhard, T. A. Nickerson : J. Agric Food Chem. **23** (3), 452 (1975)
- 31) 宮沢久七・桑田有 : 食品工業 6 下, 20 (1975) (Foremost 社カタログより)

新 刊 紹 介

神立 誠監修 「新版 食品化学概説」

(A5判224ページ 定価1,800円 光生館)

食品化学の教科書として広く親しまれている本書が、今回内容の改訂を行い、新版として出版されたものである。神立教授を中心に、関係の方々が、それぞれ得意とするところを執筆してまとめられたもので、今回は三訂補食品成分表の発行にともない、成分分析値を新しくしたことと、特殊栄養食品が近年増加して

いるので、これを新しく特殊栄養食品という章をもうけ、強化食品、特別用途食品について述べている点である。

内容は、総論、動植物性食品、植物性食品、醸造食品、食用油脂、調味食品、香辛料および嗜好飲料、特殊栄養食品の7編からなっている。(元山)