

# 製パンの調理学的研究 (I)

## —パンの品質に及ぼす各種副材料添加 ならびに米粉混入の影響—

高橋 佳子\*・代谷 沢\*

### Some Cook Scientific Experiments on Bread Baking (I)

Effects of Several Additive Materials and Admixed Rice-Powder on  
the Physical Properties of Bread.

Yoshiko Takahashi, and Sawa Shiroya.

#### はじめに

かつて我が国において米の代替品的存在でしかなかったパンは、経済成長による所得水準の上昇にともなう食生活の高度化・多様化と共に、米に次ぐ第二の主食として食卓に浸透してきた。最近パンは、専門業者だけでなく家庭でも手軽に焼けるようになったが、反面その保存方法を検討する必要がある。パンは古くなると硬化し、弾力性のない状態となって香味が衰えてくる。この現象は、デンプンの老化が主因であることは確かであるが、どのような配慮によって新鮮な状態に保ち得るかという課題の一つとして、副材料の添加がパンの品質に及ぼす影響について、実験的検討を試みた。

さらに余剰米処理に悩む今日、食糧庁は小麦粉に米粉を混入することを積極的に推進している。こうした情勢から、米粉混入によって、パンの品質にどの程度の差を生じるかを調べてみることにした。

#### 実験の部

##### I 予備実験 (製パン用小麦粉の選択)

この実験に供試する小麦粉を選定するために、S社製K印強力粉とP社製I印強力粉についてグルテン量及び包水量を比較測定した。

##### (1) グルテン量

###### 1) 測定方法

各試料を20g取り乳鉢の中で水(20℃~21℃)を加え十分にこね20分間ねかし、120メッシュの布上

でよく水洗後、グルテンを分離させ乾量を測定した。

##### 2) 測定結果

表1のとおりである。

表1 製パン小麦粉の乾数量

小麦粉	乾数量(%)
S-K	12.8
P-I	15.0

##### (2) 包水量

###### 1) 測定方法

小麦粉を平皿にとり中心に凹所をつくり、水5mlを静かに注ぐ。次にガラス棒で静かに攪拌し水分を全部吸着させ、柔らかいドウを手のひらに取り、新しい小麦粉をまぶしてドウが手につかなくなるまで続けた。

$$W = \frac{5}{G-5} \times 100 \quad G = \text{生地重量}$$

###### 2) 測定結果

表2のとおりである。

表2 製パン用小麦粉の包水量

小麦粉	包水量(%)
S-K	53.8
P-I	60.2

以上の結果より、グルテン量、包水量ともすぐれた結果を示したI印強力粉の方が、製パン用として適当と思われたので、以後の実験に採用した。

\* 調理学研究室

## II 副材料添加の製パンに及ぼす影響

### (1) 生地膨張量測定

#### 1) 生地配合

小麦粉：P-I 強力粉 50g

イースト：N社製ドライイースト 0.5g

蒸溜水：30ml

食塩：M社製エンリッチ用塩

0%, 1.5%, 3%, 4.5%, 6% (但し食塩区の  
蔗糖添加量：4%, 脂肪添加量：3%)

蔗糖：E社製P印上白糖, 0%, 1%, 2%, 4%, 6  
% (但し蔗糖区の食塩添加量：1.5%, 脂肪  
添加量：3%)

脂肪：J社製ショートニング, 0%, 3%, 10%, 15  
%, 30%, (但し脂肪区の食塩添加量：1.5%,  
蔗糖添加量：2%)

#### 2) 測定方法

①28℃にドウをこねるための水温を至適温度補正  
 $\uparrow$ する。至適水温 = (28℃ × 2 - 室温)

②温度調節した全用水の内 10ml に定量の蔗糖を  
溶解して、糖液をつくりこれに、イーストを加え50  
℃~55℃の温浴内で5分間、43℃に加温し充分懸濁  
した後、約10分間で補正温度値に直す。

③残りの水 20ml に食塩を溶解しておく。

④ふるいにかけて粉にショートニングを均等に混  
ぜる。

⑤パンミキサーに④を入れタイマーを15分にあわ  
せ、③を徐々に加え、次に②を入れる。

⑥出来上がったドウを 200ml のメートルグラスに  
入れ湿した布巾をかけて、28℃の恒温器内で1時間  
発酵させた後、容積を測定する。(第一発酵)

⑦第一発酵後のドウを15回重ね合せて、ガス抜き  
後再び容器に入れ、1時間発酵させた後、容積を測  
定する。(第二発酵)

⑧ガス抜き後30分間発酵させた後、その容積を測  
定する。(第三発酵)

#### 3) 測定結果

表3のとおりである。

#### 4) 考察

食塩添加量が多い程、膨張値は低下し、ことに  
4.5%以上添加した生地は著しく低い。生地の状態  
は無塩のものは気泡が大きく、食塩量が増すに従っ  
てキメの細かいのが得られた。食塩はグルテンの溶  
出を促進し、粘弾性を十分に高め網目状組織を緻密  
にし、ガスの包蔵性を強める効果があるように思わ  
れた。しかし4.5%をこすと酵母の発育を抑制し、

表3 副材料の違いによる生地膨張量

添加副材料	添加濃度%	生地膨張 ml		
		第1発酵	第2発酵	第3発酵
食塩	0	239	254	163
	1.5	180	218	178
	3	266	241	148
	4.5	103	127	106
	6	108	138	106
蔗糖	0	148	112	125
	1	178	176	129
	2	207	209	153
	4	180	218	178
	6	234	257	161
脂肪	0	214	234	131
	3	180	218	178
	10	211	236	172
	15	236	241	161
	30	206	208	168

膨張値の低下を示す。

又、蔗糖量が増すにつれ生地の膨張力も大きくな  
った。無糖、1%添加とも膨張力は小さかった。こ  
れはイーストが充分発酵していないためだと考えら  
れた。蔗糖添加は生地膨張には不可欠のもので、添  
加量が多い程、炭酸ガスの発生が促進され、6%添  
加の生地は気泡が少なく、生地の安定性に欠ける。  
以上の結果から4%が膨張力、安定性などの面から  
最良であった。

脂肪は3%添加が最高でそれ以上多くなると膨張  
力が落ちた。無脂肪のドウは膨みが変わるく、すだち  
も大きく不均一なので伸展性がわるかった。脂肪添  
加はドウの伸展性、安定性をよくする効果があるが、  
しかし多すぎるとドウの膨化力を低下させた。

### (2) 製パン実験

#### 1) 試料

##### II の(1)に用いたドウ

#### 2) 操作方法

試料を 200℃ のオーブンで20分間焼き上げた。

#### 3) 測定方法

次式により膨化率を求めた。

$$\text{膨化率} = \frac{\text{加熱後の体積}}{\text{試料の体積}} \times 100$$

#### 4) 測定結果

表4のとおりである。

表4 副材料添加量の違いによる製パンの膨化率

副材料加	添加濃度%	体積 ml	膨化率
食塩	0	240	400
	1.5	245	408
	3	179	298
	4.5	170	283
	6	160	267
蔗糖	0	188	313
	1	209	348
	2	218	368
	4	245	408
	6	238	397
脂肪	0	173	288
	3	245	408
	10	238	397
	15	217	362
	30	207	342

5) 考察

食塩については、1.5%添加が最も膨化が大きく、3%のものが急に小さくなっている。無塩のパンはすだちが大きくもろかった。これは無添加のためグルテンの形式が不充分であるためと考えられた。1.5%のものは、キメの細かい軽い、すだちの美しいものが出来た。4.5%、6%はパン特有の平均したすだちが見られず、指で圧しても元の状態にかえらない弾力性のない、だんご状のものが出来た。又味の点からも不適であった。

蔗糖の添加量が多い程、生地伸展性が増し膨化も大きかった。又、多孔性の均衡のとれた美しいすだちのパンが得られたが、6%添加は、少々キメがあまり発酵過剰みであった。無糖、1%添加のパンは焼き色がつきにくく表面の光沢もなく、4%添加のものが最良であった。

脂肪については、3%が膨化が最も大きく、多孔性の軽いすだちの均一なパンが得られた。しかしそれ以上添加しても膨化は徐々に悪くなった。無脂肪のパンは膨化も悪く舌ざわりの硬いパサついたパンであった。

(3) α化測定

1) 試料

製パン試験と同様の試料をそれぞれ、サランラップで包み、5℃の冷蔵庫内で保存し、経時的にα化度を測定した。

2) 測定方法

ジャスターゼによるα化測定法<sup>2)</sup>を採用した。この際ジャスターゼの活性力により、デンプン糖化反応に大きく差が生じるので、5%ジャスターゼ溶液は常時新しいものを使用した。

3) 測定結果

図1~3のとおりである。

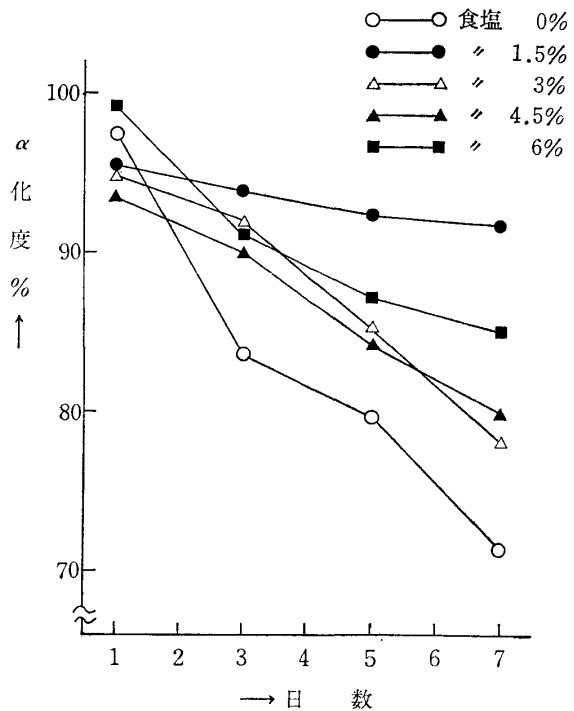


図1 食塩添加によるα化の経時的変化

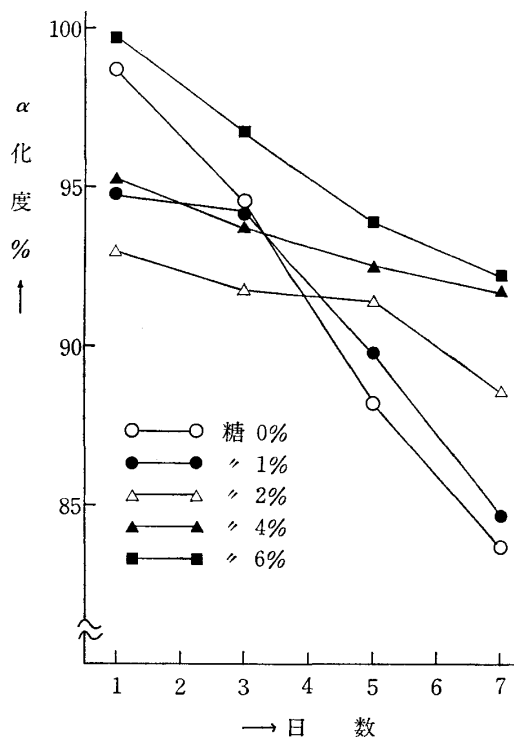


図2 糖度の違いによるα化の経時的変化

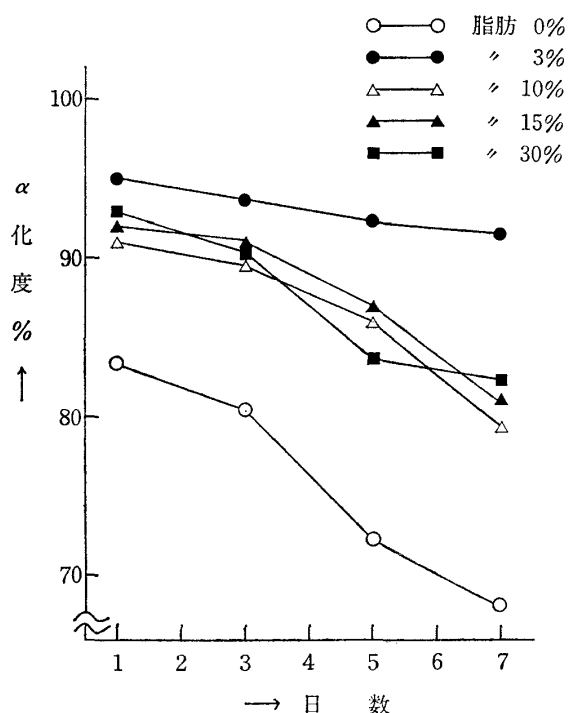


図3 脂肪量の違いによるα化の経時的変化

4) 考察

1.5%食塩添加のパンが最も老化がおそく、又、食塩量が増す程、老化が防止される傾向にあった。これはα化して分散したデンプン分子が、放置されるに従って次第に再び、もとの状態にもどろうとするのを、食塩がイオンとして働いて水素結合の形成を妨げようとするからであると説明されている。

蔗糖については、無糖のパンはほぼ一直線に急激に老化を示し、糖度が増す程、デンプンの老化がおそい。これは蔗糖が親水性の物質で保水力があり、α化したデンプンと蔗糖が共存すると、蔗糖がα化によって分散状態にあるデンプン分子間の水分を包みこみ、再びデンプン分子間で水素結合を生じ、β-デンプンにもどろうとするのを妨げるからであると考えられる。4%添加が最も老化防止に効果があった。

脂肪については、無脂肪のパンはデンプンの老化が著しく顕著で3%添加のパンがデンプンの老化が最もおそく、添加量が増す程老化がおそい傾向が見られた。しかし予想した程、脂肪はデンプンの老化防止に効果的ではなかった。

(4) 水分測定

1) 試料

α化測定に同じ。各々サランラップで包み、5°Cの冷蔵庫内で保存し、経時的に測定した。

2) 測定方法

ケット赤外線水分計<sup>3)</sup>を用いた。

3) 測定結果

水分保持率を計算した結果、図4～6の通りであった。

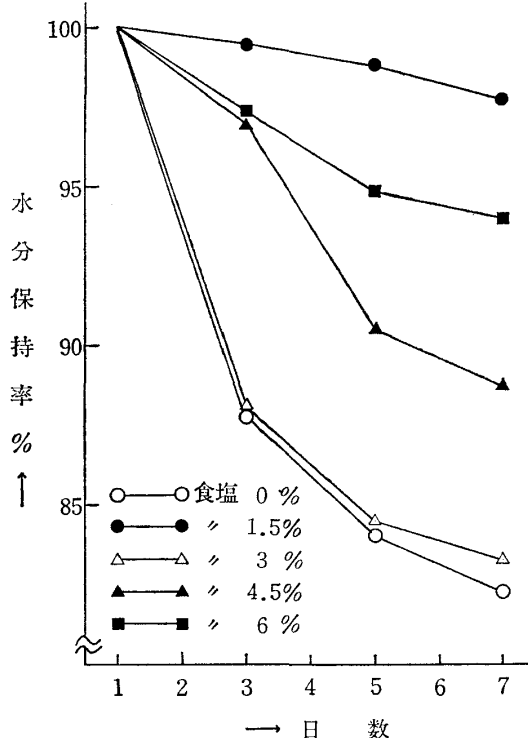


図4 食塩添加による水分の経時的変化

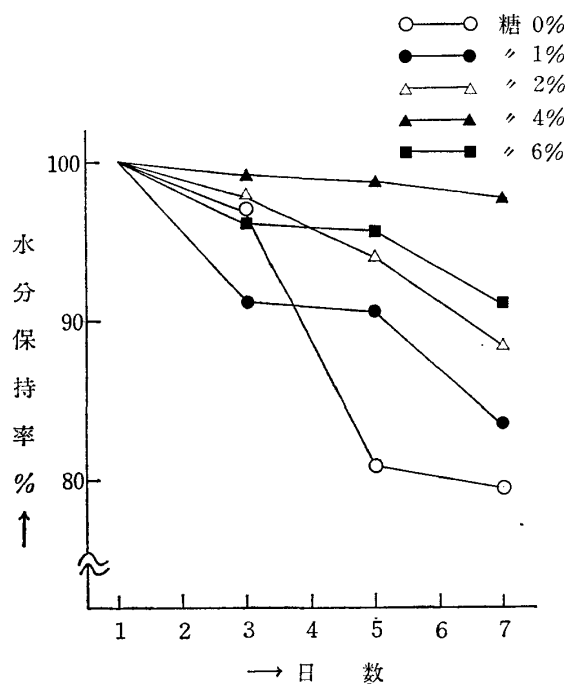


図5 糖度の違いによる水分の経時的変化

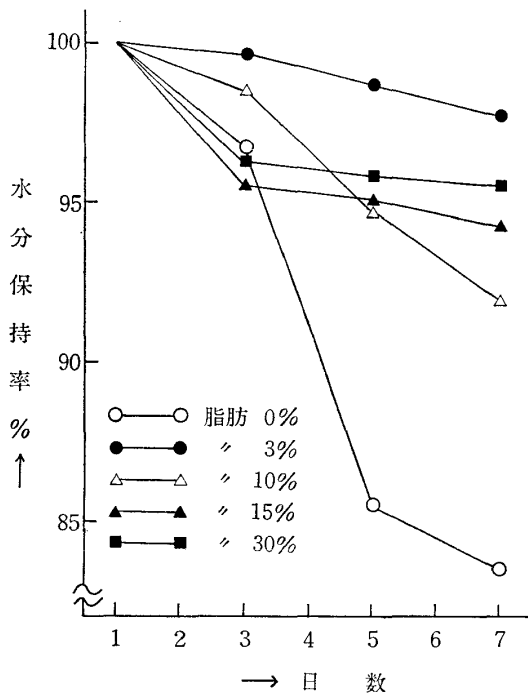


図6 脂肪量の違いによる水分の経時的変化

4) 考察

食塩は1.5%添加のパンが最も水分保持率が良かった。これは食塩添加により、グルテンの溶出を促がし、その網目構造の中に、水分がうまくとりこまれているからだと考えられる。α化度と同じ傾向が見られ、食塩添加量の多い程、水分保持が良いという結果を得た。

また蔗糖の添加量が多い程、パンの水分保持率もすぐれていた。無糖のパンは、3日目から5日目にかけて急激に水分が逸散した。これは前述の蔗糖の保水効果が作用しないためと考えられる。

脂肪については、3%が最も良く無脂肪のものが一番水分の逸散が大きく、脂肪量が増すに従って、水分保持率も良くなる傾向があった。これはドウの小粒子が脂肪に被覆されるため、水分の逸散も妨げられるためと思われた。

(5) テクスチャー測定

1) 試料

α化測定に同じ。5℃の冷蔵庫内で保存したパンの中心部を厚さ10mmに横に水平に切り、その中央を18mmφのコルクボーラーでくり抜いて試料とした。

2) 測定機器

テクスチャー測定<sup>4)</sup>は、プランジャー最下点位置の指示できる咀しゃく型の測定機(岡部研究室)を用いた。

3) 測定方法

製造後1, 3, 5及び7日目の被検物を試料台の上におき、プランジャーによって試料のうけた規定の周期的変形の結果、試料が試料台に及ぼす力を検出して、その変化を時間的に記録計によって記録し波形を描かせた。

右記の条件により記録紙上に表わされた咀しゃく曲線から、パンの硬さ、凝集性、弾力性を求めた。

試料形状	18mmφ
試料高さ	10mm
咀しゃく速度	6回/分
ストローク	20mm
プランジャー	8mm
検出器	1mm 黄銅板
クリアランス	1.5mm
希釈率	1000× $\frac{1}{4}$
入力電力	1V
紙おくり速度	600mm/min

4) 測定結果

表5のとおりである。

5) 考察

食塩の添加量が増す程、硬く、弾力性を維持する効果は、食塩添加が最も良い結果を得た。食塩添加によりパン生地自体の粘弾性が大きくなった事が影響していると考えられた。

蔗糖添加は柔らかさを保つ効果があり、4%以上添加すると、7日目でもかなり柔らかかった。蔗糖の保水性により、パンのテクスチャーを新鮮な状態に保つ効果があった。

脂肪も柔らかさを保つのに効果が見られた。

III 米粉混入がパンの品質に及ぼす影響

(1) 米粉混入度による包水量の測定

1) 試料

P-I 強力粉および米粉を混合し、次のような試験区を設定した。

- 1区 対照(米粉無混入)
- 2区 米粉10%混入
- 3区 " 30 "
- 4区 " 50 "
- 5区 " 70 "
- 6区 " 100 "

2) 測定方法

表5 検体のテクスチャー

添加副材料	添加濃度%	製造後の経過日数											
		1			3			5			7		
		硬さ kg	凝集性	弾力性	硬さ kg	凝集性	弾力性	硬さ kg	凝集性	弾力性	硬さ kg	凝集性	弾力性
食塩	0	0.24	0.30	0.18	0.32	0.33	0.22	0.40	0.26	0.19	0.56	0.36	0.20
	1.5	0.23	0.51	0.27	0.30	0.36	0.14	0.33	0.39	0.22	0.35	0.32	0.12
	3	0.49	0.25	0.19	0.50	0.32	0.23	0.67	0.33	0.29	0.63	0.34	0.29
	4.5	0.34	0.34	0.23	0.48	0.44	0.24	0.55	0.30	0.17	0.66	0.22	0.21
	6	0.48	0.34	0.24	0.45	0.29	0.24	0.67	0.28	0.22	0.72	0.28	0.23
蔗糖	0	0.24	0.30	0.17	0.38	0.33	0.13	0.55	0.27	0.14	0.79	0.28	0.14
	1	0.29	0.29	0.17	0.33	0.33	0.17	0.47	0.47	0.17	0.79	0.19	0.08
	2	0.24	0.24	0.20	0.39	0.39	0.19	0.55	0.55	0.18	0.68	0.68	0.14
	4	0.23	0.51	0.27	0.30	0.36	0.14	0.33	0.39	0.22	0.35	0.35	0.12
	6	0.21	0.21	0.20	0.31	0.31	0.16	0.34	0.34	0.18	0.35	0.31	0.13
脂肪	0	0.17	0.25	0.10	0.35	0.26	0.19	0.47	0.34	0.18	0.60	0.45	0.29
	3	0.23	0.51	0.27	0.30	0.36	0.14	0.33	0.39	0.12	0.35	0.31	0.12
	10	0.23	0.23	0.13	0.39	0.31	0.18	0.38	0.29	0.19	0.50	0.32	0.18
	15	0.25	0.30	0.23	0.33	0.22	0.20	0.42	0.27	0.15	0.49	0.25	0.13
	30	0.30	0.33	0.16	0.32	0.19	0.12	0.45	0.29	0.11	0.48	0.20	0.08

Iの(1)と同じ。

3) 測定結果

表6のとおりである。

表6 米粉混入度による包水量

試験区	包水量%
対照区	58.8
米粉10%混入区	58.5
“ 30 “	54.1
“ 50 “	53.6
“ 70 “	49.8
“ 100 “	47.2

4) 考察

米粉混入量の多い程、包水量は減っている。ただし米粉10%は、対照区と大差はみられなかった。

(2) 米粉混入による生地膨張量測定

1) 試料

P-I 強力粉に米粉を混合し、対照、10%、30%、50%、70%混入の各区を設定した。

2) 測定方法

IIの(1)と同じ。

3) 測定結果

表7のとおりである。

4) 考察

表7 米粉混入度による生地膨張量

試験区	生地膨張量 ml		
	第1発酵	第2発酵	第3発酵
対照区	180	218	178
米粉10%混入区	169	150	113
“ 30 “	180	167	120
“ 50 “	91	110	78
“ 70 “	68	86	55

米粉混入量が多くなるにつれて、膨張値が小さくなった。特に50%、70%混入区においては、ほとんど膨張しなかった。これはグルテン量の多少が関係すると思われる。

小麦粉たん白質中の約40%を占めるグリアジンと、同じく40%のグルテニンとは、粉を水でこねている間に膨潤し、特有な粘弾性をもつ凝集塊となる。これがグルテンであるが、製パンにおいては特に重要で、パンの“骨格”を形成する。生地が酵母の作用によって膨れあがるのは、生地に仕込まれた糖の酵母による代謝産物である炭酸ガスの気泡がグルテンを包蔵して、生地の外へ放出されないためであると思われる。

又、デンプン粒子の大きいものは、破れ易く、従って糊化も糖化も容易である。小麦粉のデンプン粒子

は平均、粒径  $20\mu$ 、米は  $4\mu$  であるため小麦粉は酵母による発酵をうけやすいことになる。

(3) 米粉混入による製パン実験

1) 試料

Ⅲの(2)の1)に同じ。

2) 測定方法

Ⅱの(2)に同じ。

3) 測定結果

表8のとおりである。

表8 米粉混入度による製パンの膨化率

試験区	体積 ml	膨化率
対照区	245	408
米粉10%混入区	216	360
〃 30 〃	214	357
〃 50 〃	123	205
〃 70 〃	96	160

4) 考察

米粉混入量が多くなるにつれて、体積、膨化共に減少し、50%混入をこえるあたりから膨化が著しく低下した。又、生地もパン特有のすだちが見られず、だんご状になっていた。50%以上混入の場合は、他の材料との混和がむずかしくなり、パサパサで生地がまとまりにくく、10%はほとんど対照と変らない製品が得られ風味も香ばしく、香りよいパンになった。

(4) 米粉混入によるパンの $\alpha$ 化測定

1) 試料

Ⅲの(2)の1)に同じで各々サランラップで包み5°Cの冷蔵庫内で保存し経時的に測定した。

2) 測定方法

Ⅱの(3)に同じ。

3) 測定結果

図7のとおりである。

4) 考察

米粉混入量が多くなるにつれて、 $\alpha$ 化度の低化が著しく、とくに3日目以降は対照と較べて老化が目立っている。10%にすると3日目位まで対照のものと大差は見られなかった。

(5) 米粉混入によるパンの水分測定

1) 試料

Ⅲの(2)の1)と同じ試料をサランラップで密封し、5°Cの冷蔵庫内で保存し、経時的に測定した。

2) 測定方法

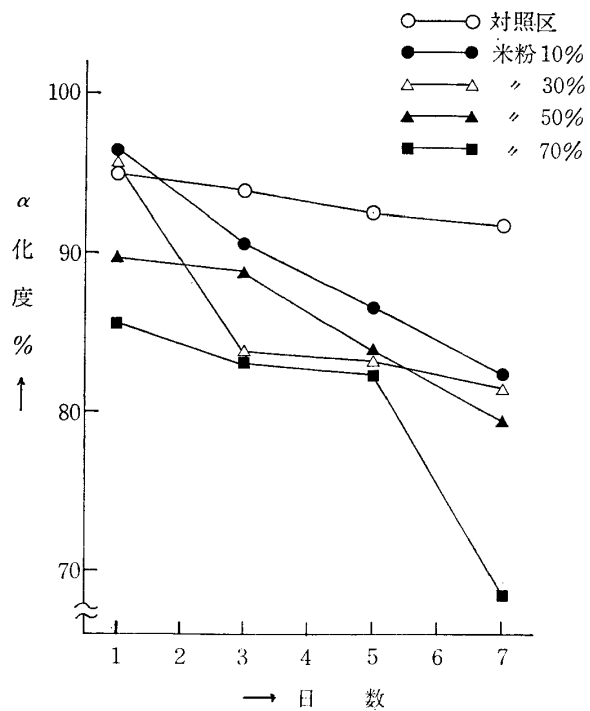


図7 米粉混入による $\alpha$ 化の経時的变化

Ⅱの(4)に同じ。

3) 測定結果

図8のとおりである。

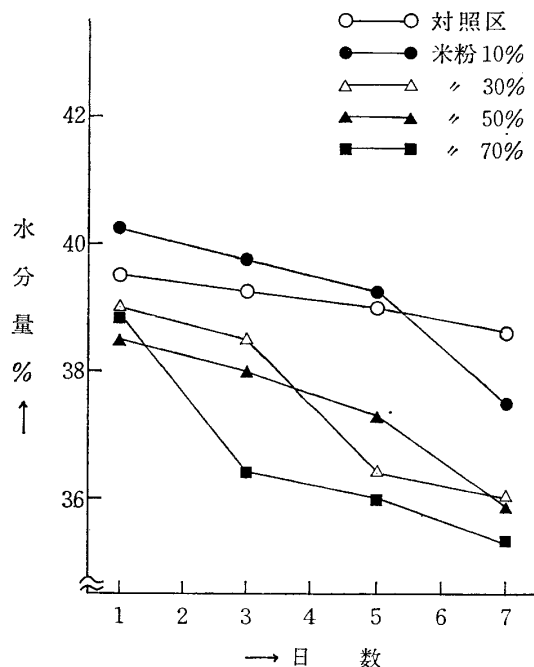


図8 米粉混入による水分の経時的变化

4) 考察

パンが古くなると次第に水分を失なって硬化するのは、日頃経験するところであるが、米粉混入が対

表9 米粉混入パンのテクスチャー

米粉添加濃度%	製造後の経過日数											
	1			3			5			7		
	硬さ kg	凝集性	弾力性	硬さ kg	凝集性	弾力性	硬さ kg	凝集性	弾力性	硬さ kg	凝集性	弾力性
0	0.23	0.51	0.27	0.30	0.36	0.14	0.33	0.39	0.22	0.35	0.31	0.12
10	0.26	0.41	0.20	0.37	0.33	0.15	0.44	0.28	0.18	0.53	0.31	0.12
30	0.54	0.26	0.11	0.51	0.25	0.15	0.59	0.27	0.08	0.68	0.25	0.08
50	0.84	0.16	0.09	0.79	0.21	0.15	0.81	0.19	0.08	0.98	0.17	0.08
70	0.68	0.13	0.04	0.75	0.13	0.05	0.93	0.14	0.09	1.03	0.14	0.04

照に比較して、どの程度水分保持力があるかを、測定した。

米粉混入量の多いもの程、焼き上がりのパンの水分含量も低く、日がたつにつれて、その差が大きくなっている。これは先の包水量の結果からもわかるように、米粉は吸水率が低いからであろう。すなわち水は米デンプン分子相互間に結合水として存在する割合が低く、従って遊離水としてパン内に存在しているからだと考えられる。また混入の度合いが多い程、グルテンの網目構造が水を捕捉できないで、日がたつにつれて、水分が散逸するからだとも考えられる。

(6) 米粉混入によるパンのテクスチャー測定

1) 試料

Ⅱの(5)の1)と同じ。

2) 測定方法

Ⅱの(5)の3)と同じ。

3) 測定結果

表9のとおりである。

4) 考察

米粉混入量が増す程、硬さ、凝集性、弾力性共に劣る傾向がうかがえた。しかし10%混入のパンは、対照のパンと大差がなかった。

結 論

- (1) 食塩含量が3%以上になると酵母の発育は阻害され、パンの膨みは悪くなった。一方食塩添加により、グルテンの粘性を増し網目構造の緻密な弾力性のあるキメの細かいパンができた。しかし4.5%以上添加すると、この効力も低下した。又、食塩添加は老

化防止の効果があるが、味の点において1.5%以上の添加は不適であった。

- (2) 蔗糖添加は酵母の発酵が促進され、パンの膨みが良くなった。しかし4%以上添加すると生地 of 安定性・弾力性が失われキメのあらいパンとなった。又、保水性によりデンプンの老化防止に効果をあげた。
- (3) 脂肪添加により、ドウの安定性、伸展性を増しなめらかなものとなった。又、水分保持力もよくなり、老化防止に有効であった。
- (4) 以上の結果を総合すれば、製パンの副材料の添加量は、小麦粉 100g に対し、食塩 1.5g, 蔗糖 4g, 脂肪 3g が最適であると思われた。
- (5) 米粉の多量混入されたパンは、水の吸水が少なく、膨化率も低く、水分保持力も低く老化が速く、すぐ硬化した。このように米粉混入は、パンの品質を悪くするが、添加量が10~30%までは、目立った影響は見られず、トーストするとかき餅と類似の香りを呈するパンが得られた。

文 献

- 1) 高橋悌蔵：“菓子製造学”，125 (1955)。昭晃堂
- 2) 小原哲二郎他：“食品分析ハンドブック”，233 (1973)。建帛社
- 3) 同著：同上書，25 (1973)。
- 4) 岡部 巍：本誌，32, 3 (1977)。  
田中康夫：食の科学，10, 20 (1973)。農政調査委員会編  
Belle Lowe (訳者福場博保他)：“ロウの調理実験”，518 (1964)。柴田書店