

日本家政学会誌 Vol. 49 No. 10 1099~1108 (1998)

# 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の 調理・加工適性

高橋節子, 鈴木光枝, 吉田栄子, 小野かおり, Paul A. Seib\*

(共立女子大学家政学部, \* カンサス州立大学穀物科学部)

原稿受付平成9年6月19日; 原稿受理平成10年7月23日

## Cooking and Processing Properties of Pregelatinized Hydroxypropylated Wheat Starch

Setsuko TAKAHASHI, Mitsue SUZUKI, Eiko YOSHIDA, Kaori ONO and Paul A. SEIB\*

*Faculty of Home Economics, Kyoritsu Women's University, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8433**\*Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, Manhattan, KS 66506, U.S.A.*

The cooking and processing characteristics of pregelatinized hydroxypropylated wheat starch were studied by determining the physicochemical properties of viscosity and gelling. The effects of adding pregelatinized hydroxypropylated wheat starch to sponge cake were then measured in terms of viscosity, texture and a sensory evaluation.

A thermal analysis in excess water indicated that, compared with unmodified wheat starch, the hydroxypropylated wheat starch had a lower pasting temperature range and a pasting energy reduced to about 1/2. These data suggest that the hydroxypropylated wheat starch could be easily pasted. Viscography indicated that the hydroxypropylated wheat starch had an onset temperature for viscosity increase that was lower by about 27°C than that of unmodified wheat starch, with a maximum viscosity about twice as high. The addition of sucrose caused a significant increase in viscosity, while the addition of an acid caused an initial increase in viscosity and then a decrease in stability while heating and stirring. Little difference was observed in viscosity in the concentration range of 5.0–8.0%, suggesting some restricted swelling of the little-modified starch at high concentrations. The viscosity of the pregelatinized hydroxypropylated wheat starch paste was decreased by adding an acid or sucrose. With cake batter, the viscosity was elevated with increasing addition of pregelatinized hydroxypropylated wheat starch. Compared with a control sample, the sponge cake prepared by adding pregelatinized hydroxypropylated wheat starch had a soft texture, good moisture retention and little increase in firmness during cold storage. The sensory evaluation showed no significant difference in likeability between the control and test samples.

(Received June 19, 1997; Accepted in revised form July 23, 1998)

**Keywords:** modified wheat starch 化工小麦澱粉, pregelatinized starch 糊化済澱粉, cake ケーキ, texture テクスチャ, sensory evaluation 官能評価.

### 1. はじめに

近年, 冷凍食品の増加とともに老化しにくい澱粉に対する要望が高まっている。天然澱粉では十分な利用効果が得られない場合には天然澱粉に化学的・物理的処理をほどこして天然澱粉のもっていない性質を与え、澱粉の特性を拡大した各種の化工澱粉(貝沼と鈴木 1968; 小倉 1977 a)の利用が考えられる。ヒドロキシプロピル澱粉(小倉 1977 b)は米国において

FDAで使用が許可されており(Tuschhoff and Wurzburg 1986), とうもろこし澱粉が広く食品加工に用いられているが小麦澱粉に関する研究は未だ緒についたところである。一方、天然澱粉に物理的処理を施した糊化済澱粉(pregelatinized starch または instant starch)(小倉 1977 c)は冷水に容易に膨潤・溶解するため、熱処理を省く用途の増粘・保型、即席ブレイング、インスタントスープやソースなどに利用さ

Table 1. Comparison of the moisture and chemical composition between hydroxypropylated wheat starch and pregelatinized hydroxypropylated wheat starch

Sample	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)
Wheat starch	10.6	0.30	0.02	0.25
HP* wheat starch	10.5	0.20	0.02	0.25
Pregelatinized HP* wheat starch	8.4	0.20-0.30	0.02	0.15-0.30

Supplier: Midwest Grain Products Inc. \* Hydroxypropylated.

れている。小麦やとうもろこしなどの種実澱粉では滑らかな糊液を再現しにくく、特に小麦澱粉を原料とする糊化済澱粉は見当たらない。

Wootton and Bamunuarachchi (1978) はオーストラリア製の化工小麦澱粉 13 種類の水和性について研究し、ヒドロキシプロピル小麦澱粉については生体外における消化性について報告している (Wootton and Chaudhry 1981)。著者らは化工澱粉としてヒドロキシプロピル化ならびにアセチル化した小麦ととうもろこしの澱粉の性状について比較した (Takahashi and Seib 1988; Takahashi *et al.* 1989)。

本報告においては小麦澱粉をヒドロキシプロピル化し、これをドラムドライ法で糊化した糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の糊およびゲルの性質を知る目的で、ヒドロキシプロピル小麦澱粉との比較を行った。特にショ糖および酸添加がヒドロキシプロピル小麦澱粉の凍結・解凍安定性に及ぼす影響についての報告は見当たらないことから、糊およびゲルの物性ならびに白度の変化から検討を行った。また、糊化済澱粉はケーキミックスの生地改良剤としても利用されており、焼成時間の短縮効果も期待される。そこで、糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉のスポンジケーキへの添加効果について実験を行い、物性ならびに食味特性について若干の結果を得たので報告する。

## 2. 実験材料および方法

### (1) 実験材料

小麦澱粉と化工 (hydroxypropylated: 以下 HP という) 小麦澱粉は、米国 Midwest Grain Products 製の HP 小麦澱粉およびその糊化済澱粉を試料とした。

HP 小麦澱粉の一般成分は Table 1 に示すとおりで、タンパク質含量は元の小麦澱粉に比べて低い値であった。HP 小麦澱粉の置換基は数が増すほど親水性が増大し、糊化温度、粘度も大きく左右されることから試

料の品質を左右する要因となる。試料とした HP 小麦澱粉および糊化済 HP 小麦澱粉の HP レベルはいずれも 4.0 wt% である。

### (2) 実験方法

#### 1) 热 分 析

セイコー電子工業製の示差走査熱量計 (DSC) SSC-5200 を用い、70 μl 容銀製セルに澱粉と蒸留水を 1:3 の割合で調製し、昇温速度 2 °C/分で 30~130 °C の温度範囲について測定を行った。

#### 2) 淀粉糊液の粘度

プラベンダー社製のビスコグラフ VS 6 E を用い、澱粉濃度は 5.0, 7.5 および 8.0% について常法 (後藤 1977) により測定した。昇温速度は 1.5 °C/分とし、25 °C から 95 °C まで昇温し 95 °C で 10 分間保持した後、25 °C まで降温した時の粘度曲線を求めた。また、添加物の影響については澱粉濃度を 7.5% とし、ショ糖添加は全重量の 10%，酸添加はリンゴ酸を用いて pH 3.5 に調整した際の粘度に及ぼす影響を検討した。

#### 3) 淀粉ゲルのテクスチャーおよび白度

澱粉濃度は 7.5% とし、ビスコグラフィーにより 95 °C で 10 分間保持した糊液を直径 23 mm, 高さ 6 mm のシャーレに流し入れ、室温または 5 °C に 5 日および 7 日間保存した。凍結・解凍安定性については各試料を -20 °C で 20 時間凍結後、室温にて 1 時間解凍を行いこれを 1 サイクルとして 10 サイクルまで継続し、測定試料とした。テクスチャー測定はタケトモ電機製のテンシプレッサー TTP-50 BX を用い、感圧軸は直径 11.3 mm の円柱型、速度は 120 mm/分、圧縮率は試料の厚さの 90% として測定した際の硬さ、付着性および凝集性を求めた。また、ショ糖および酸添加がゲルのテクスチャーに及ぼす影響についても検討した。

澱粉ゲルの白度の測定は日本電色工業製の測色色差計 Z-1001 DP を使用し、ハンター白度の変化からゲルの老化性を求めた。試料はビスコグラフィーにより

## 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の調理・加工適性

95℃で10分間保持して得られた糊液を、直径35mm、深さ15mmの粉末・ペースト容器に流し入れた後、室温・5℃および-20℃に保存して測定に供した。また、添加物の影響については(2)-2)の粘度測定と同様、ショ糖添加は全重量の10%、酸添加はリンゴ酸を用いてpH3.5とした澱粉溶液を攪拌加熱して調製し、添加物が白度に及ぼす影響について検討を行った。

### (3) 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の性状

#### 1) 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の糊液の調製方法

糊化済澱粉に水を加えて糊液を調製する際の攪拌方法を検討する目的で、ナショナル製の家庭用ミキサーMX-530Gまたはワーリングブレンダー31BL92を用い、攪拌速度および攪拌時間が糊の性状に及ぼす影響を検討した。澱粉濃度は7.5%とし蒸留水を加え、攪拌方法は低速(家庭用ミキサー7,600rpm、ワーリングブレンダー11,300rpm)または高速(家庭用ミキサー9,500rpm、ワーリングブレンダー14,700rpm)で各々60秒間攪拌、低速で30秒間攪拌したのち高速で60秒間攪拌の3種とした。得られた糊液についてビスコグラフィーによる粘度、さらにテンシプレッサーによる硬さの測定は(2)-3)と同様に行い、最適攪拌条件を導きだした。

#### 2) 糊化済HP小麦澱粉の粘度

(3)-1)において得られた糊液は、ビスコグラフィーにより25℃で90分間攪拌を継続した際の粘度を求め、小麦澱粉およびHP小麦澱粉と比較し糊化の状態の確認を行った。

#### 4) スポンジケーキの性状に及ぼす糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉添加の影響

##### 1) スポンジケーキの調製

スポンジケーキは卵:ショ糖:小麦粉を2:1:1の割合で調製した。すなわち、全卵120gにショ糖60gを加えてナショナル製のハンドミキサーMK-H1で9分間攪拌し、日清製粉製の小麦粉「バイオレット」60gを加えて木杓子で切るように15回混合し、直径18cmの型に流し入れ180℃の天火で35分間焙焼した。小麦澱粉または糊化済HP小麦澱粉は小麦粉重量の5,8および10%をあらかじめ小麦粉に混合し、同様に調製した。

##### 2) ケーキバッターの粘度

BH型回転粘度計を用いて調製直後および10分間攪拌を継続した場合のケーキバッターの粘度を測定した。

#### 3) ケーキバッターの比重

バッターの比重は調製したケーキバッターを106ml容タンバル型に充填・秤量して求めた。

#### 4) スポンジケーキの気孔率

膨化の程度を示す気孔率は、みかけの比容積により比較することとし、川染と山野(1986)の方法に準拠した。すなわち、スポンジケーキの中央部を一定体積(62×37×33mm=63cm<sup>3</sup>)に切截し1試料から4個の試料片をとり、重量を測定して比容積を求めた。

#### 5) スポンジケーキの硬さならびに保水性

テンシプレッサーは直径11.3mmの円柱型感圧軸を用い、ケーキの高さの90%圧縮した際の硬さおよび凝集性を、5℃で12日間保存した場合について測定し、焼成直後と比較した。なお、測定試料はケーキの中心部を40×40×20mmに切截し1試料について4~5個測定し平均値を求めた。スポンジケーキの水分含量はチョウバランス製の迅速水分計MC-30MBを用いて、5℃で7日間保存した際の水分含量の変化から、保水性について検討した。

#### 6) 官能評価

小麦澱粉または糊化済HP小麦澱粉を各々10%添加したスポンジケーキについて、評点法により官能評価を行い無添加と比較した。焼成後のケーキは室温に2時間放冷したのち評価試料とした。評点は+2~-2の5段階とし、評価項目は『特性評価』が表面の焼色・内部の色相・きめ・香り・甘味・後味の良さ・やわらかさ・べたつき・のみ込みやすさおよび弾力の10項目とし、『嗜好』はこれに総合評価をえた11項目とし、得られた評点の平均値を「平均」として示した。パネルは本学学生および教員の10名で行った。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) ヒドロキシプロピル小麦澱粉の糊化・老化特性

##### 1) 示差走査熱量計による熱的性質

Fig. 1に澱粉のDSC曲線を示した。小麦澱粉は糊化ピーク温度が59.4℃、糊化終了温度が74.5℃であり、糊化に要するエネルギー量は8.7mj/mgであった。HP小麦澱粉は小麦澱粉に比べて糊化開始温度、糊化ピーク温度および糊化終了温度がいずれも低温を示し、糊化に要するエネルギー量は4.8mj/mgと減少し、糊化しやすいことを示した。また、この図には示していないが、糊化済HP小麦澱粉はフラットな曲線で吸熱ピークは認められず、糊化が十分に行われていると考えられた。

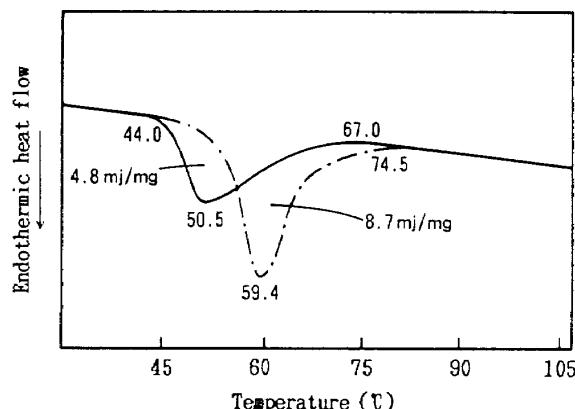


Fig. 1. Gelatinization endotherms of hydroxypropylated wheat starch and normal wheat starch with a starch/water ratio (w/w) of 1/3  
—, wheat starch; —, HP wheat starch.

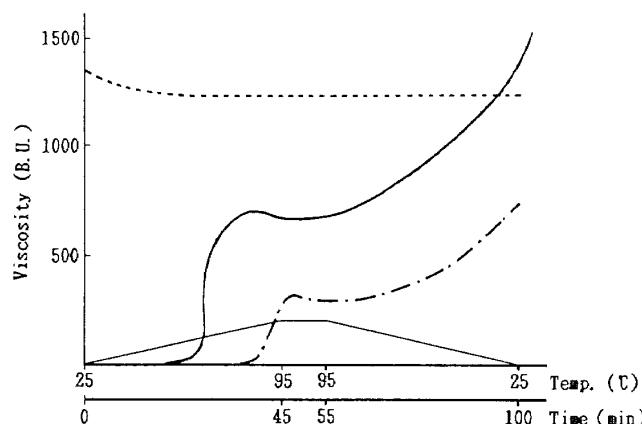


Fig. 2. Viscograms of various kinds of wheat starch (7.5% starch solids)  
—, wheat starch; —, HP wheat starch; ······, pre-gelatinized HP wheat starch.

## 2) 粘度特性

Fig. 2 に示したビスコグラムから、HP 小麦澱粉は小麦澱粉に比べて粘度上昇開始温度が 55°C と約 27°C 低温側に移行し、最高粘度・冷却 25°C における粘度はともに約 2 倍と高い値を示し、HP 化することにより低温で糊化し高粘度の糊が得られることを示した。

HP 小麦澱粉をあらかじめ糊化した糊化済 HP 小麦澱粉は、25°C で 90 分間攪拌を継続した場合の粘度曲線を示したが、攪拌による粘度の低下は認められず、また冷却 25°C における粘度は HP 小麦澱粉に近い値を示したことから、糊化は十分に行われていると考えられた。

糊化済澱粉の粘度はその処理方法により粘度が異なり、Jane *et al.* (1986) の溶剤法 (high-temperature,

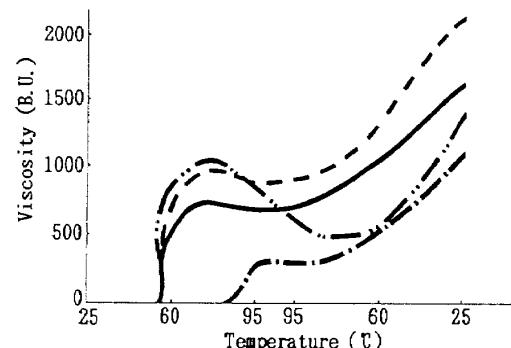


Fig. 3. Effects of added sucrose and acid on the viscometry of hydroxypropylated wheat starch (7.5% starch solids)  
—, wheat starch; —, HP wheat starch. HP wheat starch with: ······, sucrose (10%); -·-, acid (pH 3.5).

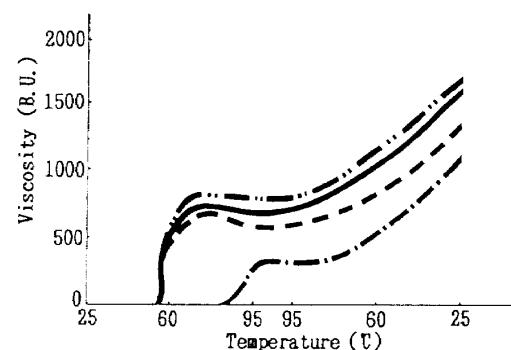


Fig. 4. Effect of starch concentration on the viscometry of hydroxypropylated wheat starch  
—, wheat starch (7.5%); ······, HP wheat starch (5.0%); —, HP wheat starch (7.5%); -·-, HP wheat starch (8.0%).

aqueous alcohol system) は高粘度の糊が得られ、押出法の粘度は低く、ドラムドライ法はこれらの中間の粘度を示した (Takahashi and Seib 1988)。押出法は高温加熱により澱粉分子の崩壊が大きく低粘度を示すことが知られている (Faubion *et al.* 1982)。

Fig. 3 に添加物の影響を示した。この図から HP 小麦澱粉はショ糖添加による粘度上昇が顕著であり、最高粘度、冷却時の粘度はともに大となった。酸添加は粘度を増すがブレークダウンは大となり、攪拌加熱による安定性の低下が認められた。このことから、HP 小麦澱粉は酸性溶液中での粘度安定性は低いといえる。HP 小麦澱粉の濃度依存性は実際の調理に利用する立場から、スープやゲル化剤としての澱粉濃度として、5.0, 7.5 および 8.0%についてビスコグラムを求め Fig. 4 に示した。この図から 3 種の粘度の差はわずか

## 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の調理・加工適性

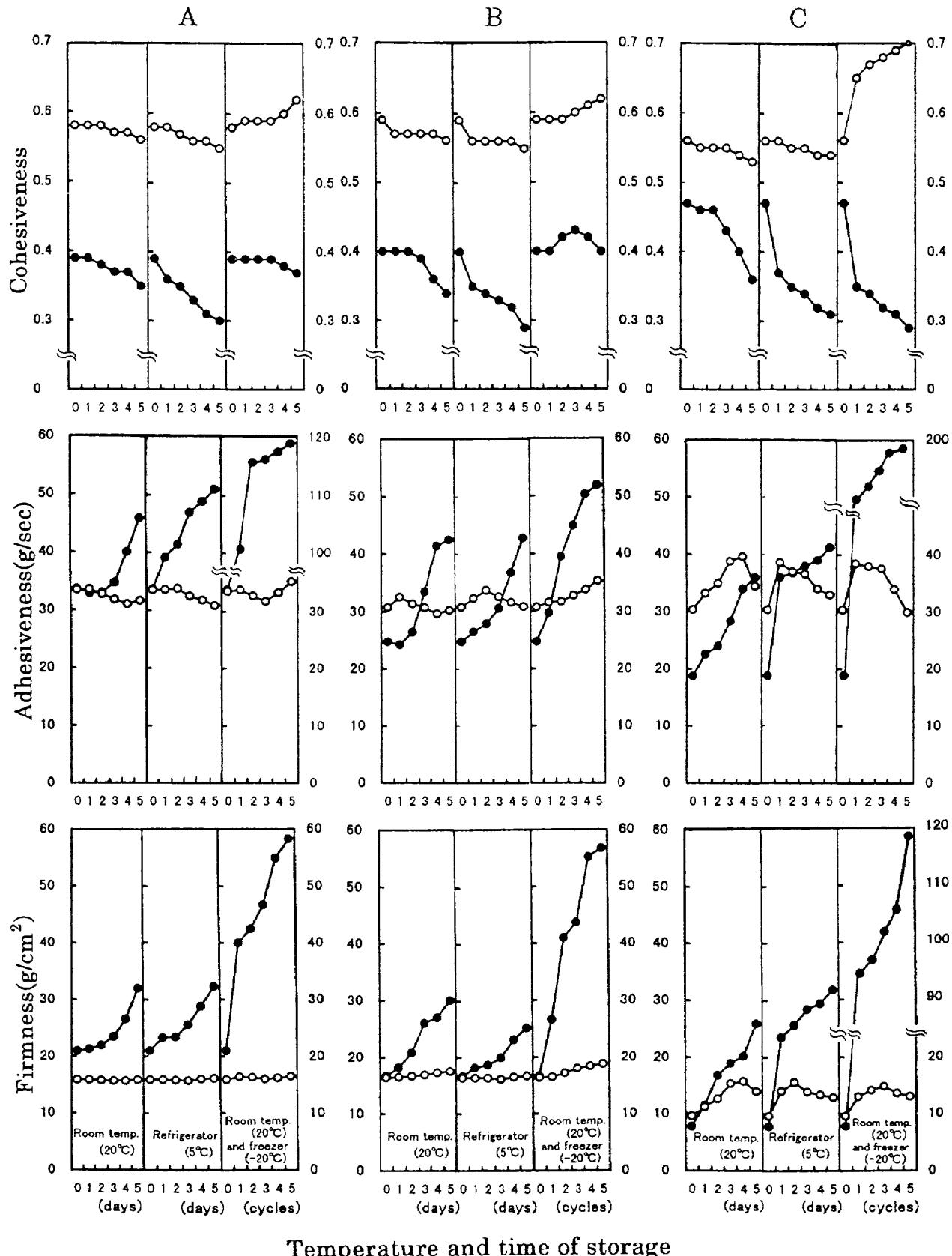


Fig. 5. Effect on the texture of hydroxypropylated wheat starch gel stored at room, refrigerator and freezer temperatures (7.5% starch solids)

●, wheat starch; ○, HP wheat starch. A: control, B: sucrose (10%), C: acid (pH 3.5).

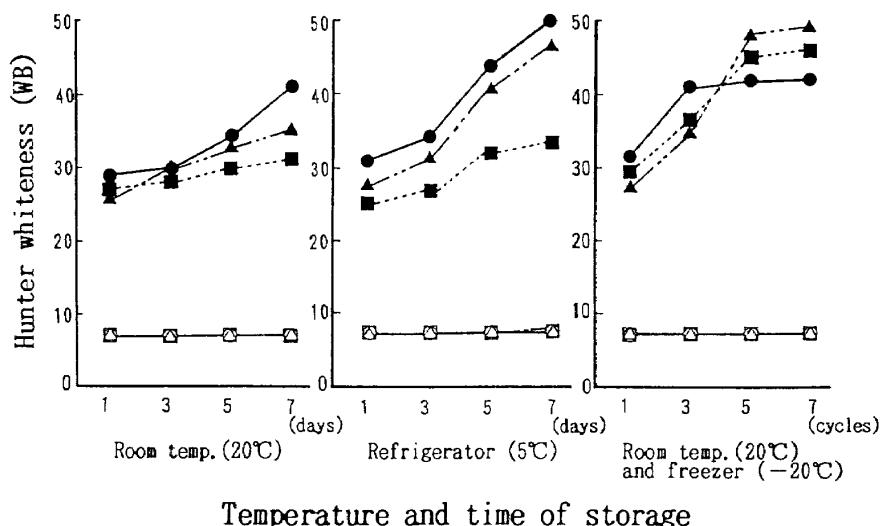


Fig. 6. Effect on the Hunter whiteness of starch gels stored at room, refrigerator and freezer temperatures (7.5% starch solids)

Wheat starch: ●, control; ■, + sucrose (10%); ▲, + acid (pH 3.5). HP wheat starch: ○, control; □, + sucrose (10%); △, + acid (pH 3.5).

であり HP 小麦澱粉の濃度依存性は小さいことが明らかとなった。

### 3) 濃粉ゲルのテクスチャー

Fig. 5 に各種保存条件が濃粉ゲルのテクスチャーに及ぼす影響をショ糖および酸添加について示した。この図から HP 小麦澱粉のゲルは小麦澱粉ゲルに比べて軟らかく凝集性が大であり、冷蔵保存または凍結・解凍を繰り返した際の安定性が大であった。

添加物の影響については、ショ糖添加により小麦澱粉は軟らかくなり付着性が低下したのに対し、HP 小麦澱粉は硬さおよび付着性の変化は僅少であった。また、低温保存した場合も無添加と同様の傾向が認められた。酸添加においては、HP 小麦澱粉は硬さおよび付着性の低下が認められたが、その程度は小麦澱粉に比べて小さい。凍結・解凍を繰り返した場合、小麦澱粉の硬さは大きく増加するのに対し、HP 小麦澱粉は室温および低温保存の場合と同様に変化は小さく、酸添加が凍結・解凍安定性に及ぼす影響は僅少であった。

### 4) 濃粉ゲルの白度

濃粉ゲルは老化が進むにつれて透明度が低下する(寺元 1979; Takahashi *et al.* 1993)ことから、老化の程度を知る目的で濃粉ゲルのハンター白度の測定を行った。結果は Fig. 6 に示すとおりで、HP 小麦澱粉ゲルは小麦澱粉に比べて白度が低く、この値は馬鈴薯澱粉ゲルの白度(Takahashi *et al.* 1993)に近似しており、HP 化することにより透明性に優れた澱粉とな

ることが明らかとなった。また HP 小麦澱粉ゲルは冷蔵保存および凍結・解凍による白度の変化は認められず、老化しにくい澱粉であることが明らかとなった。

ショ糖および酸添加により小麦澱粉は白度の上昇傾向が認められたのに対し、HP 小麦澱粉ではその差は認められなかった。白度が非常に低く、低温保存および凍結・解凍による変化も認められない HP 小麦澱粉の場合は添加物の影響も表れにくかったものと考えられた。

以上のことから、HP 小麦澱粉は元の小麦澱粉に比べて低温で糊化し糊化に要するエネルギー量が小さく糊化しやすい。得られた糊液は高粘度であり透明度が高く、ゲルは軟らかいなど、馬鈴薯澱粉に近似の傾向を示した。

## (2) 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の粘度特性

### 1) 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉ののり化の方法

糊化済澱粉に水を加えて糊液を調製する際の攪拌方法については家庭用ミキサーまたはワーリングブレンダーを用いて調製し検討した。得られた糊液の粘度および硬さを Fig. 7 に示したが、ミキサーによる攪拌はブレンダーに比べて硬さおよび粘度が大となる結果であった。また、攪拌速度は低速で 60 秒間攪拌が硬さ・粘度ともに最大値を示したことから、のり化の方法はミキサーを用いて低速で 60 秒間攪拌することとした。

## 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の調理・加工適性

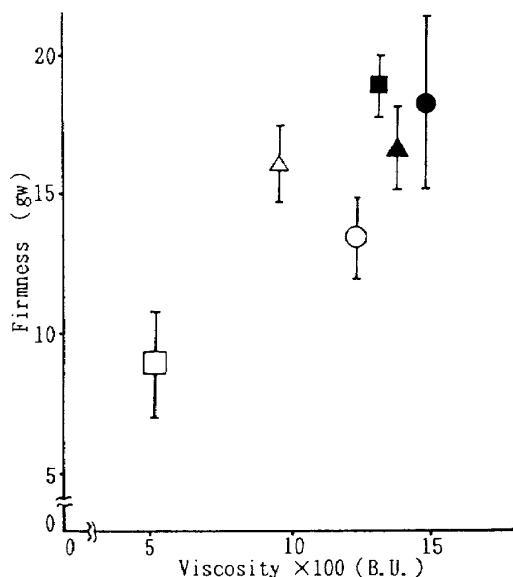


Fig. 7. Effect of mixing speed and time on the firmness and viscosity of pregelatinized hydroxypropylated wheat starch gel (7.5 % starch solids)

Mixer: ●, low, 60 s; ■, high, 60 s; ▲, low, 30 s + high, 60 s.  
Blender: ○, low, 60 s; □, high, 60 s; △, low, 30 s + high, 60 s.

## 2) ビスコグラフィーによる粘度

糊化済 HP 小麦澱粉糊の粘度をビスコグラフィーにより、25℃で90分間攪拌した際の粘度曲線をFig. 8に示した。またFig. 2にも併記したが、これらの図から糊化済 HP 小麦澱粉は測定開始時に1,500 B.U.を示し、この粘度はHP 小麦澱粉の冷却25℃における粘度1,600 B.U. (Fig. 2) に近似しており、糊化が十分に行われていることを示している。また25℃で90分間攪拌を継続することによる粘度の低下はわずかであり攪拌安定性の高い糊が得られていることが明らかとなった。酸またはショ糖添加によりいずれも粘度は低下し、特にショ糖添加の影響が大であった。また90分後における粘度の低下傾向が認められた。

以上の結果から HP 小麦澱粉は元の小麦澱粉に比べて低温で糊化し透明で高い粘度の糊が得られ、その糊は軟らかさのあるゲルを形成すること、またこの澱粉をあらかじめ糊化した糊化済 HP 小麦澱粉は、水を加え攪拌することにより即座に、HP 小麦澱粉よりもより高い粘度の糊が得られた。この糊は室温で攪拌を継続しても粘度低下を示さず攪拌による安定性が高いなどの特性が明らかとなった。このような高粘度で安定性の高い糊が、ただちに得られる糊化済 HP 小麦澱粉は、膨化調理食品を調製する際の泡の保持や生地の安

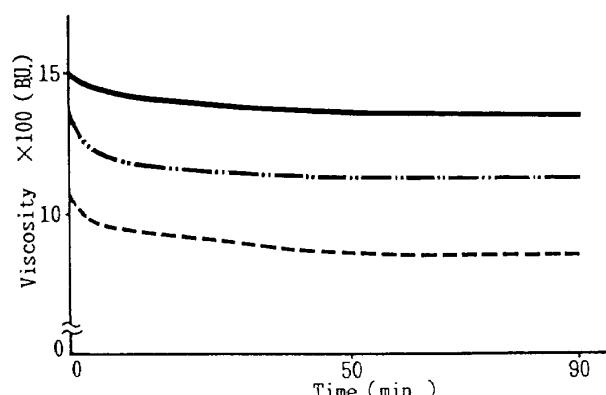


Fig. 8. Effect of added sucrose and acid on the viscometry of pregelatinized hydroxypropylated wheat starch (7.5% starch solids)

—, control; ·····, sucrose (10%); - - -, acid (pH 3.5).

定化に効果的と考えられた。そこでスponジケーキへの添加効果について検討することとした。

### (3) スponジケーキの性状に及ぼす糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉添加の影響

小麦粉に糊化済 HP 小麦澱粉を添加したスponジケーキの性状を小麦粉を対照として比較した。また小麦粉に小麦澱粉を添加した場合についても検討した。

#### 1) ケーキバッターおよびスponジケーキの物性

Table 2 に示す BH 型粘度計による粘度測定から、小麦粉に糊化済 HP 小麦澱粉を 5, 8 および 10% 添加したケーキバッターは対照の小麦粉に比べて粘度が大となり、添加量の増加に伴って高い粘度を示した。これに対し小麦粉に小麦澱粉添加は粘度の低下を示した。しかしいずれの試料も調製 10 分後の粘度は対照の小麦粉に近い値であった。

Table 3 にケーキバッターの比重および製品の比容積を示した。この表から糊化済 HP 小麦澱粉添加の比重は対照の小麦粉の比重と差がなく、またケーキの比容積は 4.34~5.02 cm<sup>3</sup>/g であり、5 および 8% 添加は大となる結果であった。小麦澱粉添加の場合も比重の差は認められず、比容積は大となり 5 および 10% は同値を示した。

Fig. 9 に示すスponジケーキの硬さの測定から、糊化済 HP 小麦澱粉添加によりケーキは軟らかさを増し、5 ℃で 12 日間保存した際の硬さも低い値であった。小麦澱粉添加は対照の小麦粉と糊化済 HP 澱粉添加の中間の硬さを示し、低温保存時の硬さの増加は対照の小麦粉に次いで大であった。

低温保存中のスponジケーキの水分含量を Fig. 10 に示した。糊化済 HP 小麦澱粉添加のスponジケーキ

Table 2. Effect of adding pregelatinized hydroxypropylated wheat starch on the viscosity of the sponge cake batter

Starch content to wheat flour (%)	Viscosity of sponge cake batter (cP)			
	Wheat starch		Pregelatinized HP wheat starch	
	Mixing time (min)		Mixing time (min)	
	0	10	0	10
0	88±0.71	67±5.87	—	—
5	85±4.60	66±2.12	116±0.71	67±1.41
8	—	—	129±2.83	66±4.81
10	81±1.77	65±4.24	135±2.12	66±6.36

BH type of viscometer. n=4.

Table 3. Effect of adding pregelatinized hydroxypropylated wheat starch on the specific gravity of the batter and specific volume of sponge cake

Ratio of starch content to wheat flour (%)	Specific gravity of sponge cake batter (g/ml)		Specific volume of sponge cake (cm <sup>3</sup> /g)	
	Wheat starch	Pregelatinized HP wheat starch	Wheat starch	Pregelatinized HP wheat starch
0	0.253±0.014	—	4.432±0.266	—
5	0.254±0.009	0.244±0.008	4.510±0.292	4.488±0.294
8	—	0.250±0.006	—	5.018±0.171
10	0.251±0.004	0.251±0.007	4.500±0.220	4.335±0.320

n=8.

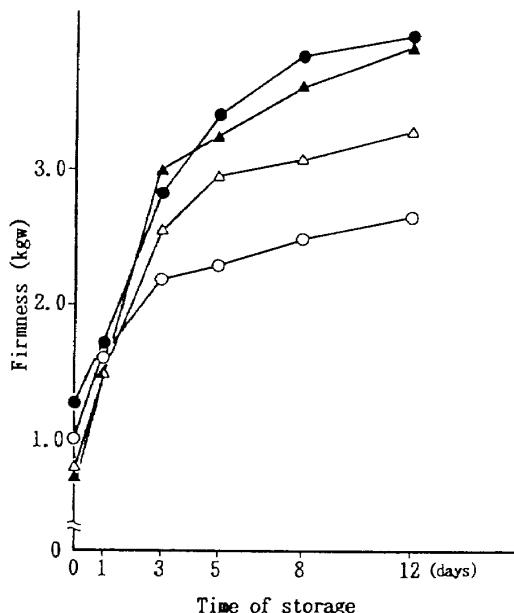


Fig. 9. Effect of adding pregelatinized hydroxypropylated wheat starch on the firmness of sponge cake stored at 5°C

●, control. Pregelatinized HP wheat starch: ▲, 5.0 %, △, 8.0%; ○, 10.0%.

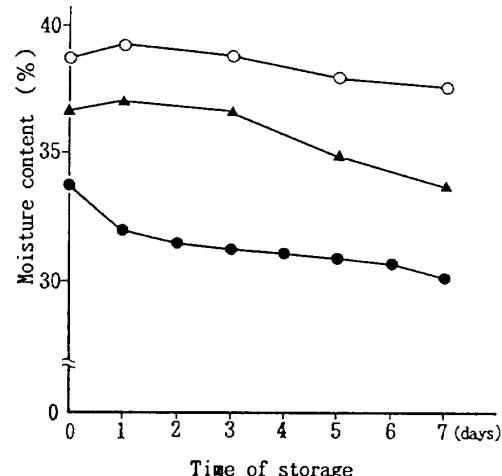


Fig. 10. Effect of adding pregelatinized hydroxypropylated wheat starch on the moisture content of sponge cake stored at 5°C

●, control. Pregelatinized HP wheat starch: ▲, 5.0 %, ○, 10.0%.

## 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の調理・加工適性

Table 4. Sensory evaluation of sponge cake (relative strength)

Evaluation item (relative strength)	Control	Added starch (10%)	
		Wheat starch	Pregelatinized HP wheat starch
Outside color	0.85**	1.10*	1.55**,*
Inside color	0.65	0.85	1.05
Texture	0.40	0.45	0.95
Smell	0.90	0.95	0.90
Sweetness	0.80	0.95	0.95
Taste after eating	0.80	0.50	0.65
Softness	0.60	0.35	0.30
Stickiness	0.05	0.05	-0.20
Easy to swallow	0.25	0.55	0.25
Elasticity	0.80**	-0.15**	0.45

2 h storage at room temperature. n=20. \* Significant at 5% level. \*\* Significant at 1% level.

は対照の小麦粉に比べて水分含量が高く、特に10%添加は7日間保存した際の水分の減少が少ない。このことから糊化済HP小麦澱粉はケーキ焼成中または冷蔵保存中の水分保持効果が高いと考えられた。小麦澱粉10%添加の場合、低温保存時の水分含量の低下は対照の小麦粉と似た傾向を示した。

以上、糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉をスポンジケーキに5~10%添加した場合、ケーキバッターは高粘度となり、ケーキは軟らかさを増し、低温に保存した場合の水分保持がよいなどで、小麦澱粉添加との差が認められた。そこで食味特性の検討においては、ケーキバッターの粘度が高く、低温保存時のケーキの軟らかさ、水分保持でよい結果を示した糊化済小麦澱粉の10%添加ケーキを試料とすることとした。

## 2) スポンジケーキの食味特性

評点法によるスポンジケーキの官能評価の結果についてTable 4に「特性」を、Fig. 11に「嗜好」を示した。Table 4から小麦澱粉または糊化済HP小麦澱粉を10%添加したスポンジケーキは表面の焼き色および弾力の2項目において有意の差が認められた。ケーキ表面の焼き色の項目についてみると糊化済HP小麦澱粉添加は対照の小麦粉との間に1%の危険率で有意の差が認められ、糊化済HP小麦澱粉添加は表面の焼き色の強いケーキであり、対照の小麦粉は焼き色がつきにくいうことが明らかとなった。また小麦澱粉添加は糊化済HP小麦澱粉との間に5%の危険率で有意の差が認められ、対照の小麦粉と糊化済HP小麦澱粉との中間の値であった。弾力の項目についてみると、対照の小麦粉と小麦澱粉添加との間に1%の危険率で有意

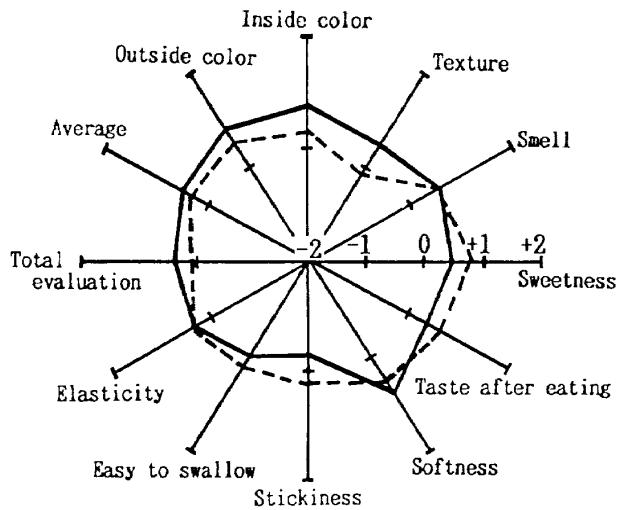


Fig. 11. Sensory evaluation of sponge cake stored for 2 h at room temperature (likeability)

-----, control; ——, with 10 % pregelatinized HP wheat starch.

の差が認められ、小麦澱粉添加のケーキは弾力がないと評価された。しかしFig. 11に示した『嗜好』においては表面の焼き色・内部の色相・きめ・香り・甘味・後味の良さ・やわらかさ・べたつき・のみ込みやすさ・弾力および総合評価の11項目いずれにおいても、対照の小麦粉との間に有意の差は認められなかった。

以上、糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉のスポンジケーキへの添加は生地改良面での効果が認められ、低温保存時の水分保持のよいスポンジケーキが得られた。なお、ケーキの焙焼時間の短縮についても検討したが、10%添加での差は認められなかった。

ヒドロキシプロピル小麦澱粉は低温で糊化し高粘度の糊が得られ、低温貯藏安定性に優れた性質を示した。さらにこれを糊化した糊化済HP小麦澱粉はケーキバッター調製時の粘度を高め、ケーキの比容積は大となり、ケーキの軟らかさを増すなどの効果を示した。

小麦澱粉5%添加の比容積は糊化済HP小麦澱粉と同様に増加を示したが、ケーキは対照の小麦粉に次いで硬さがあり、また官能評価では弾力がないと評価されるなど、糊化済HP澱粉との差が認められた。

## 4. 要 約

小麦澱粉をヒドロキシプロピル化し、さらにこれを糊化した糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の調理・加工適性を明らかにする目的で、ヒドロキシプロピル化または糊化済ヒドロキシプロピル化小麦澱粉の粘度およびゲルの特性、ならびにスポンジケーキへの添加

効果について、物性測定および官能評価を行い次のような結果を得た。

(1) ヒドロキシプロピル小麦澱粉は小麦澱粉に比べて熱分析による糊化の温度範囲が低温側に移行し、糊化に要するエネルギー量は約1/2に減少し糊化しやすいことを示した。

(2) ビスコグラフィーから、ヒドロキシプロピル小麦澱粉は粘度上昇開始温度が約27℃低温側に移行し、最高粘度・冷却時の粘度は約2倍を示した。ショ糖添加による粘度の増加が顕著であり、酸添加は粘度を増すが攪拌加熱による安定性の低下が認められた。澱粉濃度5.0~8.0%における粘度の差はわずかであり、高濃度澱粉溶液の膨潤抑制が示された。

(3) 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉の糊液の粘度は酸およびショ糖添加により低下し、ケーキバッターの粘度に及ぼす影響は添加量が多いほど粘度が大きくなった。

(4) 糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉を添加して調製したスポンジケーキは対照の小麦粉に比べて軟らかく、水分保持がよく、低温保存時の硬さの増加が抑制され小麦澱粉添加との差が認められた。

(5) 官能評価から糊化済ヒドロキシプロピル小麦澱粉10%添加のスポンジケーキは対照の小麦粉との間に有意の差は認められず対照の小麦粉と同様に好まれた。

本研究を行うにあたりエリザベスアーノルド富士財団より平成7年度研究助成をいただきました。衷心より感謝の意を表します。また、小麦粉ならびに澱粉試料をご恵与くださいました日清製粉(株)、米国Midwest Grain Productsにお礼申し上げます。

## 引用文献

- Faubion, J. M., Hoseney, R. C., and Seib, P. A. (1982) Functionality of Grain Components in Extrusion, *Cereal Foods World*, **27**, 212-214  
 後藤富士雄(1977)『澱粉科学ハンドブック』(二国二郎監修、中村道徳、鈴木繁男編), 朝倉書店、東京, 227-228  
 Jane, J., Craig, S. A. S., Seib, P. A., and Hoseney R. C. (1986) Characterization of Granular Cold Water-Soluble Starch, *Starch/Stärke*, **38**, 258-263  
 貝沼圭二、鈴木繁男(1968) 澱粉の化学反応性とその誘導体、*化学と生物*, **6**, 602-606  
 川染節江、山野善正(1986) スポンジケーキのテクスチャーに及ぼすバター含量の影響、*家政誌*, **37**, 759-766  
 小倉徳重(1977a)『澱粉科学ハンドブック』(二国二郎監修、中村道徳、鈴木繁男編), 朝倉書店、東京, 496  
 小倉徳重(1977b)『澱粉科学ハンドブック』(二国二郎監修、中村道徳、鈴木繁男編), 朝倉書店、東京, 517  
 小倉徳重(1977c)『澱粉科学ハンドブック』(二国二郎監修、中村道徳、鈴木繁男編), 朝倉書店、東京, 518  
 Takahashi, S., and Seib, P. A. (1988) Paste and Gel Properties of Prime Corn and Wheat Starches with and without Native Lipids, *Cereal Chem.*, **65**, 474-483  
 Takahashi, S., Maningat C. C., and Seib P. A. (1989) Acetylated and Hydroxypropylated Wheat Starch: Paste and Gel Properties Compared with Modified Maize and Tapioca Starches, *Cereal Chem.*, **66**, 499-506  
 Takahashi, S., Maningat, C. C., and Seib, P. A. (1993) Hydroxypropylated Wheat Starch in Several Food from Japan, *Asean Food J.*, **8**, 69-76  
 寺元芳子(1979)『最新調理学』(稻垣長典、谷田閔次、辻村泰男、矢部章彦監修、松元文子編), 光生館、東京, 133  
 Tuschhoff, J. V., and Wurzburg, O. B. (ed.) (1986) *Modified Starches: Properties and Uses*, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 95  
 Wootton, M., and Bamunuarachchi, A. (1978) Water Binding Capacity of Commercial Produced Native and Modified Starches, *Starch/Stärke*, **30**, 306-309  
 Wootton, M., and Chaudhry, M. A. (1981) *In Vitro* Digestion of Hydroxypropyl Derivatives of Wheat Starch, *Starch/Stärke*, **33**, 200-202