

研 究 報 文

L-アスコルビン酸添加によるパン生地 の品質改良について

足 立 晃 太 郎***
岡 見 晃 枝**
靈 山 満 佐 子*

On the Improvement of Quality of Dough by
Addition of L-Ascorbic acid.

Kōtarō Adachi
IKue Okami
Masako Yoshiyama

I 緒 言

パン生地の品質改良に、還元剤であるL-アスコルビン酸が、酸化剤である KBrO_3 と同様の動きをすることはJørgensen^①, Melville^②, Maltha^③, 市場等^④によって報告されている。著者らはL-アスコルビン酸によるパン生地の改良効果をレオロジー的、栄養的、嗜好的観点から把握するべく本実験を行なった。小麦粉に対して0.001%, 0.005%, 0.01%, 0%のL-アスコルビン酸(以下 AAH_2 と略記する)を添加し、生地の吸水率、生地形成時間、粘弾性、還元糖量、pH、生地膨張度を測定比較し、さらに成品であるパンの粘弾性、官能検査を行った。

II 実験及び結果

I. I 実験試料：日本製粉株式会社特製強力小麦粉イーグル印(水分13.47%)

II. I 実験方法

I. II. I 吸水率及び生地形成に要する時間の測定

A. 小麦粉200gに対し AAH_2 をそれぞれ0%, 0.001%, 0.005%, 0.01%を加え蒸溜水にて混捏し、30°Cにおいて10分間放置する。この時の硬粘度をいわゆる「耳たぶ」状に調製して吸水率を求めた。

B. 試料200gに対し AAH_2 をそれぞれ0%, 0.001%, 0.005%, 0.01%溶解した蒸溜水を61ml加え、回転数一定の攪拌装置を用いて生地が形成されるに要する時間を測定した。

結果は表1に示す如くである。

表1. 生地の吸水率及び生地形成に要する時間

AAH_2 添加濃度	対照 0 %	0.001 %	0.005 %	0.01 %
1) 吸水率 (%)	60.3	61.0	61.0	59.5
2) 生地形成時間 (sec)	140	150	143	125

上の結果によれば AAH_2 0.001%, 0.005%添加生地が対照生地に対して吸水率高く、生地形成に要する時間が長い。これは生地の安定度が対照よりも良好なることを示すものであるが AAH_2 0.01%以上添加した生地は「べとべと」した状態であった。

I. II. II 静的粘弾性の測定

A. 小麦粉200gに対し AAH_2 をそれぞれ0%, 0.001%, 0.01%の割合で溶解した蒸溜水122mlずつを加えガラス棒にて攪拌し50回折りかえして混捏し、28°Cの恒温器中に24時間熟成する。後、これを20回折りかえして混捏し検体とした。

B. 応力一歪測定

検体を各々について8.5g秤取し底面の直径2cm、高さ2cmの円柱となし楨杆式弾性測定器(足立考案)を用いて毎30秒に0~1.6g/cm²等間隔にて9.6g/cm²まで荷重増加を行なう。次いで毎30秒に9.6g/cm²より0まで1.6g/cm²等間隔にて荷重減少を行ない歪を測定した。結果は図1に示す如くである。

C. 時間—歪測定

検体各々について 8.5g ずつを秤取し底面の直径 2 cm, 高さ 2 cm の円柱となし横杆式測定器を用いて 9.6g/cm² で 3 分間荷重を行ない, 次いで荷重除去後 3 分間に於ける歪を 30 秒毎に測定しこれを圧縮歪とした。又, 底面の直径を 0.8 cm, 長さ 3 cm の円柱となした検体について伸長歪の測定を行なった。即ち検体の上端を固定し下端に 20g/cm² の分銅を下げた状態で 6 分間, 分銅をとり去った状態で 3 分間, この間 30 秒毎に測定した。実験結果は図 2 及び 3 に示す如くである。

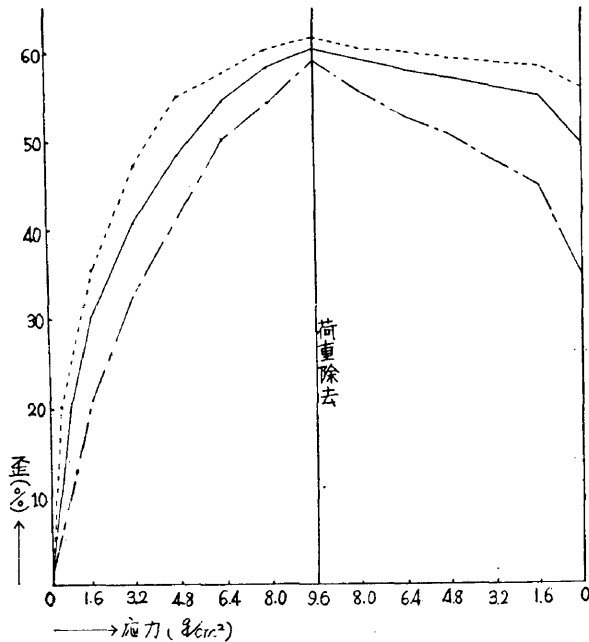


図 1 応力—歪曲線図

—— AAH₂ 0% 対照生地
 - - - - AAH₂ 0.001% 添加生地
 AAH₂ 0.01% 添加生地

醗酵パン生地中の比較的ひくいガス圧力で実際の弾性膨張を行なう為には低弾性率が必要であるが, これに反しパン生地の自重による流動を防ぐためには粘度が充分たかなくてはならない。それゆえこの両者の比即ち $\frac{\text{粘性率}}{\text{弾性率}}$ が大なる生地ほど良好なものといえる。

表 2. 生地の粘性率及び弾性率

生地の種類	熟成時間	粘性率 = η	弾性率 = G	η/G
AAH ₂ 無添加	4 hr	349×10^4	1.56×10^4	223.7
AAH ₂ 0.001% 添加	4 hr	493×10^4	1.60×10^4	308.1
AAH ₂ 0.01% 添加	4 hr	330×10^4	1.53×10^4	215.7

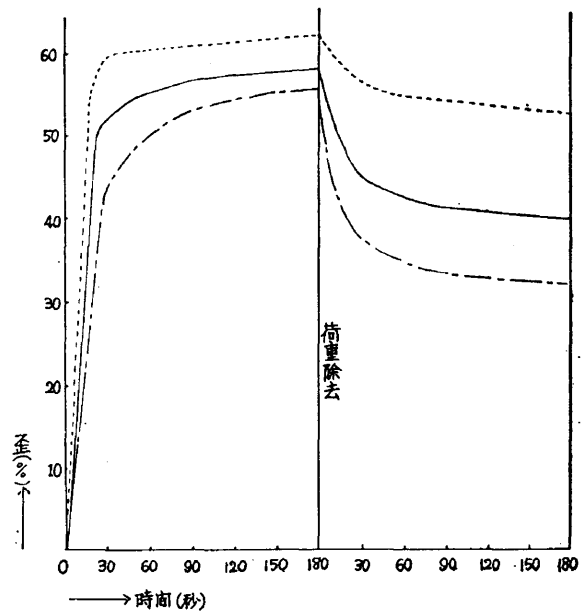


図 2 時間—歪曲線図

—— AAH₂ 0% 対照生地
 - - - - AAH₂ 0.001% 添加生地
 AAH₂ 0.01% 添加生地

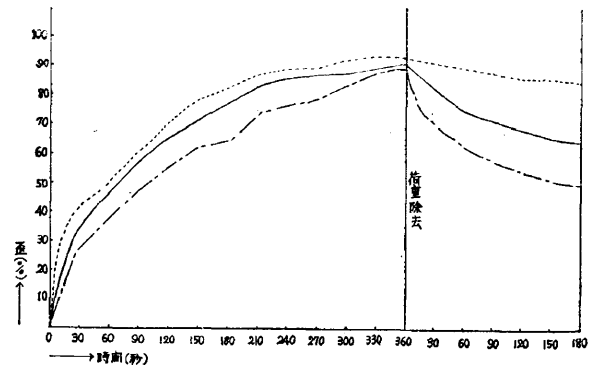


図 3 時間—伸長歪曲線図

—— AAH₂ 0% 対照生地
 - - - - AAH₂ 0.001% 添加生地
 AAH₂ 0.01% 添加生地

ただし

$$\text{粘性率 } \eta = \frac{F}{\frac{l_3 - l_1}{t l_1}} = \frac{\text{応力}}{t l_1}$$

$$\text{弾性率 } G = \frac{F}{\frac{l_2 - l_3}{l_3}} = \frac{\text{応力}}{l}$$

ただし F : 単位面積当りの歪力 (dyne/cm²)

t : F をかけて歪を起した時間 (sec)

l₁ : 検体の長さ

l₂ : F の力を t sec かけた時, のびた長さ

l₃ : F の力を除去した時収縮した長さ

である。

すなわち AAH₂ 0.001% 添加生地は無添加生地に比して安定性が大であること。又、図2及び3の結果より最もクリープ時間が長く製パン性に適していると知られる。AAH₂ 0.01% 添加生地では粘弾性が低くしたがつて η/G の値も小となり不安定な生地となる。

表3

	AAH ₂ 添加濃度 歪	対 照 (0%)	0.001 %	0.01%
応力-歪曲線	最高歪に対する回復歪 (%)	16.9	39.8	8.6
図より	歪 永久歪 (%)	83.1	60.2	91.4
時間-歪曲線	歪 回復歪 (%)	31.1	41.2	23.7
図より	歪 永久歪 (%)	68.9	58.8	76.3

但し

$$\text{最高歪に対する回復歪(\%)} = \frac{\text{最高歪} - \text{永久歪}}{\text{最高歪}} \times 100$$

$$\text{最高歪に対する永久歪(\%)} = \frac{\text{永久歪}}{\text{最高歪}} \times 100$$

である。

表3の結果より永久歪は AAH₂ 0.001% 添加生地が最小値を示し、他の二者に比して弾力性が大である。

歪の増加と回復の対称性及び履歴現象(ヒステリシス・ループ)については図1の結果より、0.001% 添加生地の勾配が他の二者に比して小であること、荷重除去後の回復力が大であること、歪の増加と回復が対称的であることが認められ弾力性の大なることを示している。図4に示すごとく履歴曲線によって作られる面積は小なるほど弾力性が大なることをあらわし、AAH₂ 0.001% 添加生地は他の二者に比して最小である。

II. II. III 還元糖の定量

A. 小麦粉 200g に対して AAH₂ を 0%, 0.001%, 0.005%, 0.01% の割合で溶解した蒸留水 122 ml ずつを加えて攪拌し50回折り返し混捏して生地を作成する。直ちに無添加生地のうち 2g を秤取する。次いで各々四種の生地について熟成 3 時間後及び 5 時間後に 2g ずつを秤取しこれにそれぞれ 10ml の蒸留水を加えて混和し遠沈して上澄液 9ml を得る。この液のうち 3ml を糖液としマイクロベルトラン法によって還元糖の定量を行なった。

AAH₂ は小麦粉中の β-アミラーゼに作用し、結果生成された還元糖は酵母の醗酵基質となる。還元糖の量は AAH₂ 添加量と熟成時間経過に比例して増加し、AAH₂ 0.01%, 5 時間熟成生地では官能検査によって容易に「甘味」を感知することができた。

表4

AAH ₂ 添加濃度 熟成時間	対 照 (0%)	0.001%	0.005%	0.01%
0 hr	0.3%			
3 hr	0.55%	1.00%	1.17%	1.55%
5 hr	1.05%	1.63%	2.09%	2.87%

II. II. IV pH の測定

小麦粉 200g に対して AAH₂ を各々 0%, 0.001%, 0.005%, 0.01% の割合で溶解した蒸留水 244ml ずつを加え、回転数の一定なる攪拌装置を用いて 3 分間混捏し、後 28°C の恒温器中に 1 時間熟成せしめる。この生地の上澄液を用いガラス電極法によって pH を測定した。

表5 生地の pH

AAH ₂ 添加濃度	対 照 (0%)	0.001 %	0.005 %	0.01 %
pH	5.5	4.8	4.5	4.0

β-アミラーゼ、マルターゼの至適 pH は 4.8~4.0 であり、ローブ菌の発生を防止する pH の限界は 5.0 である。したがって pH を 4.8~4.5 に保つことは望ましい状態であり少量の AAH₂ の添加によって期待できる。

II. II. V 膨張力の測定

A. 小麦粉 200g に対して AAH₂ を各々 0%, 0.001%, 0.005%, 0.01% の割合で溶解した蒸留水 122ml ずつを加えて攪拌する。これを 50 回折り返して混捏し 28°C の恒温器中で 4 時間熟成せしめ、膨張力測定直前に 20 回折り返し混捏、いわゆる、「ガス抜き」を行なう。この生地を各々 8.5g 秤取し 4 本の内径 2cm, 全長 30cm ガラス管の中央部に 2cm の長さそれぞれ充填する。このガラス管をデンキーター中に水平に置きデンキーターを真空ポンプにて真空に達するまで吸引すれば生地はガラス管中において伸長する。

この時の伸長した長さをもって膨張力とした。結果は表6に示すごとくである。

B. 小麦粉 200g に対して AAH₂ を各々 0%, 0.001%, 0.005%, 0.01% 及び酵母 4g を溶解した蒸留水 122ml ずつを加え攪拌し 50 回折り返し混捏し 28°C の恒温器中で 1 時間熟成せしめ測定直前に 20 回折り返し混捏し「ガス抜き」を行なう。この生地 20g を秤取し球状になし、Miller の Dough 膨張限界容積測定装置にて生地の膨張によって排除される水の量を経時的に定量した。結果は表7に示すごとくである。

C. Bの実験に用いたと同様の生地を各々 20g 秤取り球状となす。これを 30°C, 0.5%の食塩水中に落とし一旦沈降した時より炭酸ガスの発生に伴って液面まで上昇する時間を測定する。結果は表8に示すごとくである。

表6

AAH ₂ 添加濃度	対 照 (0%)	0.001%	0.005%	0.01%
膨張した長さ (cm)	15.0	20.0	19.5	18.0

表7

AAH ₂ 添加濃度	対 照 (0%)	0.001%	0.005%	0.01%
浮上に要した時間 (sec)	180	155	119	108

表8

AAH ₂ 添加濃度	時 間	30min	1 hr	2 hr	3 hr
	対 照 (0%)	(ml)	60.3	205.1	599.3
0.001%		62.5	214.4	628.5	631.5
0.005%		63.2	212.3	600.9	610.3
0.01%		65.0	210.9	581.7	582.5

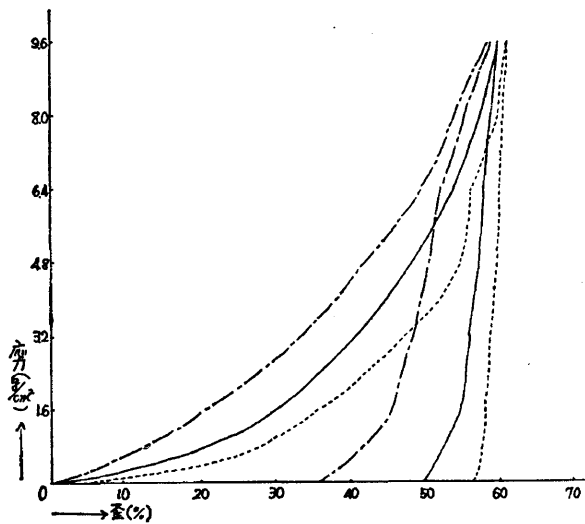


図4 履歴の輪

- AAH₂ 0%対照生地
- - - - - AAH₂ 0.001%添加生地
- AAH₂ 0.01%添加生地

表6, 7, 8より AAH₂ 0.001% 添加生地が伸長度, 膨張限界容積ともに最大である。又上昇する速度は AAH₂ 添加量と比例しているが, これはAAH₂がβ-アミラーゼに働きその結果生じた還元糖が酵母基

質となる為, 酵母の醗酵が促進される結果と考えられる。

しかし添加量が0.001%を上まわる時は膨張限界容積は添加量0.001%生地よりも小となり, 高粘度を有する生地は0.001%添加生地であるといえる。

II. II. VI パンの品質検査及び官能検査

A. 小麦粉 400g に対し AAH₂ を各々 0%, 0.001%, 0.005%, 0.01%と酵母 8g, 砂糖 16g, 塩 8g ずつを溶解した蒸溜水 248ml を加えて攪拌し 100回折り返して混捏し四種類の生地を作成する。これを28°C 恒温器中に3時間熟成せしめ, 後 100回折り返し混捏によって「ガス抜き」を行ない再び1時間半熟成せしめたのち 200°C~220°C のパン焼き器中に20分間入れこれを成品のパンとした。

B. 成品パンの体積及び重量の測定

粟粒を用いてパンの体積が排除した粟粒の量をパンの体積とした。結果は表9に示す。

C. 成品パンの弾力性の測定

四種類の成品パンについてそれぞれ中央部を用いて 3 cm³ に整形しこれを検体として応力-歪の測定を行なう。単位面積荷重を0より 25g/cm² まで 5g/cm² の等間隔で毎2分に荷重した後, 25g/cm² より0まで 5g/cm² 等間隔で毎2分に荷重減少を行ない歪を測定した。

結果は図5に示す如くである。

上記実験と同じく 3 cm³ に整形した検体について時間-歪測定を行なう。検体に単位面積荷重 25/cm² を3分間行ない後, 荷重除去して3分間, この間, 毎30秒に歪を測定した。結果は図6に示す如くである。

D. 成品パン四種についてラテン方格の順位法により官能検査を行なった。結果は弾力, 触感(歯ごたえ, 歯ぎれ, 舌ざわり)すだち, 味, 香, 視覚による嗜好性等, 総合して AAH₂ 0.001%添加パンが一位であった。

AAH₂ 添加量が0.001%より大なるパンは対照(0%添加)パンよりも弾力性が小であり, すだちも良好ではない。味及び香は AAH₂ 添加量の多いパンほど酵母臭が強調され, 又, 内質の色調も黄色に着色されていた。

表9

AAH ₂ 添加濃度	対 照 (0%)	0.001%	0.005%	0.01%
成品パンの体積 (cc)	1550	1650	1590	1480
成品パンの重量 (g)	580	580	580	590

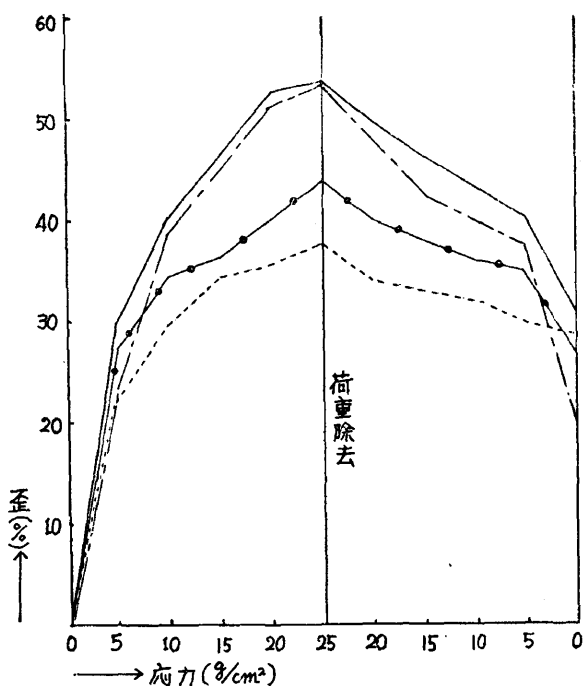


図5 成品パンにおける応力—歪線図

- AAH₂ 0% 対照パン
- - - AAH₂ 0.001% パン
- AAH₂ 0.005% パン
- AAH₂ 0.01% パン

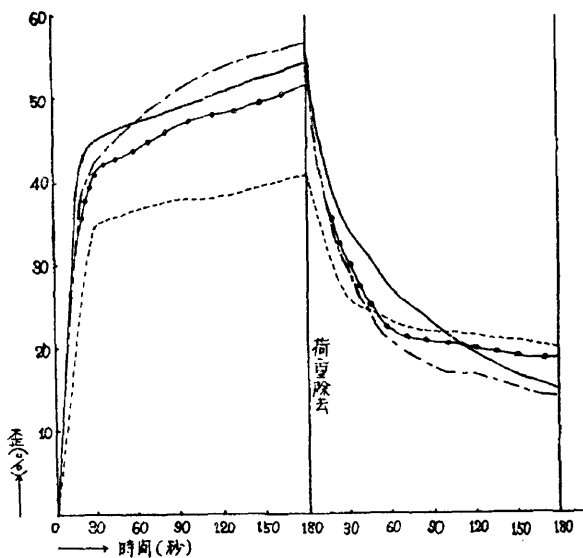


図6 成品パンにおける時間—歪曲線図

- AAH₂ 0% 対照パン
- - - AAH₂ 0.001% パン
- AAH₂ 0.005% パン
- AAH₂ 0.01% パン

E. 成品パンの気胞率を算出した結果は表10のごとくである。ただしパンの気胞率 = $\frac{\text{パンの体積}}{\text{パンの重量}} \times 100$ である。

表10 成品パンの気胞率

AAH ₂ 添加濃度	対照 (0%)	0.001%	0.005%	0.01%
気胞率	267	285	276	251

AAH₂ 0.001%添加パンが体積、気胞率ともに最大である。気胞率が大なる事実はきめがこまかく舌ざわりがなめらかなることを示し、又図5, 6の結果より弾力性大なることも認められる。

Ⅲ 総括

パン生地を改良するべく L-アスコルビン酸を小麦粉に対して0.001%, 0.005%, 0.01%, 及び0%添加し、その改良効果をレオロジー的、栄養的、嗜好的観点から追求した。結果を要約すると以下のごとくである。

1. 吸水率、生地形成時間ともに AAH₂ 0.001%添加生地が最大であり生地の安定性が高い。
2. 圧縮荷重による測定結果より求めた粘性率と弾性率の比は AAH₂ 0.001%添加生地において最大を示し、したがって弾力性に富み製パンに適している。
3. L-アスコルビン酸は添加直後から作用をはじめ、小麦粉中のβ-アミラーゼに働いて還元糖量を増し酵母の醗酵基質となる。
4. パン生地中のガス圧の上昇と限界膨張度は AAH₂ 0.001%添加生地が最大であり、成品のパンは「すだち」良好、体積、弾力性ともに良好な結果を得た。
5. L-アスコルビン酸添加パンは嗜好的に良好な香味を有し、触感も非常に良好で栄養価も向上したと考えられる。
6. L-アスコルビン酸の最適添加量は小麦粉に対して0.001%と考えられ0.001%以上添加した生地は改良効果がえられないばかりでなく悪影響を及ぼすものと考えられる。

参考文献

- ① H. Jørgensen : U. S. Patent;2, 149, 682 (1939)
- ② J. Melville, H. T. Shattock : Cereal chem., 15, 201 (1938)
- ③ P. Maltha : Die Mühle, 90, 325 (1953)
- ④ 市場, 清水, 長尾 : 日農化, 35, 1020, 1024 (1961)
- ⑤ 足立, 北村 : 本誌, 11, 23 (1961)