

## 不活化乾燥ビール酵母が食パン内相の物性に与える影響

誌名	東京都立食品技術センター研究報告 = Bulletin of the Tokyo Metropolitan Food Technology Research Center
ISSN	09197214
著者	佐藤, 健 廣瀬, 理恵子 宮尾, 茂雄
巻/号	15号
掲載ページ	p. 1-6
発行年月	2006年3月

# 不活化乾燥ビール酵母が食パン内相の物性に与える影響

佐藤 健, 廣瀬理恵子, 宮尾茂雄

## Effects of Inactive Dry Beer Yeast on Physical Properties of Bread Crumbs

Tsuyoshi Satoh, Rieko Hirose and Shigeo Miyao

Inactive dry beer yeast is a material often used as a food additive. In this study, the effect of its addition on the physical properties of bread dough was initially examined through the use of a farinograph and an extensograph. The results showed that the extensibility of the bread dough was not changed by the yeast's addition but that it caused a decrease in the bread dough's resistance. Next, the effects of the addition of inactive dry beer yeast to bread dough on the crumbs' physical properties were examined. The addition was effective for maintaining the crumbs' elasticity and softness. In addition, we examined the effects of two types of glutathione, oxidized- and reduced-glutathione, which are contained in inactive dry beer yeast as the yeast's active substances. The addition of each type of glutathione to bread dough softened the bread crumbs.

(Accepted Feb. 22, 2006)

食パンのクラム(内相部分)の老化のひとつに硬化の現象が挙げられる。従来、この硬化現象を抑制するためにコハク酸モノグリセリドなどの製パン用乳化剤が使用されてきた。この製パン用乳化剤の硬化抑制効果については、従来から認められているところである<sup>1)</sup>が、その使用については、消費者の一部から敬遠される傾向が見られる。このため製パン関連企業等では、乳化剤を使用しない製パンへの対応が求められている。

一方、ビールやパンに用いられている酵母には、パン生地中で還元剤として作用するといわれているグルタチオンが含まれていることが知られており、不活化したこれらの酵母は、製パン改良効果が期待できる。昨今、ビール製造企業では、ビール製造工程から多量の廃ビール酵母が発生する。環境問題や食品リサイクルの観点から、ゼロエミッション化を推進しているビール製造企業では、この廃ビール酵母の再利用法の拡大が求められている。

そこで、本研究では、乾燥処理して不活化したビール酵母を食パン生地に配合して製パンし、内相部分に対する効果について、主に物性の面から検討したので

報告する。

### 実験方法

#### 1. 不活化乾燥ビール酵母が食パン生地の物性に与える効果の検討

不活化乾燥ビール酵母が、ミキシング工程や発酵工程において食パン生地に与える効果を検討するために生地物性測定装置を用いて生地物性を測定した。

##### (1) 供試材料

不活化乾燥ビール酵母として食品用脱苦味乾燥ビール酵母 BY-G (キリンビール株式会社機能食品カンパニー)を使用した。また、食パン生地の原材料として、パン用強力粉(日清製粉株式会社:粗タンパク質 11.8%, 灰分 0.37%), 砂糖(新三井製糖株式会社:上白糖), 食塩(財団法人塩事業センター:食塩), 油脂(Crisco:ショートニング), 製パン用酵母(日本たばこ株式会社:45 イースト)を使用した。使用した配合を表1に示す。

表1 物性測定用生地配合

	(Baker's %)	
	無添加区	添加区
パン用強力粉	100	100
砂糖	5	5
食塩	2	2
油脂	4	4
製パン用酵母	2.5	2.5
不活化乾燥ビール酵母	—	0.2
水	62	62

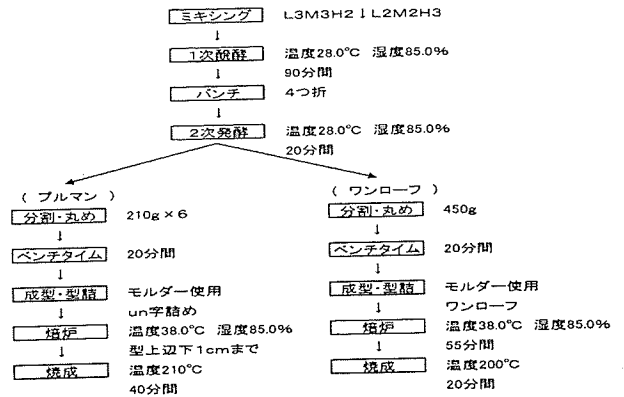


図1 製パン工程

(2) 生地物性測定

ファリノグラフ法ならびに改良型生地ホルダーを用いるエクステンソグラフ法により生地物性を測定した。

2. 不活化乾燥ビール酵母と市販製パン用乳化剤の老化抑制効果の比較

食パンに不活化乾燥ビール酵母を添加した場合に与えられる効果を検討し、市販の製パン用乳化剤を添加した場合と効果の比較を試みた。

(1) 供試材料

前述の 1.(1)に示した原材料に加えて、食パン生地中で酸化剤として作用する L(+)-アスコルビン酸<sup>2)</sup> (和光純薬工業株式会社: 特級試薬)、製パン用乳化剤としてコハク酸モノグリセリド製剤 (理研ビタミン株式会社: パンマック 200V) を使用した。

(2) 製パン試験

食パン生地配合を表 2 に、製パン工程のフローを図 1 に示す。食パン生地配合は強力粉を 100%として各材料の相対的な割合で表すベーカーズパーセントで示した。対照区 (C 区)、市販の製パン用乳化剤添加区 (SMG 区)、不活化乾燥ビール酵母添加区 (Y 区) について、標準ストレート法でワンローフとプルマンを試作した。加水率は低加水率設定の 65%と高加水率設定の 72%の 2 パターンとした。

表2 食パン生地配合(1)

	(Baker's %)		
	C区	SMG区	Y区
パン用強力粉	100	100	100
砂糖	5	5	5
食塩	2	2	2
油脂	4	4	4
製パン用酵母	2.5	2.5	2.5
製パン用乳化剤	—	0.5	—
不活化乾燥ビール酵母	—	—	0.2
L(+)-アスコルビン酸	0.004	0.004	0.004
水	65or72	65or72	65or72

(3) 比容積

食パンのポリューム指標とされている比容積はワンローフを用いて求めた。焼成後 30 分の時点で焼上重量と製品容積を測定し、次式により比容積を算出<sup>3)</sup>した。製品容積は、3 次元体積計測装置 (3D Laser Scanner SELNAC-VM: 株式会社アステックス) を用いて測定した。

$$\text{比容積} = \frac{\text{製品容積}}{\text{焼上重量}}$$

(4) 焼減率

焼成程度を表す数値である焼減率は、焼成直後にプルマンの焼上重量を測定し、次式により算出<sup>3)</sup>した。

$$\text{焼減率}(\%) = \left( \frac{\text{分割生地重量} - \text{製品焼上重量}}{\text{分割生地重量}} \right) \times 100$$

(5) 食パン内相の微細構造の観察

食パン内相の微細構造は、既報<sup>4)</sup>と同様に処理し、走査型電子顕微鏡 (S2380N, 株式会社日立製作所) により観察した。

(6) 食パン内相の力学的特性の比較

測定試料は、パン用スライサーと超音波カッターを併用して、プルマンの内相を 25mm 角に切り出して調製した。測定は、クリープメーター物性試験システム (株式会社山電) を用いて、焼成後 1 日目, 2 日目, 3 日目に行い、経日変化を比較した。食パンはポリ袋に詰めて 20°C の恒温器に保存した。硬さの指標とされる圧縮応力の測定には、破断強度解析プログラムを用いた。プランジャーは、ポリアセタール樹脂製の No.2 (直径 40mm 厚さ 8mm の円板型) を使用した。測定は、試料をその厚さの 70%すなわち 17.5mm まで圧縮して 50%すなわち 12.5mm のときに示す値を圧縮応力の値とした。復元性の指標とされる凝集性の測定には、テクスチャー自動解析のプログラムを用いた。プランジ

ヤーは、ポリアセタール樹脂製のNo.3（直径16mm厚さ25mmの円柱型）を使用した。測定は、上述した圧縮を2回繰り返したとき、応力の描く波形とX軸（試料台の移動距離）から得られる2つの図形の面積比を凝集性の値とした。

### 3. 不活化乾燥ビール酵母とグルタチオンの硬化抑制効果の比較

不活化乾燥ビール酵母を添加することによる硬化抑制効果の要因を検討するため、不活化乾燥ビール酵母に含まれる成分の一つであるグルタチオンに着目した。そこで、グルタチオン試薬を添加して食パンを試作し、経日的に圧縮応力測定を行い、対照区ならびに不活化乾燥ビール酵母添加区の結果と比較した。

#### (1) 供試材料

グルタチオンは、酸化型グルタチオン、還元型グルタチオン（ともに和光純薬工業株式会社：特級試薬）を使用した。その他の原材料については、L(+)-アスコルビン酸を除いて2.(1)と同様とした。

#### (2) 製パン試験

食パン生地配合を表3に示す。

製パン工程は図1に従い、対照区（C\*区）、不活化乾燥ビール酵母添加区（Y\*区）、酸化型グルタチオン添加区（GSSG区）、還元型グルタチオン添加区（GSH区）について、標準ストレート法でプルマンを試作した。酸化型グルタチオン、還元型グルタチオンは、不活化乾燥ビール酵母0.2%に相当する量を最大量として添加した。この検討においては、酸化反応ならびに還元反応を検討の対象としているため、全試験区に対して食パン生地中で酸化剤として作用するL(+)-アスコルビン酸を配合しなかった。したがって、パン生地の取扱いに考慮して、加水率を62%としてプルマンを試作した。

表3 食パン生地配合(2)

	(Baker's %)			
	C*区	Y*区	GSSG区	GSH区
パン用強力粉	100	100	100	100
砂糖	5	5	5	5
食塩	2	2	2	2
油脂	4	4	4	4
製パン用酵母	2.5	2.5	2.5	2.5
不活化乾燥ビール酵母	—	0.2	—	—
酸化型グルタチオン	—	—	0.001	—
還元型グルタチオン	—	—	—	0.001
水	62	62	62	62

#### (3) 食パン内相の圧縮応力の比較

2.(6)と同様に食パン内相の圧縮応力を経日的に測定して比較した。

## 実験結果及び考察

### 1. 不活化乾燥ビール酵母が食パン生地の物性に与える効果の検討

ファリノグラムから得られた生地物性を比較し、表4に示す。生地形成時間、生地安定度、混捏耐性指数、生地粘稠度の各特性値には、不活化乾燥ビール酵母添加の有無による差は、ほとんど認められなかった。

改良型生地ホルダーを使用したエクステンソグラフ法による生地物性を比較し、図2と図3に示す。生地伸長度には、不活化乾燥ビール酵母添加の有無による差は、ほとんど認められなかった。しかし、生地抗張力は、不活化乾燥ビール酵母添加区が無添加区と比べて、値が低く、時間の経過とともにその差は拡大していく傾向にあった。

表4 ファリノグラフ特性値

	無添加区	添加区
生地粘稠度 (B.U.)	431	420
生地形成時間 (分)	14.7	13.6
生地安定度 (分)	25.4	24.9
混捏耐性指数 (B.U.)	6	6

以上のことから、食パン生地に対する不活化乾燥ビール酵母添加の効果は、ミキシング工程ではなく発酵工程で発現すること、また、その効果によって食パン生地の抵抗力が弱まるため、食パン生地の成形が容易となることが示唆された。

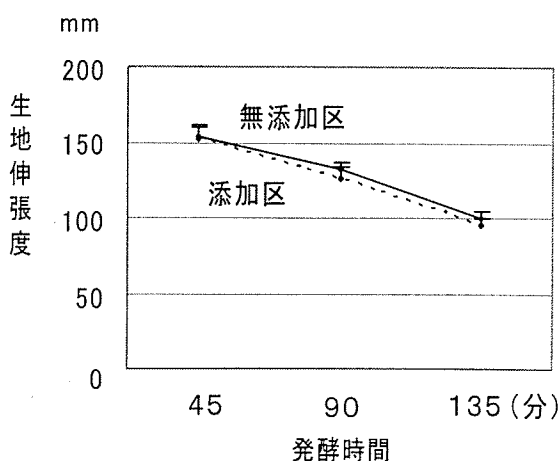


図2 生地伸長度の比較

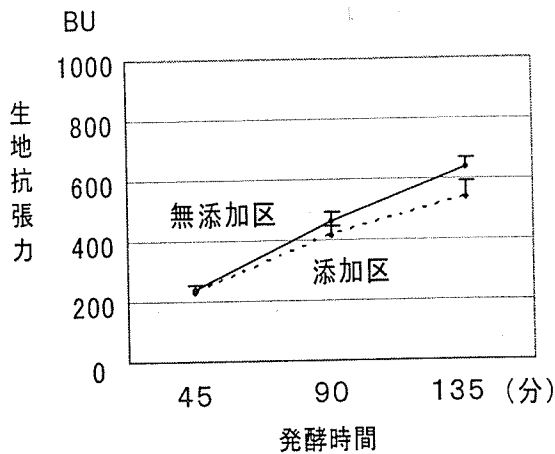


図3 生地抗張力の比較

## 2. 不活化乾燥ビール酵母と市販乳化剤との老化抑制効果の比較

表5に各試験区のパンの比容積、また、表6に焼減率の比較を示したが、各試験区間において、比容積と焼減率の差は認められなかったことから、各試験区の食パンは同程度の焼成状態であることが認められた。

表5 比容積の比較

試験区	加水率 65%	加水率 72%
C区	4.4	3.8
SMG区	4.4	3.9
Y区	4.5	3.9

C区 : 対照区  
 SMG区 : 製パン用乳化剤 0.5 Baker's%添加区  
 Y区 : 不活化乾燥ビール酵母 0.2 Baker's%添加区  
 全試験区に対して(+)-アスコルビン酸 0.004 Baker's%添加

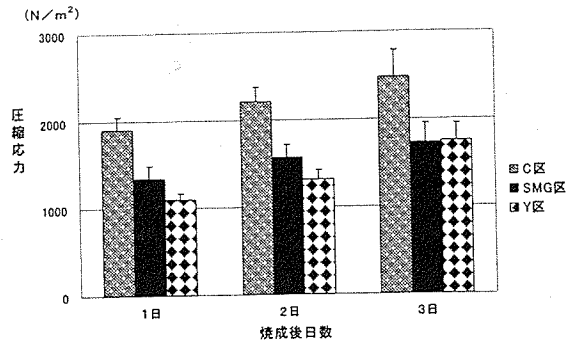
表6 比容積の比較

試験区	加水率 65%	加水率 72%
C区	10	12
SMG区	8	10
Y区	9	11

C区 : 対照区  
 SMG区 : 製パン用乳化剤 0.5 Baker's%添加区  
 Y区 : 不活化乾燥ビール酵母 0.2 Baker's%添加区  
 全試験区に対して(+)-アスコルビン酸 0.004 Baker's%添加

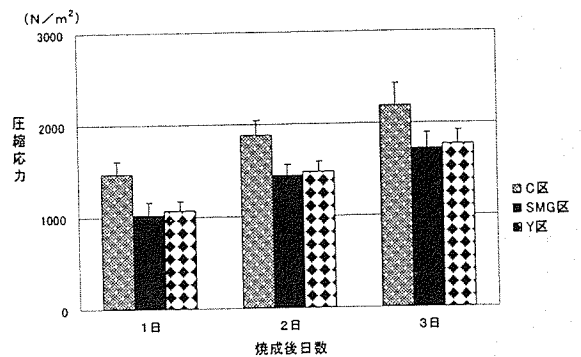
食パン内相の硬さの指標とした圧縮応力は、加水率 65%で試作した食パンにおいて、全測定時点で対照区(C区)と比べ、市販製パン用乳化剤添加区(SMG区)と不活化乾燥ビール酵母添加区(Y区)で低い値を示していた(図4)。加水率 72%で試作した食パン

においては、SMG区、Y区とC区の差が小さくなる傾向にあるものの、全測定時点でC区と比べてSMG区とY区の値が低かった(図5)。



C区 : 対照区  
 SMG区 : 製パン用乳化剤 0.5 Baker's%添加区  
 Y区 : 不活化乾燥ビール酵母 0.2 Baker's%添加区  
 全試験区に対して(+)-アスコルビン酸 0.004 Baker's%添加

図4 圧縮応力の経日変化 (65%加水)



C区 : 対照区  
 SMG区 : 製パン用乳化剤 0.5 Baker's%添加区  
 Y区 : 不活化乾燥ビール酵母 0.2 Baker's%添加区  
 全試験区に対して(+)-アスコルビン酸 0.004 Baker's%添加

図5 圧縮応力の経日変化 (72%加水)

復元性の指標とした凝集性は、全測定時点でSMG区と比べてC区とY区の値が高く推移した。この傾向は、加水率 65%、72%で試作した食パンにおいても同様に見られた(表7)。

表7 凝集性の経日変化

(1) 加水率 65%

(2) 加水率 72%

試験区	焼成後日数			試験区	焼成後日数		
	1日	2日	3日		1日	2日	3日
C区	0.73	0.70	0.69	C区	0.71	0.71	0.69
SMG区	0.66	0.66	0.66	SMG区	0.65	0.65	0.65
Y区	0.73	0.72	0.69	Y区	0.74	0.71	0.69

C区 : 対照区  
 SMG区 : 製パン用乳化剤 0.5 Baker's%添加区  
 Y区 : 不活化乾燥ビール酵母 0.2 Baker's%添加区  
 全試験区に対して(+)-アスコルビン酸 0.004 Baker's%添加

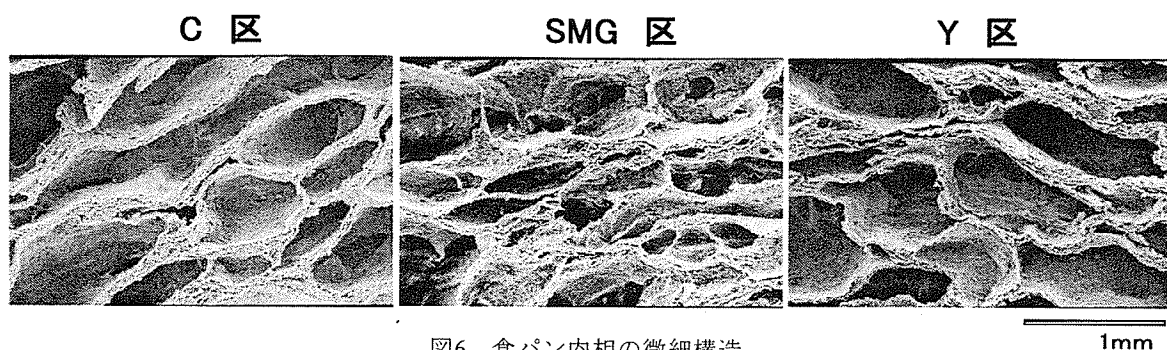


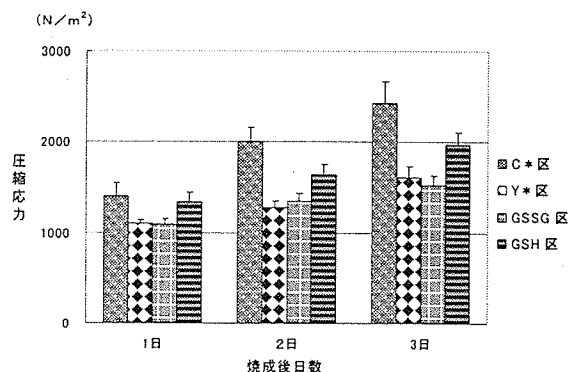
図6 食パン内相の微細構造

走査型電子顕微鏡により、食パン内相の微細構造を観察したところ、C区とY区では、気泡が楕円球状に形成され、これを隔てる気泡膜の輪郭がそろっている様子が見られた。これに対してSMG区では、気泡膜の輪郭が不連続となっている部分が存在し、気泡がつぶれている様子が見られた(図6)。

以上より不活化乾燥ビール酵母の添加は、市販製パン用乳化剤であるコハク酸モノグリセリド製剤を添加した場合に見られる復元性の低下現象を起こさずに、同程度のパン内相の硬化抑制効果を持つことが認められた。

### 3. 不活化乾燥ビール酵母とグルタチオン試薬との硬化抑制効果の比較

酸化型グルタチオン添加区(GSSG区)、還元型グルタチオン添加区(GSH区)、不活化乾燥ビール酵母添加区(Y\*区)並びに対照区(C\*区)の食パン内相の圧縮応力の経日変化の比較を図7に示す。GSSG区とGSH区は、ともに全測定時点でC\*区より低い値を示した。さらに全測定時点においてGSSG区はY\*区と同様の値で推移した。このことから、不活化乾燥ビール酵母添加による硬化抑制効果の要因の一つとして、不活化乾燥ビール酵母に含まれているグルタチオンの関与が示唆された。



C\*区 : 対照区  
 Y\*区 : 不活化乾燥ビール酵母 0.2 Baker's%添加区  
 GSSG区 : 酸化型グルタチオン 0.001 Baker's%添加区  
 GSH区 : 還元型グルタチオン 0.001 Baker's%添加区

図7 圧縮応力の経日変化

## 要 約

不活化した乾燥ビール酵母は、パン生地の伸長度に変化を与えず、生地抗張力を抑制する作用を有しており、パン生地の成形性向上効果を持っていた。また、これを食パン生地に配合して製パンすることにより、パン内相の経時的な硬化を抑制する効果が認められるとともに、乳化剤を配合した食パンに比べ、復元性が向上することが示唆された。また、不活化乾燥ビール

酵母に含まれているグルタチオンが、これらの食パンの硬化抑制効果に関与することが示唆された。

### 謝 辞

不活化乾燥ビール酵母をご提供いただきましたキリンビール株式会社機能食品カンパニー、製パン用乳化剤をご提供いただきました理研ビタミン株式会社、パン酵母をご提供いただきました JT フーズ株式会社の各社に厚くお礼を申し上げます。また、本課題を進めるに当たり、ご指導してくださいました社団法人日本パン技術研究所の伊賀大八先生に深く感謝いたします。

### 文 献

- 1) 社団法人日本パン技術研究所, 製パン原料, p.161 (2001).
- 2) 田中康夫, 松本博, 製パンの科学 II 製パン材料の科学, 光琳, 東京, pp.200-201 (1992).
- 3) 社団法人日本パン技術研究所, 試験法, p.4(2001).
- 4) 廣瀬理恵子, 佐藤健, 新井千秋, 柴田朋子, 丹下幹子, 国産小麦粉を原料とする製パン技術の開発, 東京都立食品技術センター研究報告, 13, 1-7 (2004).

(平成 18 年 2 月 22 日受理)