

報 文

酵母の違いがパンの品質に与える影響

山田 密穂^{1,2*}, 小泉 昌子³, 赤石 記子⁴, 峯木真知子³

Effect of Different Yeasts on Bread Quality

Mitsuho YAMADA^{1,2*}, Akiko KOIZUMI³, Noriko AKAISHI⁴ and Machiko MINEKI³

There are a few widely known examples of bread made using wild yeast such as Shirakami yeast bread (S) and Hoshino natural leaven (H). However, little basic research has been conducted on these yeasts. Therefore, we prepared bread using these two types of yeast as well as instant dry yeast (D), with the aim of clarifying the effects of each yeast on bread characteristics. We measured the dynamic viscoelasticity of the dough, performed dough fermentation experiments, and evaluated the weight, volume, water content, color, texture, aromatic compound content, structure, and sensory evaluations of the breads. The fermentation experiments indicated that the effect of adding sugar was greatest on S dough and that H dough required more fermentation time. H bread was softer, had a sweeter flavor, and was the most favorably rated bread according to sensory evaluations. It is suspected that the quality of H bread was positively affected by amylases and proteases present in the leavening agent.

Key words : yeast 酵母, fermentation 発酵, volume 体積, texture property テクスチャー特性, dynamic viscoelasticity 動的粘弾性, scanning electron microscopic 走査型電子顕微鏡

1. 緒 言

パンの発酵種は、穀物、果実などの表面に付着する野生の酵母を穀物粉あるいは果汁などで培養し、菌数を高め、ガス発生力源として製パンに利用するものである。そのため、酵母の増殖と同時に乳酸菌も多く増えることにより、乳酸菌による発酵生成物がパンに特殊な香りや風味を付与する。その一方、種起こしや種継ぎと呼ばれる調製方法が煩雑であるとともに、好ましい微生物相を安定して維持することが難しいといわれる¹⁾。発酵種は、パン市場では俗に天然酵母と呼ばれることがあり、呼称の妥当性については議論がある²⁾。しかし、天然のパン種でつくった健康的なイメージをもつ自然食品を志向する消費者の願望が底流にあり³⁾、天然酵母パンへの消費者の関心は高い²⁾。

天然酵母には、レーズン発酵種、ホップス種、酒種等³⁾⁴⁾がよく知られている。天然酵母は、種づくりの煩雑、不安定というデメリットがある。これを改善し、手軽に使用できる天然酵母が市販されている。市販天然酵

母にはそのまま製パンに利用できる粉末ドライタイプ、種起こしが必要な生種タイプがあり、前者として白神こだま酵母が、後者としてホシノ天然酵母パン種が、パン店をはじめ家庭製パンにおいても幅広く使用されている²⁾⁵⁾。

白神こだま酵母は、1997年に白神山地の腐葉土から発見され秋田県総合食品研究所が分離した野生酵母⁶⁾で、他の酵母よりもトレハロースが4~5倍多く、自然な甘さと保湿成分をパンに与えるので、多くの砂糖や卵、バターなどを使用しなくても、自然な甘さの、やわらかく風味のよいパンを焼くことができるといわれる⁷⁾。また、従来の天然酵母のように種起こしの必要がなく、短時間でパンが焼けるのも特徴の一つである⁶⁾。

ホシノ天然酵母パン種は、1951年に醸造業を営んでいた星野昌が安定性の低い野生酵母のパン種に対して、より簡単に安定した種をつくることのできるスターターとして開発した。日本古来の醸造技術を応用したパン種⁸⁾であるとされ、穀物に付着する酵母菌を取り込み、小麦、麴、水と共に培養して乾燥粉末化した製品である⁵⁾⁸⁾。ホ

所属機関名：¹⁾東京家政大学大学院、²⁾自然派パン工房ぶれっちえる、³⁾東京家政大学タマゴのおいしさ研究所、⁴⁾東京家政大学
Graduate school of Tokyo Kasei University、⁵⁾Natural Bread School Brezel、⁶⁾Tokyo Kasei University and Institute of Food
Science of Egg、⁷⁾Tokyo Kasei University

原稿受付：2021年3月15日 原稿受理：2021年8月31日

* To whom correspondence should be addressed E-mail : brezel.0403@gmail.com

シノ天然酵母パン種でパンを焼く際は、必ず24時間の生種起こしが必要になるため、他の酵母に比べ手間と時間がかかるうえ、パン生地が発酵も長時間となる⁸⁾。それにもかかわらず、この酵母でつくられたパンは、酵母と麴の組み合わせによりイーストとは異なる風味豊かな香りや熟成された旨味が出るといわれる⁴⁾⁵⁾。

これらの酵母について、白神こだま酵母は、学校給食への導入を図るための研究が行われ⁹⁾¹⁰⁾、パンの調製と膨化に関する論文⁶⁾¹¹⁾など数件が報告されている。また、白神こだま酵母は *Saccharomyces cerevisiae* であることが高橋らによって同定された¹²⁾。

一方、ホシノ天然酵母パン種についてはパンづくりの書籍は複数出版され^{13)~15)}、野生酵母との比較として実験されている^{16)~18)}ものの、基礎的研究についてはほとんどなく⁴⁾¹⁹⁾、酵母の菌種なども明らかにされていない。

そこで、本研究では、白神こだま酵母とホシノ天然酵母パン種、対照酵母としてインスタントドライイーストを用いた。これらの酵母を使用したパンを調製し、その品質および食味特性を比較・検討した。その適性を明らかにすることにより、店舗や家庭製パンの現場において合理的な製造かつ品質の向上につながると考える。ドウの動的粘弾性や発酵試験を行い、パンについては比容積、水分含有率、色、テクスチャー、GC/MSによる香気成分を測定した。また、組織観察および官能評価を行い、それぞれの特徴を把握した。

2. 方法

(1) 材料

実験に用いた酵母は、インスタントドライイースト（スーパーカメリヤドライイースト、日清フーズ（株））（以下、D）、白神こだま酵母（白神こだま酵母ドライ、（株）サラ白神）（以下、S）、ホシノ天然酵母パン種（ホシノ天然酵母パン種、（有）ホシノ天然酵母パン種）（以下、H）の3種とした。Hは顆粒の製品（以下、HN）を用いて生種起こしを行い、できあがった液状の生種（以下、HL）を実験に用いた。

各酵母について表示・文献等により概要、材料名、使用方法、発酵時間、香りや味の特徴、製品形状、予備実験より求めた酵母生菌数を、Table1にまとめた。

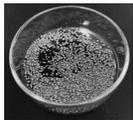
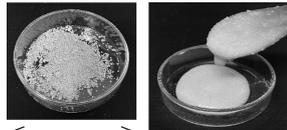
食パンの材料は強力粉（カメリヤ、日清製粉（株））、上白糖（スプーン印、三井製糖（株））、塩（食塩、（公財）塩事業センター）、スキムミルク（北海道スキムミルク、雪印メグミルク（株））、バター（北海道よつ葉バター食塩不使用、よつ葉乳業（株））、蒸留水を用いた。それぞれの酵母を用いたドウ試料およびパン試料をD試料、S試料、H試料とした。

(2) 試料配合と調製方法

1) ドウの動的粘弾性および発酵試験用試料

ドウの動的粘弾性の試料においては、後述する食パン

Table1 3種酵母の概要、材料名、使用方法、発酵時間、香り、味、製品形状、酵母生菌数

酵母名	インスタントドライイースト (D)	白神こだま酵母 (S)	ホシノ天然酵母パン種 (H)
概要	圧搾パン酵母を乾燥。乳化剤を加えるため水に溶けやすく予備発酵が不要 ²⁰⁾ 。	白神山地の腐葉土から発見され秋田県総合食品研究所が分離した野生酵母 ⁶⁾ 。	日本古来の醸造技術を応用し ⁸⁾ 、安定したスターターとして開発されたパン種 ⁴⁾ 。
材料名 ^{#1}	ドライイースト、乳化剤、ビタミンC	酵 母	小麦粉、米、酵母、麴
使用方法	そのまま小麦粉に直接混合 ²⁰⁾	温水で5分溶解が必要 ⁷⁾	28℃、24時間の種起こしが必要 ⁸⁾
発酵時間	短い	短い	長い
香 り	軽くあっさり ²⁰⁾²¹⁾	華やかな甘い香り ⁷⁾	風味豊かな香り ⁴⁾⁵⁾
味	あっさり ²⁰⁾²¹⁾	自然な甘み ⁷⁾	熟成された旨み ⁸⁾
製品形状	顆粒  直径 5.0 cm	顆粒  直径 5.0 cm	顆粒 種起こし後は液状  直径 5.0 cm
酵母生菌数 ^{#2}	1.72×10 ⁸ CFU/g	2.49×10 ⁸ CFU/g	2.40×10 ⁴ CFU/g

#1：材料名は各社製品パッケージによる

#2：酵母生菌数は予備実験により求めた（未発表）

と同様の分量，調製方法で行い，焼成前のドウを用いた。

ドウの発酵試験の試料においては，強力粉 100 g，蒸留水 70 g，砂糖 0 gあるいは 10 gを用いて調製した。酵母 D，S（顆粒）は，いずれも 2 gを用いた。H は HN（顆粒）を用いて生種起こしを行い HL：9.4 gを用いた。HLに含まれている水分含有率は赤外線水分計（（株）ケット科学研究所，水分計 FD-600）を用い，測定条件 110℃，80分で，著者が計測（n=3）した結果，78.6%であった。このことから，H のドウは HLに含まれている水分 7.4 gを調製時の加水量より差し引いた。HL: 9.4 g は HN の 2 gに相当する。ドウの調製方法は，ボール中で材料を混ぜた後，手で100回混捏した。なお，発酵試験には，混捏終了後の生地温度が重要となる²¹⁾。この実験においては，混捏終了後の生地温度が28℃であることを確認した。Sについては，下坂⁶⁾に準じ，あらかじめ分量の蒸留水より取り分けておいた酵母の3倍量の蒸留水（6 g）を35℃に温め，酵母を溶かして5分おいてから⁷⁾酵母以外の材料に加えた。

2) 食パン

食パンの分量は，ホームベーカリー添付の取扱説明書掲載レシピ²²⁾に準じ，Table2に示した。酵母 D，Sは顆粒の状態で計量を行った。Hは，HNを28℃の恒温器（（株）ベルソス，VS-404WH）で24時間保温して生種起こしを行い，できあがった生種 HLを 23.4 g（HN: 5 gに相当）用いた。

食パンの調製は，ホームベーカリー（パナソニック（株），SD-BH1001）を用い，D 試料と S 試料は食パンコース（全工程4時間），H 試料は天然酵母食パンコース（全工程7時間）で行った。各操作の時間については，記載がないことにより，実際にホームベーカリーが動いている時間を測定した。その結果，食パンコースでは，1回目のねり20分，ねかし36分，2回目のねり13分，発酵133分，焼成38分という設定になっていた。天然酵母食パンコースでは，1回目のねり20分，第一次発酵182分，2回目のねり10分，第二次発酵170分，焼成38分であった。

Table2 食パンの配合 (g)

材 料	試 料		
	D	S	H
強力粉	250	250	250
酵 母	5 (顆粒)	5 (顆粒)	23.4 ^{#1} (生種)
上白糖	17	17	17
塩	5	5	5
スキムミルク	6	6	6
バター	10	10	10
蒸留水	180	180	161.6

#1：重量 23.4 g は，HN（顆粒）5 g に相当する。

各酵母の混入方法は，Dは1回目のねり工程終了直後，取扱説明書記載²²⁾のドライイースト投入指定時刻に加えた。Sは下坂⁶⁾に準じ，あらかじめ分量の蒸留水より取り分けておいた酵母の3倍量の蒸留水（15 g）を35℃に温め酵母を溶かして5分おき⁷⁾，1回目のねり工程開始前に加えた。H 試料は，HLを1回目のねり工程開始前に加えた。

(3) 測定方法

1) ドウの動的粘弾性

ドウの動的粘弾性の測定には，前述の食パンの調製における発酵が終了後のドウを用いた。測定機器は，動的粘弾性測定・解析装置（Anton Paar Japan（株），モジュラーコンパクトレオメータ MCR102）を用いた。周波数を 1 Hz に設定し，測定ひずみ範囲は0.01%~100%で，ドウの貯蔵弾性率 G' [Pa] および損失弾性率 G'' [Pa] のひずみ依存測定を行った。ひずみ依存測定の結果から線形領域を求め，いずれの試料も線形性を示すひずみ量であるひずみ0.1%で周波数依存測定を行った。測定条件は，測定センサー：パラレルプレート（ $\phi 25$ mm），測定温度：25℃（ペルチェ式温度コントロール），周波数：10-1~10 Hz，平行平板間隔：1 mmとした^{23)~25)}。

2) ドウの発酵試験

ドウ発酵試験はイースト工業会法²⁶⁾，河野ら¹⁶⁾，峯木ら²⁷⁾に準じた。調製したドウ各 10 mL（10 g）を，プラスチックチューブ（アズワン（株），遠沈管 ECK-50 mL）に入れて，36℃の恒温器（パナソニック（株），MIR-154-PJ）で保管し，10分ごとの体積を測定した。発酵時間は，D，S 試料で120分間，H 試料は予備実験の結果から，HNの酵母生菌数がD，Sよりも少なく発酵が遅いことが明らかだったため240分間とした。

3) 食パンの体積，重量，比容積

食パンは焼成後，室温（25℃）にて1時間放冷し，室温になった状態を確認後，食品用ラップフィルムに包んだ後ジッパーつきポリエチレン袋に入れた状態で保存した。室温（25℃）で12時間保存した試料の体積，重量を，レーザー体積計（（株）アステックス，Selnac-Win VM2100）により測定した。比容積は，パンの体積を重量で除して求めた²⁸⁾。試料は各5個調製し，平均と標準偏差を求めた。

4) 食パンの水分含有率

3)と同様に保存した試料の内相部 5 gを用い，水分含有率を測定した。赤外線水分計（（株）ケット科学研究所，水分計 FD-600）を110℃，80分に設定し，恒量に達したのを確認後，水分含有率とした。試料は各5個調製し，平均と標準偏差を求めた。

5) 食パンの色

3)と同様に保存した試料の外皮上面および内相の色は、分光測色計(コニカミノルタジャパン(株), CM-700d)を用いた。明度(L*値)、色度(a*値・b*値)を測定し、色差(ΔE^*)を次式 $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ より算出した。試料は各5個調製し、外皮上面は中央部と四隅の5点を測定した。内相は試料を縦に切断し、2つの切断面のそれぞれ中央部各1点を測定した。試料は各5個調製し、平均と標準偏差を求めた。

6) 食パンのテクスチャー

3)と同様に保存した試料の内相中央部より2×2×2.5(縦×横×高さ)cmの大きさに切ったものを測定用試料とし、レオメーター((株)山電, RE2-33005C)を用いてテクスチャーを測定した。各試料から3個を切り出し、5回焼成した試料の計15個を測定して、平均と標準偏差を求めた。測定条件は、ロードセル20N、円柱プランジャー直径8mm、測定歪率90%、測定速度10mm/secとした。

7) 食パンの香気成分

酵母の特徴として、S試料は、華やかな甘い香り⁷⁾と紹介され、H試料では風味豊かな香り⁴⁾⁵⁾と書かれている。パンのフレーバーに関する研究は多く、固定されたパンの香気成分は、小麦粉のパンに関する研究報告だけでも1991年までに296種類の化合物が報告されている²⁹⁾³⁰⁾。このことから、パンの香りをGC/MSによって測定した。分析は、(株)味香り戦略研究所に依頼した。

実験に使用した装置はGC/MS(Thermo Fisher Scientific(株), TRACE1310, ISQ QD)を用い、ヘッドスペース固相マイクロ抽出法(Solid Phase Micro Extraction(以下, SPME))と組み合わせた方法³¹⁾³²⁾により、各試料の香気成分を捕集後、成分量を比較分析した。試料の内相部1gをバイアル瓶に入れ、SPMEファイバー(Agilent Technologies Japan(株), DVB/Car/PDMS, 10mm)を挿入し、香気成分を100℃振とう加温、30分間吸着させ、そのファイバーをGC/MS装置に導入した。カラムはTG-WAX MS(Thermo Fisher Scientific(株))60m×内径0.25mm×膜厚0.25 μ mを使用し、測定条件は、キャリアガス(He)250kPa 定圧モード、スプリット比1:5、温度条件5℃/分で40℃から250℃まで昇温した。

8) 食パンの組織観察

3)と同様の試料の内相中央部を1×1×0.3(縦×横×高さ)cmに切り出し、パンの方向性を確認後、そのままの状態を観察試料とした。卓上走査型電子顕微鏡((株)日立ハイテク, TM3030Plus)で断面を加速電圧10kVで観察した。気泡の長径および長短軸比は、画像解析・計測ソフトウェア(三谷商事(株), WinLOOF2015)

で計測した。なお、気泡の長短軸比は、縦の長さ/横の長さで求めた。

9) 食パンの官能評価

食パンの官能評価には、試料の外皮を除いた4.5×3.5×1.5(縦×横×高さ)cmを用いた。分析型官能評価および嗜好型官能評価は、7段階評点法により行った。分析型官能評価の項目は、きめ、内相の色、香り、かたさ、弾力、しっとりの度合い、甘味、油っぽさの8項目とし、評点は、非常に弱い(または粗い、薄い)を1点、どちらでもないを4点、非常に強い(または細かい、濃い)を7点として評価させた。また、嗜好型官能評価は、香りと総合評価について行い、評点は、非常に好ましくないを1点、どちらでもないを4点、非常に好ましいを7点とした。

パネルは、本学学生および教職員20名に協力いただいた。パネルリストの構成は、年齢20~60歳代の女性であった。なお、官能評価については、研究の趣旨を説明し、同意を得た方のみ行い、東京家政大学大学院倫理委員会の承認を得た(R2-7)。また、卵、小麦粉、乳製品にアレルギーのある方には、参加をさせなかった。

(4) 統計処理

各測定データは、平均±標準偏差を求め、IBM SPSS Statistics Ver.24を用い、試料を要因とした一元配置分散分析を行った。官能評価は試料とパネルを要因とした二元配置分散分析を行った。有意差があった場合には、Tukeyの多重比較を行った。有意水準は5%($p < 0.05$)とした。

3. 実験結果および考察

(1) ドウの動的粘弾性

ドウの周波数依存測定による貯蔵弾性率 G' [Pa]および損失弾性率 G'' [Pa]の結果をFig.1, 2に示した。

弾性要素を示す貯蔵弾性率 G' 、粘性要素を示す損失弾性率 G'' において、D試料とS試料は近い値を示した。3試料の中ではH試料が G' 、 G'' ともに値が最も低かった。このことから、H試料のドウはやわらかく、流れやすい性質を持つといえる。これには、H試料の原料に含まれる麴由来のプロテアーゼがグルテンのペプチド鎖を切断し、ドウの粘弾性が低下したものと考えられた²⁴⁾³³⁾³⁴⁾。

周波数0.1Hzの時の力学的損失正接($\tan\delta = G''/G'$)の値を比較すると、D試料が0.66で最も高くなった。S試料は0.54で、H試料は0.55であり、S試料とH試料の値の差は小さかった。D試料は弾性要素に比べて粘性要素の寄与割合が高いといえる。

(2) ドウの発酵試験

砂糖添加の有無により調製したドウの10分ごとの体積の変化を Fig.3 に示した。

パンを製造する際、最終発酵は発酵前生地体積の3～4倍まで膨張させるよう発酵条件を調整する²⁸⁾³⁵⁾とされている。D 試料と H 試料においては砂糖添加の有無にかかわらず、いずれもドウは3倍以上に膨化しており、膨らみのよいパンを製造できることが示唆された。しかし、

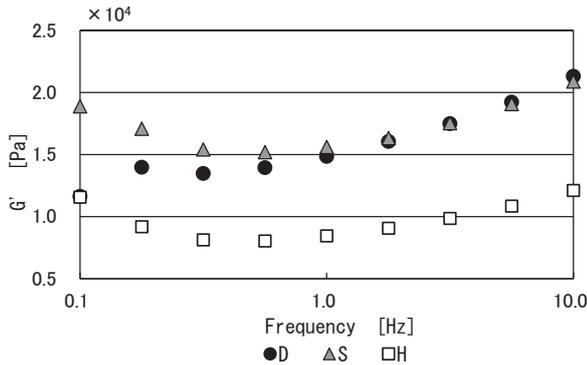


Fig.1 3種酵母がドウの貯蔵弾性率 G' におよぼす影響 (周波数依存)

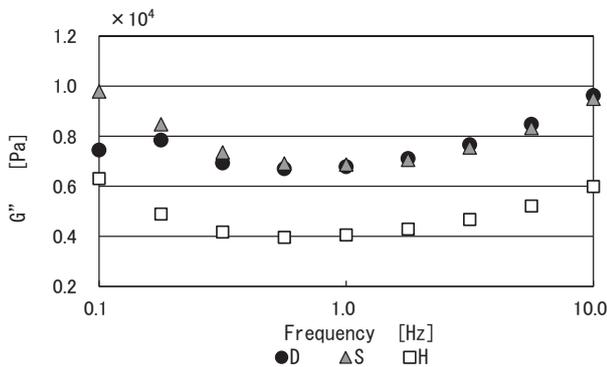


Fig.2 3種酵母がドウの損失弾性率 G'' におよぼす影響 (周波数依存)

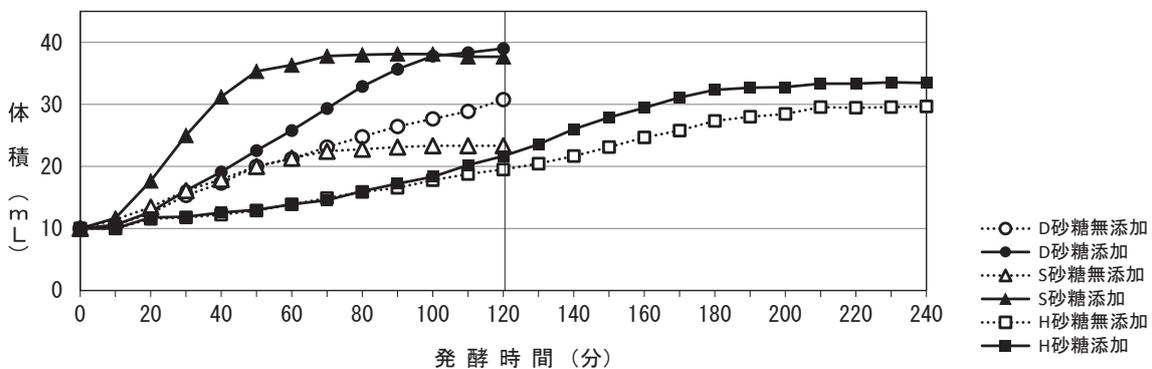


Fig.3 3種酵母のドウの発酵体積の変化

- 1) $n = 3$
- 2) 値は平均値 \pm 標準偏差

S 試料は砂糖添加ドウで3.8倍に膨化したが、砂糖無添加ドウでは2.3倍の体積にとどまり、最も膨化率が低かった。このことは、S を用いた砂糖無添加のパンでは、膨らみが悪く、かたい製品ができることが予想される。

いずれの酵母においても砂糖を添加したドウは無添加ドウに比べ体積の増加が早かったので、各酵母がインベルターゼで二糖であるショ糖を単糖のフルクトースとグルコースに分解し砂糖を栄養源として利用¹⁹⁾したと推察された。D の砂糖添加試料は70分後に3倍の体積となり、120分後には最も体積が大きくなった。特に、S 試料は砂糖添加の影響が大きく、砂糖添加試料で40分後には3倍の体積となり、発酵速度を示す傾きの角度が大きかった。H 試料は、砂糖無添加試料、砂糖添加試料ともに発酵速度を示す傾きの角度が小さく、体積の上昇は緩やかだったが、体積の増加は210分後まで持続し、240分後には砂糖無添加試料で3倍、砂糖添加試料で3.3倍となった。

3種の酵母のうち、特にSは砂糖添加の影響が大きく、発酵が早いため、砂糖を添加したパンを調製する際の発酵時間を他の酵母より短縮できる可能性があると考えられた。H は、砂糖無添加試料と砂糖添加試料との差が小さく、体積の増加が長く持続し、最終的には砂糖無添加試料の体積がD の砂糖無添加試料の体積と同じほど大きくなったため、砂糖無添加のパンにも適性があると考えられた。これは、H は材料に麴を含むため、麴菌が生産したと考えられるアミラーゼ²⁴⁾³⁶⁾によって、ドウ中でのん粉が分解され、生地中の糖を消費し尽くした後も糖が供給され続け、酵母の栄養源になった⁴⁾¹⁹⁾³⁷⁾ためと推察された。

(3) 食パンの外観・断面の観察、体積、重量、比容積、水分含有率

食パンの断面像、体積、重量、比容積および水分含有率を示した (Table3)。

Table3 食パンの断面, 体積, 重量, 比容積, 水分含有率

試料	D	S	H
断面			
体積 (cm ³)	1,944.1±158.2	1,867.2±160.6	1,889.9±110.6
重量 (g)	406.2±12.0	405.8±6.4	412.0±2.3
比容積 (cm ³ /g)	4.80±0.51	4.61±0.47	4.59±0.29
水分含有率 (%)	46.5±0.3 ^a	46.1±0.1 ^a	45.4±0.4 ^b

- 1) n = 5 2) 値は平均値±標準偏差
 3) 符号なし: 各測定項目において各試料間に有意差なし
 4) a, b: 各測定項目間において異符号間に有意差あり (p<0.05)

Table4 酵母の異なる食パンの外皮および内相の色

部位	試料	色相			色差 (ΔE*)	
		L*	a*	b*	D との色差	S との色差
外皮上面	D	69.32±2.28 ^a	9.51±1.53	33.93±2.28	—	—
	S	61.66±1.87 ^b	11.67±1.09	37.62±5.48	8.78	—
	H	65.77±2.40 ^a	11.05±2.10	37.50±2.07	5.31	4.15
内相	D	70.91±2.83 ^b	-1.47±0.07 ^b	9.30±1.66 ^b	—	—
	S	74.32±1.82 ^a	-1.19±0.21 ^a	11.34±1.02 ^a	3.98	—
	H	74.33±2.08 ^a	-1.29±0.13 ^a	9.37±1.35 ^b	3.43	1.97

- 1) n = 5 2) 値は平均値±標準偏差
 3) 符号なし: 各部位ごとの各測定項目間において各試料間に有意差なし
 4) a, b: 各部位ごとの各測定項目間において異符号間に有意差あり (p<0.05)

パンの外観の観察では、外皮において D 試料に比べ S 試料は暗く、赤味・黄色味が強く、H 試料は黄色味が強くみえた。断面の観察では、D 試料、H 試料の気泡が大きく、S 試料は小さな気泡が比較的均一に詰まっていた。断面の色は D 試料に比べ S 試料は明るく、黄色味が強くみえた。

体積、重量および比容積では、3 試料間で有意差はみられなかった。山形食パンの良好な比容積は、3.8前後といわれている²⁸⁾ので、いずれの試料も膨化がよいと判断できる。

水分含有率では、D 試料が H 試料より有意に高かった。

(4) 食パンの色

食パンの色の結果を Table4 に示した。a*値は+側で赤色の度合い、-側で緑色の度合いを表し、b*値は+側で黄色の度合い、-側で青色の度合いを表す。

外皮上面において、L*値(明度)は D 試料と H 試料が S 試料より有意に高かった。a*値、b*値において有意な差は認められなかった。S 試料は L*値が低く、有意差はなかったが a*値、b*値が高く、着色が進んでおり、(3)の外観の観察結果と一致していた。S はトレハロースの含有量が他の酵母の 4~5 倍だといわれている。しかし、S に含まれるトレハロースは微量であり³⁸⁾、アミノ酸やたん白質との共存下で加熱しても褐変を起こしにくい²¹⁾という性質から、色への影響は考えにくい。食パンにおいて標準製品よりも体積が小さくなると焼き色がより濃厚になるといわれている³⁹⁾⁴⁰⁾。3 試料間の体積に有意差はなかったが、S 試料の体積が最も小さかったために着色が進んだと考える。

内相においては、L*値は S 試料と H 試料に差はなく、D 試料より有意に高かった。a*値では、H 試料と S 試料に差はなく、D 試料より高かった。b*値では、S 試料が

最も高く、D 試料と H 試料が低い値を示した。S 試料は D 試料に比べ L^* 値、 a^* 値、 b^* 値が高く、(3) の断面の観察結果と一致していた。

色差では、外皮上面における D 試料との ΔE^* 値を比較すると、S 試料では 8.78 で「much (大いに) (6.0~12.0)」⁴¹⁾ の判定であり、H 試料では 5.31 の「appreciable (めだつほどに) (3.0~6.0)」⁴¹⁾ と異なった判定であった。

内相における ΔE^* 値の D 試料との比較では、S 試料で 3.98、H 試料で 3.43 となり、いずれも「appreciable (めだつほどに)」⁴¹⁾ の判定であった。S 試料と H 試料の ΔE^* 値は 1.97 で、「noticeable (感知せらせるほどに) (1.5~3.0)」⁴¹⁾ と判定された。各酵母で調製した食パンの色は、外皮上面、内相において識別できるほどの色の違いがあることが明らかになった。

(5) 食パンのテクスチャー

食パンのかたさ、凝集性、付着性の結果を示した (Table5)。

かたさでは、S 試料が D 試料と H 試料より有意に高い値であった。凝集性では、D 試料が S 試料と H 試料より有意に高い値を示した。付着性では、S 試料は D 試料より有意に高く、H 試料は中間の値を示したが、D 試料と H 試料には有意差はみられなかった。

王ら⁴²⁾ は食パンのかたさにおいて、ローフ比容積の増加につれてやわらかくなることを報告している。これは、本研究の比容積の高い D 試料のかたさが最も低かったことに対応していた。また、かたさにおいて H 試料は D 試料の次に低い値を示し、凝集性において最も低い値を示した。これは H の材料に含まれる麴由来のプロテアーゼがグルテンのペプチド鎖を切断²⁴⁾³³⁾³⁴⁾ したためと考えられる。

(6) 食パンの香気成分

食パンの 3 試料からは、揮発性香気成分が 64 種類検出された。主な香気成分を Table6 に示した。

D 試料、S 試料、H 試料ともに、最も多く検出されたのは ethanol であったが、揮発性が高いためパン風味への寄与の可能性は低く、むしろ、揮発性の低い他の微量

アルコールのほうがパンの香りとの関係が大きいとされている⁴³⁾。次いで 3 試料に共通して多く検出された 2-phenylethanol は、生地の発酵中に酵母や微生物が生産した物質によるもので、いわゆるフレッシュなパンの香りとして知られている⁴⁴⁾。炊飯米の甘い香りや淹れたたのコーヒーの香りとしても知られている acetaldehyde もパンを焼成する際の特徴香⁴⁴⁾ として 3 試料から検出された。その他、アミノ-カルボニル反応によって生成された⁴⁵⁾ 3-methylbutan-1-ol, 2-methylpropan-1-ol, ethyl decanoate の存在が確認された。

S 試料で特徴的であったのは、他の試料から検出されたアルコールの benzaldehyde、フレッシュなパンの香りの一要因とされるエステル類である 3-methylpentanoic acid, ethyl 4-methylpentanoate、カルボニル化合物であるケトン類の pentadecan-2-one が検出されなかったことである。他方、酢酸の香調を持つ acetic acid, propan-2-one は他 2 試料より多く検出され、3-methylbutanoic acid, 2-methylpropanoic acid は S 試料からのみ検出された。S で調製されたパンは華やかな甘い香り⁵⁾ であると文献で紹介されていた。本研究では、花や果物に関連する香調を示す香気成分が検出された一方、酢酸やケミカル、腐敗した果実などパンとして好ましくない香調を示す香気成分も検出された。

H 試料においては、カルボニル化合物であるケトン類の 3-hydroxybutan-2-one が ethanol に次いで 2 番目に多かった。3-hydroxybutan-2-one はクリーミーな甘さを伴ったバターを想起させる香りといわれており⁴⁶⁾、H で調製されたパンが風味豊かな香り⁴⁵⁾ と評された要因であると考えられた。また、H 試料からは ethyl dodecanoate および 2-phenylacetaldehyde が検出されており、これらは他 2 試料からは検出されなかったことから、H 試料の香りの特徴づける要因であると考えられる。

(7) 食パンの組織観察

食パンの組織構造を示した (Fig.4)。D 試料では、気泡 (ac) が大きく、気泡を囲むグルテンネットワークがしっかりと連続して形成されていた。これは、D 試料において形成された気泡膜が、発酵で発生したガスを漏洩しないように伸張して包み込んでおり⁴⁷⁾、膨化がよかつ

Table5 食パンのかたさ、凝集性、付着性

試料	D	S	H
かたさ ($\times 10^5$ Pa)	1.02 \pm 0.24 ^b	1.87 \pm 0.65 ^a	1.22 \pm 0.18 ^b
凝集性	0.71 \pm 0.03 ^a	0.67 \pm 0.05 ^b	0.65 \pm 0.02 ^b
付着性 ($\times 10^2$ J/m ³)	1.38 \pm 0.51 ^b	3.48 \pm 0.36 ^a	2.66 \pm 0.94 ^{ab}

1) n=15 2) 値は平均値 \pm 標準偏差

3) a, b: 各測定項目間において異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)

Table6 3種酵母で調製したパンの主な香気成分

揮発性香気成分	試料			香調
	D	S	H	
ethanol	2.9×10^8	5.4×10^8	3.4×10^8	アルコール, 花, 熟したリンゴ, 甘い
2-phenylethanol	6.2×10^7	6.1×10^7	4.9×10^7	果物, 蜂蜜, バラ, 甘いリンゴ, ワイン
3-methylbutan-1-ol	4.2×10^7	4.2×10^7	2.3×10^7	バナナ, ココア, フローラル, フーゼル, マニキュア
2-methylpropan-1-ol	1.0×10^7	1.1×10^7	3.1×10^6	りんご, ココア, フーゼル, モルト
ethyl octanoate	1.0×10^7	4.7×10^6	5.0×10^6	アプリコット, バナナ, ブランデー, ナシ, パイナップル
benzaldehyde	9.3×10^6	0	4.1×10^6	杏仁, 焼けた砂糖, チェリー, 麦芽, ローストペッパー
ethyl decanoate	7.0×10^6	2.5×10^6	6.4×10^6	ブランデー, 焼け, ブドウ, ナッツ, ナシ
acetic acid	5.1×10^6	9.2×10^6	4.4×10^6	酢酸, 酢, 刺激的
3-methylpentanoic acid	3.1×10^6	0	0	チーズ, 汗
decanoic acid	1.8×10^6	1.1×10^6	1.6×10^6	ほこり, 脂肪, 草, 嫌悪感, 汗
octanoic acid	1.6×10^6	1.7×10^6	2.3×10^6	酸, チーズ, 脂肪, 酸っぱい, 汗
nonan-2-one	1.6×10^6	8.6×10^5	1.0×10^6	果実, 果物, 緑, ホットミルク, 心地よい
3-hydroxybutan-2-one	1.2×10^6	4.4×10^6	4.9×10^7	バター, クリーム, ピーマン, 嫌悪感, 汗
undecan-2-one	1.1×10^6	1.2×10^6	1.7×10^6	フレッシュ, グリーン, オレンジ, パイナップル, バラ
ethyl 4-methylpentanoate	1.0×10^6	0	0	アニス, 柑橘類, 果実, パイナップル
propan-2-one	3.6×10^5	2.5×10^6	0	ケミカル, 刺激, 除光液, 溶媒
pentadecan-2-one	3.6×10^5	0	4.3×10^5	ハーブ, スパイス
acetaldehyde	8.9×10^4	3.0×10^5	5.7×10^5	エーテル, 花, フルーツ, グリーンアップル, スイート
3-hydroxybutan-2-one	0	0	4.3×10^6	フローラル, フルーツ, グリーンアップル, 葉, ナッツ
2-phenylacetaldehyde	0	0	1.4×10^6	ベリー, ゼラニウム, ハニー, ナッツ, 刺激
3-methylbutanoic acid	0	1.0×10^7	0	チーズ, 糞便, 腐敗した果実, 嫌悪感, 汗
2-methylpropanoic acid	0	1.1×10^7	0	焼け, バター, チーズ, 嫌悪感, 汗

- 1) 分析は, (株) 味香り戦略研究所に依頼した。
- 2) 数値はピーク面積値を示す。

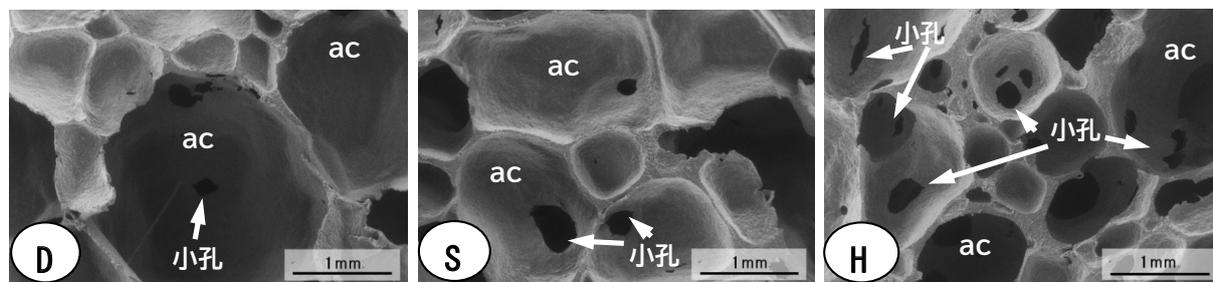


Fig.4 食パン内相のSEM画像

- 1) 試料の内相中央部を $1 \times 1 \times 0.3$ (縦×横×高さ) cm に切り出し, 卓上SEM ((株) 日立ハイテク TM3030Plus) で観察

たことの原因と推察された。S試料は, 気泡の大きさが比較的均一にみえた。H試料は, 小さな気泡が多く, 気泡膜に小孔が他の試料より多く確認できた。Hは材料に麩を含み, 麩由来のプロテアーゼがグルテンのペプチド鎖を切断したため²⁴⁾³³⁾³⁴⁾, グルテンネットワークが形成され難く, 同時に気泡膜にも小孔が生じたものと推察される。動的粘弾性測定の結果でも, Hは弾性率, 粘性率共に低くやわらかいためにグルテン膜が破れやすく小孔を形成したことも考えられる。木村ら⁴⁸⁾⁴⁹⁾による, スポンジケーキの組織構造においては, 本研究で示す気泡を

気孔として表現している。木村らの報告では, 気孔壁に多数の小孔が開いていることによって, 気孔は破壊から免れ, 気孔壁がしなやかさを獲得することが明らかにされている。パンのドウはケーキバターと水分量の差はあるが, いずれも小麦粉による製品であり, グルテンネットワークの形成と加熱膨張が関与している点が共通している。H試料の組織構造で観察された小孔が気泡壁のしなやかさに寄与し, テクスチャー測定でのかたさ, 凝集性の値が低いことに影響を与えた可能性があると考ええる。

各試料の気泡の長径を測定した結果、D 試料が 1.66 ± 1.13 mm, S 試料が 1.09 ± 0.46 mm, H 試料が 0.93 ± 0.41 mm であった。D 試料の長径は、S 試料および H 試料より有意に大きく、S 試料、H 試料間に有意差はなかった。気泡の長短軸比では、D 試料が 1.38 ± 1.47 で最も大きかった。S 試料は 1.25 ± 1.12 , H 試料は 1.27 ± 1.44 で、S 試料および H 試料間に差はなかった ($p < 0.05$)。いずれの酵母を用いたパンも長短軸比は 1.0 以上で、気泡は縦に伸びており、本試料のような山型タイプの食パンの内相の気泡として良好だといえる⁵⁰⁾。

(8) 食パンの官能評価

7段階評点法による分析型官能評価を Fig.5 に示した。きめ、内相の色、香り、弾力、しつとり度合い、油っぼさの項目において 3 試料間で有意な差は識別されなかった。かたさにおいては、D 試料と H 試料が S 試料よりも弱いと識別される傾向にあったが ($p < 0.1$)、これは、テクスチャー測定の結果とも一致しており、組織の観察で D 試料は気泡が大きく膨化がよかったためと考えられる⁴²⁾。H 試料は製品に含まれる麴由来のプロテアーゼによりグルテンのペプチド鎖が切断され、口どけがよくなったためと考えられる¹⁹⁾²⁴⁾³³⁾³⁴⁾。また、麴によって生成されたアミラーゼにもパンをやわらかくする作用があることが先行研究によっても明らかになっており⁴⁷⁾⁵¹⁾⁵²⁾、本研究でもこの作用に対応する結果となったと推察される。甘味においては、H 試料が有意に高い値

を示し、D 試料は低い値を示した。S 試料は中間の値を示し、他 2 試料と差がなかった。H 試料は製品に含まれる麴由来のアミラーゼの作用によって、生地中の損傷でん粉がデキストリンや麦芽糖へと液化、糖化された⁵³⁾⁵⁴⁾ため、甘味が強いと識別されたと考える。

7段階評点法による嗜好型官能評価では、総合評価のほか、S 試料、H 試料は香りも特徴的であることから、香りの評価も行った。香りの嗜好において、H 試料が 4.6 ± 1.2 で有意に高く、S 試料は 3.8 ± 1.1 で低い値を示した。このことは香气成分の測定で、パンとして好ましくない香气成分が検出されたことが影響していると考ええる。D 試料は 4.1 ± 1.2 で中間の値を示し、他 2 試料と差がなかった。H 試料、D 試料は「どちらでもない」の 4 点以上の評価を得ており、好まれる製品であると評価されたが、S 試料は 4 点未満で「どちらでもない」～「好ましくない」の間の評点であった。熊谷ら⁹⁾による S を用いて調製した学校給食用パンのモニタリング調査でも、パンの甘味や食感は好意的な評価を得たが、62.0%のモニター（学校職員、n=179）が「匂いは特に良いとも悪いとも思わなかった」と回答していた。この結果からも嗜好性を左右するほどの香りの特徴はないといえる。

総合評価では、D 試料は 4.4 ± 1.3 , S 試料は 4.4 ± 1.4 , H 試料は 4.6 ± 1.2 で有意差はなかった。いずれの試料も「どちらでもない」の 4 点以上の評価を得ており、好まれる製品であると評価された。

5. 結論

白神こだま酵母、ホシノ天然酵母パン種および対照酵母としてインスタントドライイーストを用いて食パンを調製し、パンの品質および食味特性を比較・検討した。3種の酵母を使用したドウの動的粘弾性測定、砂糖の有無によるドウ発酵試験を行い、調製したパンの断面の観察、重量、体積、水分含有率、色、テクスチャー、香气成分を測定し、組織構造を観察した。また、官能評価による食味特性を検討した。

その結果、各酵母を用いて調製した食パンには各測定項目において違いがみられた。ドウの動的粘弾性では、ドライイースト試料は弾性要素に比べて粘性要素の寄与割合が高く、ホシノ天然酵母パン種試料はやわらかく流れやすい性質を持っていた。発酵試験では、白神こだま酵母で調製したドウは砂糖添加の影響が大きく、砂糖を添加したパンでは発酵時間を短くできる可能性があることと推察された。ホシノ天然酵母パン種は、砂糖無添加試料と砂糖添加試料との差が少なく、砂糖無添加のパンにも適性があることが示唆された。食パンでは 3 試料の体積に差はなかったが、白神こだま酵母を用いて調製したパンは、外皮の着色が濃く、かたく、凝集性が低く、官能

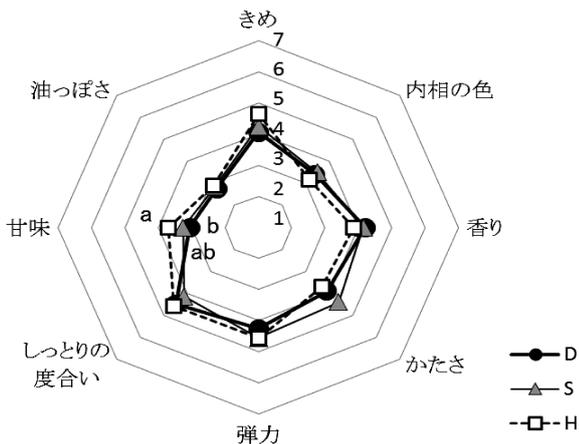


Fig.5 食パンの 7 段階評点法による分析型官能評価

- 1) n=20 2) 値は平均±標準偏差
- 3) 評点：1：非常に弱い（粗い，薄い）～7：非常に強い（細かい，濃い）
- 4) 符号なし：各項目間において各試料間に有意差なし
- 5) a, b：各項目間において異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)
- 6) 試料はパンの内相部より $4.5 \times 3.5 \times 1.5$ (縦×横×高さ) cm に切り出したものを使用した

評価では香りの嗜好において他2試料に比べ評価が低かった。しかし、総合評価においては好まれた。ホシノ天然酵母パン種を用いて調製したパンは、やわらかく、凝集性が低く、官能評価では甘味があり、香りおよび総合評価において好まれた。ホシノ天然酵母パン種に含まれている麹由来のアミラーゼ、プロテアーゼがパンの品質に影響を与えていることが推察された。

同一生菌数に揃えて食パンを調製した結果は、次の論文で示す予定である。

謝 辞

酵母の予備実験を行うにあたり、東京家政大学家政学部環境教育学科藤森文啓教授の指導を受けました。ここに深く感謝いたします。

文 献

- 井上好文. “4. 各種製パン法”. パン入門. 改訂版. 日本食糧新聞社, 2016, 90-133.
- 井上好文. 天然酵母表示問題に関する見解. 製パン技術資料. 2007, No. 660.
- 阿古真理. “第2章 歴史を変えたパン焼き人たち”. なぜ日本のフランスパンは世界一になったのか. NHK出版, 2016, 26-95.
- 井上好文. ホシノ天然酵母パン種に関する研究レポート. 製パン技術資料. 2015, No. 815.
- 安藤慎一. ホシノ天然酵母パン種について. Pain. 2015, Vol. 734, 4-6.
- 下坂智恵. 白神こだま酵母を用いたパンの調製と膨化に関する研究. 日本調理科学会誌. 2011, Vol. 44, 223-230.
- 大塚せつ子. 白神こだま酵母でパンを焼く. 農山漁村文化協会, 2002.
- (有)ホシノ天然酵母パン種. おいしいパンづくりのサポート ホシノ天然酵母パン種 使用マニュアル. (有)ホシノ天然酵母パン種, 2006.
- 熊谷昌則, 高橋慶太郎, 高橋砂織. 白神こだま酵母の学校給食用パンへの応用. 秋田県総合研究所報告. 2001, No. 3, 57-63.
- 熊谷昌則, 高橋慶太郎, 高橋砂織. 学校給食用白神パンの品質に関する研究 白神こだま酵母の学校給食用パンへの利用 第2報. 秋田県総合研究所報告. 2002, No. 4, 62-65.
- 下坂智恵. 白神こだま酵母パン生地 of の捏ね上げ温度に関する研究. 大妻女子大学家政系研究紀要. 2011, Vol. 47, 99-103.
- 高橋慶太郎, 高橋砂織. 白神山地より分離した酵母(白神こだま酵母)の特性解明とその製パンへの利用. 食品の試験と研究. 2002, Vol. 37, 42-45.
- 深本恭正, 深本和美. ホシノ天然酵母の焼きたてパン
- LESSON. 白夜書房, 2005.
- 上田まり子. ホシノ天然酵母のホームベーカリー・パンレシピ. マーブルトロン, 2010.
- 福王寺明. 天然酵母パンの技術教本. 旭屋出版, 2008.
- 河野勇人, 小林東夫. 食品製造用酵母の自然界からの分離. 岡山県工業技術センター報告. 2001, Vol. 28, 49-50.
- 川野篤子, 甲斐達男, 竜口和恵. レーズンより単離した酵母の同定および製パン特性. 西南女学院大学紀要. 2010, Vol. 14, 77-83.
- 加島敬太, 岡ノ谷侑輝, 江面有章, 上田誠. 小山市原産の思川桜から単離した *S.cerevisiae* の製パン特性の評価. 小山工業高等専門学校研究紀要. 2018, Vol. 51, 66-70.
- 井上好文. ホシノ天然酵母パン種に関する研究レポート2. 製パン技術資料. 2016, No. 828.
- たまご社. パンの事典. 旭屋出版, 2007.
- 井上好文. “5. 主要なパン材料”. パン入門. 改訂版. 日本食糧新聞社, 2016, 134-161.
- パナソニック(株). ホームベーカリー(家庭用)品番SD-BH1001(1斤タイプ)取扱説明書. パナソニック(株), 2015.
- 喜多記子, 辻沙織, 大倉洋代, 長尾慶子. スペルト小麦ベークルパンの普通小麦の代替適性の検討. 家政誌. 2009, Vol. 60, 997-1003.
- 赤石(喜多)記子, 五月女まりえ, 小林愛美, 山下美恵, 長尾慶子. スペルト小麦パンの物性・機能性・嗜好性に及ぼす各種発酵液添加の影響. 日本調理科学会誌. 2011, Vol. 44, 153-162.
- 岩瀬祥一, 三浦靖, 小林昭一. 2次発酵条件を変化させたパン生地の物性と製パン特性との関連. 日本レオロジー学会誌. 2006, Vol. 34, 147-156.
- 日本イースト工業会. パン用酵母試験法. 日本イースト工業会, 1996.
- 峯木真知子, 田中隆介, 田中友香里, 西念幸江, 五百藏良, 庄司善哉. 泡あり・泡なし清酒酵母の違いが食パンの構造およびおいしさに与える影響. 日本官能評価学会誌. 2011, Vol. 15, 98-106.
- 竹谷光司. “製パン工程編”. 新しい製パン基礎知識. 再改訂版. パンニュース社, 2009, 100-165.
- 中江利昭. “11. フレーバー”. パン化学ノート. 改訂版. パンニュース社, 2004, 149-173.
- 中西正展. 食パンのクラスト形成に伴う表面色と香气成分の変化特性に関する研究. 東京大学農学生命科学研究科博士論文. 2011.
- 金房純代. 固相マイクロ抽出(Solid Phase Micro Extraction: SPME). 日本食品科学工学会誌. 2018, Vol. 65, 215.
- Kettrup, A. Gas chromatographic headspace analysis: its theory and applications. Trends in Analytical Chemistry.

- 1982, Vol. 1, 142-145.
- 33) 光永俊郎. 小麦のプロテアーゼについて. 食物学会誌. 1985, Vol. 40, 12-26.
- 34) 佐藤友太郎, 岡田経子, 渡辺修. 製パンにおけるプロテアーゼの利用に関する研究 第一報. 日本食品工業学会誌. 1962, Vol. 9, 326-331.
- 35) 瀬見井純. 自然界から分離した酵母の培養・保持方法の検討. あいち産業科学技術総合センター研究報告. 2017, No. 6, 66-69.
- 36) 小泉武夫. 麴カビと麴の話. 第4版. 光琳, 2001.
- 37) 嶋田昇二. パン酵母の微生物学の進歩 (その1). 日本醸造協会雑誌. 1987, Vol. 82, 807-811.
- 38) 吉川ユミ, 永田和久, 松本幹治, 大矢晴彦. パン酵母からのトレハロースの抽出. 化学工学論文集. 1991, Vol. 17, 601-606.
- 39) 山本剛史. 製パンの基本の確認と試作実験 PART2 より特徴のある製品作りを目指す 42 ハードトースト (25) 試作実験まとめ 1. 製菓製パン. 2016, Vol. 11, 248-257.
- 40) 山本剛史. 製パンの基本の確認と試作実験 PART2 より特徴のある製品作りを目指す 42 ハードトースト (26) 試作実験まとめ 2. 製菓製パン. 2016, Vol. 12, 244-251.
- 41) 木村友子. “3. 物理的評価法”. 日本フードスペシャリスト協会編. 食品の官能評価・鑑別演習. 建帛社, 1999, 69-94.
- 42) 王益平, 森嶋博, 瀬尾康久, 相良泰行, 芋生憲司. 食パンのレオロジーに関する基礎的研究 第2報 かたさおよび製パン条件の影響. 農業機械学会誌. 1992, Vol. 54, 75-82.
- 43) オリエンタル酵母工業. パン酵母. 製パン技術資料. 2015, No. 398.
- 44) 瀬口正晴, 松本博. “第6章 パンの焼成”. 製パンプロセスの科学. 田中康夫, 松本博編. 光琳, 1991, 189-223.
- 45) 高橋英史, 稲田有美子. パンの短時間焼成法 出来立てのパンの香りで食欲増進. 東洋食品研究所研究報告書. 2014, Vol. 30, 79-85.
- 46) 江本英司. 乳酸菌が生み出す香気とその活用. 日本乳酸菌学会誌. 2013, Vol. 24, 71-78.
- 47) 松本博, 団野源一. “第3章 パン生地 of 熟成と生地改良”. 製パンプロセスの科学. 田中康夫, 松本博編. 光琳, 1991, 63-98.
- 48) 木村利昭, 藤井淑子, 和田淑子. “第3章 小麦粉製品”. 食品・調理・加工の組織学. 学窓社, 1999, 21-48.
- 49) 楠瀬千春, 藤井淑子. スポンジケーキ組織のレオロジー特性 澱粉粒と気泡の相互作用. 日本バイオレオロジー学会誌. 2006, Vol. 20, No. 2, 20-31.
- 50) 山本剛史. 製パンの基本の確認と試作実験 PART2 より特徴のある製品作りを目指す 18 ハードトースト (1) ハードトーストの製法. 製菓製パン. 2014, Vol. 11, 231-238.
- 51) 久保さつき, 水谷令子. 製パンへの酵素の利用. 鈴鹿短期大学紀要. 1994, Vol. 14, 11-19.
- 52) 高橋智子, 増田邦子, 勝瀬梨沙, 吉田美咲, 大越ひろ. α -アミラーゼ添加がパンの物性的特性と咀嚼性に及ぼす影響. 日本摂食嚥下リハビリテーション学会誌. 2019, Vol. 23, 171-179.
- 53) 竹谷光司. “製パン原材料編”. 新しい製パン基礎知識. 再改訂版. パンニュース社, 2009, 14-98.
- 54) 前田茂. “第7章 イーストフード”. 製パン材料の科学. 田中康夫, 松本博編. 光琳, 1992, 189-207.

酵母の違いがパンの品質に与える影響

山田 密穂^{1,2*}, 小泉 昌子³, 赤石 記子⁴, 峯木眞知子³

天然酵母パンについては、広く知られている白神こだま酵母（以下、S）、ホシノ天然酵母パン種（以下、H）があるが、それらについての基礎的な研究は少ない。本研究では、これら2種と対照酵母としてインスタントドライイースト（以下、D）を用いて食パンを調製し、パンの品質および食味特性を比較・検討し、食パンに与える酵母の影響と特性を明らかにすることを目的にした。3種の酵母を使用したドウの動的粘弾性測定、砂糖の有無によるドウ発酵試験を行った。3種の酵母で調製したパンは、その断面や組織構造を観察し、重量、体積、水分含有率、色、テクスチャー、香气成分を測定し、組織構造を観察した。また、官能評価による食味特性および嗜好を検討した。その結果、各酵母を用いて調製したドウでは、動的粘弾性試験においてH試料は流れやすい性質を持ち、D試料は弾性要素に比べ粘性要素の寄与割合が高いことが示された。発酵試験ではSのドウは砂糖添加の影響が大きく、Hは砂糖無添加試料の膨化がよかった。パンでは3試料の体積に差はなかったが、Hを用いて調製したパンは、やわらかく、凝集性が低く、官能評価では甘味があり、香りおよび総合評価において好まれた。H製品に含まれている麴由来のアミラーゼ、プロテアーゼがパンの品質に影響を与えていることが推察された。