# 醤油もろみから分離した酵母 Zygosaccharomyces rouxiiの製パンへの利用

渡邊幾子<sup>1\*</sup>,吉野舞香<sup>2</sup>,森本亮祐<sup>2</sup>,岡崎貴世<sup>2</sup> (令和4年2月17日受理)

Bread prepared with *Zygosaccharomyces rouxii* isolated from soy sauce mash as baker's yeast

Ikuko Watanabe<sup>1\*</sup>, Maika Yoshino<sup>2</sup>, Ryosuke Morimoto<sup>2</sup>, Kiyo Okazaki<sup>2</sup>

# Summary

The yeast, Zygosaccharomyces rouxii was isolated and identified from the soy sauce mash from a brewery in Tokushima Prefecture. Z. rouxii grew optimally at 30°C and showed high salt and sugar (glucose) tolerances. In addition, it was found that isolated yeast could utilize glucose, fructose and honey as fermentation substrates, but hardly saccharose and maltose. In the fermentation test of dough, the expansion rate of the honey-containing dough was high, therefore honey was used in the bread baking test. The specific volume of bread (using honey) prepared with Z. rouxii was significantly smaller than that (using sugar) with commercially available yeast, Shirakami-Kodama (p<0.01). The water content (%) was higher than that of commercial bread, it was thought to be due to home bakery use. The bread prepared with Z. rouxii had significantly lower cohesiveness and higher adhesion than the bread with Shirakami-Kodama yeast (p<0.05).

*Key words*: *Zygosaccharomyces rouxii*, isolated yeast, soy sauce mash, bread, food characteristics

要旨:徳島県内醸造所の醤油もろみから酵母 Zygosaccharomyces rouxiiを分離し、同定した。Z. rouxii の最適生育温度は 30℃であり、高い耐塩性と耐糖性を示した。また分離酵母は、グルコース、フルクト ースおよびはちみつを発酵基質として利用できるが、サッカロースとマルトースはほとんど利用できな いことが見出された。ドウ膨張試験で、はちみつを含むドウの膨張率が高かったため、製パンにはは ちみつを使用することにした。Z. rouxiiで調製したパン(はちみつを使用)の比容積は、市販酵母の白 神こだまで調製したパン(砂糖を使用)よりも有意に小さかった(p<0.01)。水分量(%)は市販のパン よりも高かったが、ホームベーカリー使用の影響と思われた。Z. rouxii で調製したパンは、白神こだま 酵母で調製したパンよりも凝集性が有意に低く、付着性が高かった(p<0.05)。

キーワード: Zygosaccharomyces rouxii, 分離酵母, 醤油もろみ, パン, 食品特性

\*連絡責任者:別刷資料請求先(corresponding author, E-mail: ikuko-watanabe@shikoku-u.ac.jp) 四国大学短期大学部(771-1192 徳島市応神町古川字戎子野 123-1) Shikoku University, Junior College Division, Department of Science for human Health, 123-1 Ebisuno, Furukawa, Ojin-cho, Tokushima, 771-1192, Japan <sup>1</sup>四国大学短期大学部人間健康科食物栄養専攻,<sup>2</sup>四国大学生活科学部管理栄養士養成課程

### 緒言

日本には清酒、味噌、醤油など伝統発酵食品 があり、麹菌、酵母、乳酸菌など多種多様な微生 物が製造に関与している。発酵に関与する微生 物は、発酵食品の製造と品質に大きく影響し、発 酵基質中で増殖・生育する過程で代謝産物を産 生して発酵を進行させ、共存あるいは製造工程で 混入する雑菌の増殖を抑制することがある。パン の 製造には、 主に パン 酵母 (*Saccharomyces* cerevisiae)が利用されている。小麦粉、糖、水等 を混捏した生地(ドウ)の中で酵母がアルコール 発酵する過程で発生する炭酸ガスによりドウが膨 張し、独特な風味をパンに付与する。利用する酵 母の種類によって発酵力に違いがあり、同じ Saccharomyces 属を使用しても異なるパンが製造 される。近年、自然界から製パンに適する酵母を 分離し、消費者の嗜好性に合わせ、他種との差 別化を図り、地域ブランド向上を目的に特色ある パンの開発が進められている。これまでに、海洋、 果実や花、土壌、その他自然界から各種酵母を 分離し、その発酵特性が研究されている 1-7)。また 他の発酵食品に利用される醸造用酵母の利用も 検討されている 8,9)。

本研究では、徳島県内醸造所の醤油もろみか ら分離した酵母Zygosaccharomyces rouxii (以下、 Z. rouxilを用いた。Z. rouxilは、醤油や味噌など の製造工程中でよく見出される酵母10)で、アルコ ールなど有用成分を増強した高品質な醤油等の 製造に添加されている。しかし、分離元の醸造所 では添加醸造しておらず、自然に増殖した酵母と 考えられる。一般に醤油もろみは塩分濃度が 18%程度と高く、また窒素含有量も高いため、発 酵に関与する酵母は自然界から分離される酵母 や清酒・ワイン醸造で用いられる酵母とは異なる 性質を有すると考えられる。そこで、Z. rouxiiの生 育特性や耐塩性・耐糖性の測定を行い、将来的 に糖度の高い菓子パン等への応用が可能か確認 するとともに、試作食パンの評価を行って製パン への可能性を検討することにした。

### 実験方法

#### 4. 供試菌と培養

供試菌として、2019 年に徳島県阿波市の醸造 所の醤油もろみから分離し、DNA 塩基配列により 同定した酵母 Z. rouxiiを用いた。Z. rouxiiは、YM 寒天培地(酵母エキス 0.3%、ペプトン 0.5%、麦 芽エキス0.3%、グルコース1.0%、寒天1.5%)で、 30℃、72 時間前培養を行った。なお、酵母エキス、 ポリペプトン、麦芽エキスは日本 BD 社、グルコー スは富士フイルム和光純薬株式会社、寒天は国 産化学株式会社の製品をそれぞれ用いた。YM 寒天平板上に生育したコロニーを滅菌生理食塩 水に懸濁し、660nm における OD (Optical Density)値を 0.1~0.001 に調整して以後の測定 に用いた。なお、OD<sub>660</sub>=0.1 の懸濁液の菌濃度 は、1.1×10<sup>5</sup>cfu/mL であった。

#### 2. 最適生育温度の測定

Z. rouxii の懸濁液(OD<sub>660</sub>=0.001)0.3mL を YM 液体培地 30mL に添加し、5、15、25、30 または 35℃で静置培養を行った。各培養液の OD<sub>660</sub> 値を 1 日ごとに測定し、OD<sub>660</sub> 値の上昇から最適生育 温度を決定した。

#### 3. 耐塩性および耐糖性の測定

耐塩性の測定は、*Z. rouxii*の懸濁液 (OD<sub>660</sub>=0.001)0.3mLを0、2.5、6、8 または10% NaCl含有YM液体培地30mLに添加し、30℃で 静置培養を行った。各培養液のOD<sub>660</sub>値を1日ご とに測定した。耐糖性の測定は、10、20、30、40ま たは60%グルコース含有YM液体培地を用いて 同様に行った。

#### 4. 糖資化性およびドウ膨張試験

製パンへの応用を検討するため、Z. rouxiiの糖 資化性を測定した。なお、糖はパンに使用するこ とを想定し、ブドウ糖(グルコース)、果糖(フルクト ース)、砂糖(サッカロース)、麦芽糖(マルトース)、 はちみつを検討した。

Z. rouxii の懸濁液(OD<sub>660</sub>=0.1)0.3mL を 10% YPD 培地(糖 10%、ペプトン 2%、酵母エキス 1%)30mL に加え、30℃で培養を行った。なお、 YPD 培地調製に使用した糖は、グルコース、フル クトース(日新製糖株式会社)、サッカロース(富士 フイルム和光純薬)、マルトース(富士フイルム和 光純薬)、はちみつ(サクラ印「レンゲのハチミツ」、 株式会社加藤美蜂園本舗)である。各培養液の OD<sub>660</sub> 値を 1 日ごとに測定し、糖資化性を評価し た。

また、各種糖を添加あるいは無添加のドウ膨張 試験を実施した。ドウは、表1に示す強力粉3.5g、 糖0.35g、生イースト0.3g、水3.5gで調製した。糖 はグルコース、フルクトース、サッカロース、はち みつを用いた。本試験に用いる *Z. rouxii* は YM 寒天平板で生育したコロニーを3 白金耳ずつ 10%YPD液体培地(グルコース使用)300mL、4本 に植菌し、30℃で3日間培養を行った。培養液を 3,000rpm、5℃、10分間で遠心分離を行って集菌 し、滅菌水で3回洗浄後、湿重量を測定して生イ ーストとして使用した。ドウの材料を50mL 容遠沈 管内でよく混捏した後、遠沈管の目盛から容積 (mL)を読み、30℃で4時間培養を行った。再びド ウの容積を読み、培養開始時の容積との比から 膨張比を算出した。

#### 5. 製パン試験

食パンの製造には、表1に示した原材料を用い

た。Z. rouxii を用いた食パンの材料配合割合を 表2に示す。生イーストは、ドウ発酵試験と同様に 10%YPD 液体培地(グルコース使用)を用いて大 量に調整した。また比較として、市販の天然酵母 (白神こだま酵母ドライ、株式会社サラ秋田白神) を用いた。白神こだま酵母を用いた食パンの材料 配合割合を表3に示す。

製パンはホームベーカリー (Panasonic SD-BMS151)を用いた。*Z. rouxii* は元種を調製し、 30℃で4時間発酵させた後、ホームベーカリーの 「天然酵母食パンコース」、7 時間で焼成した。白 神こだま酵母はストレート法で、「ドライイースト食 パンのコース」、4 時間 20 分で焼成した。

材料	種 類	製造·加工会社
強力粉	国産小麦粉(北海道産)「春よ恋」 (たんぱく質 11.5%)	株式会社富澤商店
塩	「なるとの塩」	鳴門塩業株式会社
はちみつ	サクラ印「レンゲのハチミツ」	株式会社加藤美蜂園本舗
砂糖	スプーン印 上白糖	三井製糖株式会社
バター	食塩不使用 雪印北海道無塩バター	雪印乳業株式会社
水	ナチュラルミネラルウォーター	サントリープロダクツ株式会社
	「奥大山の天然水」硬度約 20mg/L(軟水)	9019 9 LY99 体式五任

表1. 食パンの原材料

表 2. Z. rouxii で作る食パン1 斤分の材料配合割合と使用量

材料	比率(%)	使用全量(g)	元種使用量(g)	
強力粉	100	280	140	
生イースト	2.1	6	6	
塩	1.0	2.8	-	
糖 5%(10%)	5.0 (10.0)	14 (28)	7 (14)	
バター	5.0	14	—	
水	64.3	180	140	
$\frac{1}{2}$				

強力粉 100 とした時の割合で示した(ベーカーズ%)

表 3. 白神こだま酵母で作る食パン1斤分の材料配合割合と使用量

材料	比率(%)	使用全量(g)
強力粉	100	280
ドライイースト	1.8	5
塩	1.0	2.8
糖 5%	5.0	14
バター	5.0	14
水	64.3	180
		5 0- ( )

強力粉 100 とした時の割合で示した(ベーカーズ%)

6. 試作食パンの評価

# (1) 比容積測定

焼成した食パンは、パンの中心温度が室温 (25℃)になるまで放冷し(約1時間)、プラスチッ クフィルムで包装して、25℃で24時間保存した。 その後、菜種置換法<sup>11)</sup>による体積(cm<sup>3</sup>)の測定を 行った。比容積は、パンの体積(cm<sup>3</sup>)/焼成後の パンの重量(g)で算出した。

### (2) 水分量測定

試作食パンを垂直に厚さ 15mm でカットし、周 囲を 10mm 切り除いた内層(以下、クラム)の中央 部分約 5g を水分測定用試料とした。水分量は電 子式水分計(MOC-120H、島津製作所)を用いて、 乾燥減量法(105℃)で測定した。

#### (3) 色調測定

水分測定用試料と同様にカットしたクラム(厚さ 15mm、大きさ約 30mm×30mm)と、パンの外側 (以下、クラスト)の頂点と側面部の計 3 ヶ所の色 調を、L\*a\*b\*表色系で評価した。測定は測色色差 計 Color meter ZE6000(日本電色工業株式会社) を用いて、パン1個あたり3ヶ所をそれぞれ5回の 測定を行った。また測定値から $\Delta$ E\*ab(色差) =  ${(\Delta L^{*})^{2}+(\Delta a^{*})^{2}+(\Delta b^{*})^{2}}^{1/2}$ を算出した。色差の 程度は、0~0.5:trace(きわめてわずかに異なる)、 0.5~1.5:slight(わずかに異なる)、1.5~3.0: noticeable(感知し得るほどに異なる)、3.0~6.0: appreciable(著しく異なる)、6.0~12.0:much(きわ めて著しく異なる)、12.0 以上:very much(別の色 系統になる)と評価される<sup>12)</sup>。

### (4) 物性の測定

厚さ15mm、大きさ約30mm×30mmにカットした クラムを物性測定用試料とし、クリープメーター (RHEONER II CREEPMETER RE2-33005C、株 式会社山電)によりテクスチャーの測定を行った。 測定条件は、ロードセル 20N、測定速度 1.0mm/sec、測定歪率75%、プランジャーは8mm φ円筒形を使用した。パン1個あたり5回の測定 を行った。

### 7. 統計解析

試作食パンの測定データは、平均値±標準偏 差を算出し、一元配置分散分析後に水準間の差 を、多重比較(Tukey 法)を用いて、有意差検定を 行った。

#### 実験結果および考察

1. Z. rouxiiの最適生育温度

図1に見られるとおり、Z. rouxiiは25℃と30℃ において良好な増殖を示した。15℃と35℃にお いても増殖が見られたが、増殖速度および増殖 量から、生育温度として適していないと考えられ た。また5℃では培養7日まで増殖が認められな かった。以上の結果から、Z. rouxiiの最適生育温 度は25℃もしくは30℃であると示唆されたが、本 研究においては増殖の速い30℃で培養を行うこ ととした。

# 2. Z. rouxiiの耐塩性および耐糖性

Z. rouxilは2.5%NaCl添加YM培地で培養4日目 に、6%NaCl添加培地で8日目に増殖が確認され た(図2)。また8%NaCl添加培地においても増殖 が認められた。微生物の耐塩性は「2%以下の食 塩濃度培地で生育良好であり、2%以上でも生育 できる性質」と定義<sup>13)</sup>されている。Z. rouxilは、 NaClを含まないYM培地で良好な増殖を示してい ることから、高い耐塩性を有していると考えられた。 耐糖性に関しても、図3に見られるとおり10~40% グルコース添加培地で良好な増殖し、さらに60% 添加培地でも培養4日目に増殖が確認され、高い 耐糖性を有することが示唆された。

### 3. Z. rouxiiの糖資化性およびドウ膨張性

図4に見られるとおり、Z. rouxiiはグルコース、 フルクトース、はちみつに含まれる糖類を発酵基 質として利用することができるが、マルトースとサ ッカロースは主な発酵基質として利用できないこ とがわかった。

同様に、ドウの膨張に及ぼす糖の影響を測定 した結果、培養4時間後の膨張比はフルクトース が最も大きく(3.60)、グルコースとはちみつは、ほ ぼ同値で、いずれもよく膨らみ、Z. rouxiiの糖資 化性の測定結果と一致した(図5)。しかし糖資化 性の低かったサッカロースと無添加のドウにおい ても、一定の膨張が認められた。これは小麦粉中 に内在する微量の発酵性糖<sup>14)</sup>による膨張と考えら れた。以上の結果より、Z. rouxiiを用いた製パン にはグルコース、フルクトース、はちみつが使用 可能であるが、食パンに付与できる甘味度や消 費者にとっての汎用性を考慮すると、はちみつが 最も適していると考えられた。





表4. 製パンに使用する酵母、糖および製パン方法

試料	酵母	糖の種類と濃度	製や法
А	Z. rouxii	はちみつ5%	中種法
В	Z. rouxii	はちみつ10%	中種法
С	白神にだま	はちみつ5%	ストレート法
D	白神にだま	砂糖5%	ストレート法

#### 4. Z. rouxiiの製パンへの利用の検討

Z. rouxiiの糖資化性およびドウ膨張試験の結果 から、製パンにははちみつを使用し、中種法で試 作することとした(表4)。比較として、白神こだま酵 母を用いて、はちみつまたは砂糖を使用した食 パンを焼成した。試作した食パンを図6に示す。

# (1) 比容積

試作食パン A~D の比容積は、2.7~3.1 になった(表 5)。一般に好ましいとされる角型食パンの比容積は 3.8~4.2 で、山形食パンは 4.0~4.5 である <sup>15</sup>ことから、試作食パンの比容積は全体的に小さな数値となった。植田はホームベーカリーで焼成した食パンは市販食パンと比較して比容積が小さくなることを報告している<sup>16</sup>。このことから、ホームベーカリー使用がパンの比容積に影響したと考えられた。また、*Z. rouxii*で作成した試料 A と B を比較すると、Bの比容積は若干大きく、製パンに用いたはちみつの量が影響したと考えられた。一般に、製パンに使用する糖の量はパン生地の膨張等に影響を与える<sup>17</sup>ことから、試作食パンでも同様な結果をもたらしたと考えられた。

### (2) 水分量

試作食パン A~D の水分量を表 6 に示す。一 般的な食パンの水分量は 39% であるが<sup>18</sup>、A~D の水分量は 43.7~44.4% であり、日本食品標準 成分表と比較して約1.12~1.14倍高い値となった。 この結果に関しても、製パンにホームベーカリー を使用したことが影響<sup>16)</sup>し、市販食パンよりも高い 水分量になったと考えられた。

#### (3) 色調

試作食パンのクラムのL\*値(明度)は77~79を 示しており、試料A~D間で大きな差は確認され なかった(表7)。試料Aを基準とした色差(ΔE\*ab) の値から、試料Aは他の試料B~Dと「感知し得る ほどに異なる」と評価できた。クラストは頂点と側 面の両方で、試料Aは、CやDよりもBとの色差が 大きいことがわかった。このことから製パンに使用 する酵母の種類よりも添加するはちみつの量の 影響が大きいと考えられた。クラストはパン焼成時 に直接熱がかかる部分で、材料中の糖がアミノ-カルボニル反応を起こし着色するが、はちみつは 上白糖よりも反応が進むため<sup>19</sup>試料Bで褐変が進 行したと推察された。クラスト(側面)の試料AとB は「きわめて著しく異なる」と評価された。

#### (4) 物性

食べ物のテクスチャー(食感)は、おいしさに寄 与する重要な要因の一つである。Szczesniak が食 品テクスチャー分類を挙げていたため<sup>20)</sup>、力学的 特性に分類されるかたさ荷重・凝集性・付着性を 測定した。かたさとは、物質を変形させるのに必



図 6. 試作食パンの外観および断面(上段よりA、B、C、D)

表 5. 試作食パンの比容積

$1,363\pm5.80$	$2.7\!\pm\!0.01$ b
$1,433\pm32.1$	$2.8 \pm 0.06$ b
$1,322\pm30.6$	$2.7\pm0.06$ <sup>b</sup>
$1,523\pm58.6$	$3.1 \pm 0.12$ a
	$\begin{array}{r} 1,303 \pm 5.80 \\ \hline 1,433 \pm 32.1 \\ \hline 1,322 \pm 30.6 \\ \hline 1,523 \pm 58.6 \end{array}$

n=3 平均值±標準偏差

異なるアルファベット間に有意差あり(p<0.01)

要な力であり、口に入れた時の最初の咀嚼によっ て感じられる性質の特徴である<sup>21)</sup>。試料 D は、他 の試料と比較して高い測定値を示したことから、 製パンにはちみつを使用(試料 A~C)すると砂 糖(試料 D)使用よりも有意にかたさが増すことが 確認された(表 8)。さらにパンの弾力を示す凝集 表6. 試作食パンの水分量

• •	
試料	水分量(%)
А	$44.4 \pm 0.59$
В	$43.7 \pm 0.53$
С	$44.1 \pm 0.50$
D	$44.3 \pm 0.30$
n=3 平均(	直±標準偏差

性は Z. rouxiiを用いて試作した試料 A と B で有 意に小さくなることが確認された。付着性は食品 の表面と他の物体(舌、歯、口腔など)の表面とが 付着している引力に打ち勝つのに必要な力で、 数値が大きいほど粘りが強いことを示す。試料 A は、試料 D より有意に高くなり、酵母の種類が関

# 表 7. 試作食パンの色調と色差

クラム(内側)

//					
試料	L*値	a*値	b*値	⊿E*ab	
А	$76.92 \pm 1.12$	$-2.24\pm0.72$	12 <b>.</b> 90±0.80	0	
В	79.86±1.05	$-2.19\pm0.58$	12.40±1.00	2.98	
С	$79.23 \pm 1.65$	$-2.59\pm0.46$	13.48±0.64	2.41	
D	79.91±1.36	$-2.45\pm0.55$	12.83±0.60	3.00	

n=5 平均值±標準偏差

クラスト(頂点)

試料	L*値	a*値	b*値	⊿ E*ab
А	$73.87 \pm 2.12$	3.04±1.19	28.39±1.76	0
В	70.81±3.31	6.38±2.16	$30.14 \pm 2.47$	5.17
С	72 <b>.</b> 04±3.00	6.14±1.92	30.66±2.90	4.57
D	74.83±2.08	4.78±1.42	$30.45 \pm 2.51$	3.06

n=5 平均值±標準偏差

クラスト(側面)

試料	L*値	a*値	b*値	$\varDelta  \mathrm{E}^* \mathrm{ab}$
А	$57.16 \pm 5.47$	$13.44 \pm 3.11$	35.68±1.35	0
В	50.20±6.40	$15.21 \pm 2.00$	31 <b>.</b> 99±3.34	8.07
С	$57.71 \pm 5.02$	$14.39 \pm 2.78$	$37.03 \pm 2.35$	1.74
D	$60.97 \pm 3.60$	$12.72 \pm 2.00$	$37.29 \pm 2.27$	4.20
$ - \rightarrow + 1$				

n=5 平均值±標準偏差

表 8. 試作食パンの物性値

試料	かたさ荷重(N)	凝集性	付着性(J/m³)
А	$3.10 {\pm} 0.42$ a	$0.57\pm0.10$ $^{ m b}$	$207.63 \pm 88.90$ <sup>a</sup>
В	$2.18 \pm 0.11$ bc	$0.57\pm0.10$ b	$171.74 \pm 100.76$ <sup>ab</sup>
С	$2.40 \pm 0.16$ <sup>b</sup>	$0.70 {\pm} 0.03$ ª	$70.45 \pm 26.40$ bc
D	$1.44 {\pm} 0.26$ d	$0.75 {\pm} 0.03$ a	$36.97 \pm 31.04$ °

n=3 平均值±標準偏差

異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05)

係していると考えられた。しかし、はちみつを 10%使用(試料 B)することにより、付着性を小さく できる可能性が示唆された。

以上より、醤油もろみから分離された Z. rouxii は、食パン製造に 10%はちみつを使用すること で、噛み応えのあるかたさと、付着性のあるもっち りとした食感のパンの製造ができると考えられた。

# まとめ

徳島県内醸造所の醤油もろみから分離した 酵母 Z. rouxii の生育特性と製パンへの利用に ついて検討した。Z. rouxii の最適生育温度は 30℃ であり、高い両塩性と両糖性を示し、糖度の高い菓子パ ンへ利用することが可能と考えられた。また Z. rouxii は発酵基質としてグルコース、フルクトースおよ びはちみつを利用できることが明らかとなった。

Z. rouxii を用いた食パンの製造には、消費者 への汎用性を考慮し、はちみつ(5%または10%) を使用し、中種法(30℃、4 時間発酵)で、ホーム ベーカリーを用いて調製した。比較として市販の 白神こだま酵母で調製したパン(はちみつ 5%ま たは砂糖5%を使用)を用いた。Z. rouxiiで調製し たパンは、白神こだま酵母で調製したパン(砂糖 を使用)と比較すると、比容積は有意に小さかっ た(p<0.01)が、水分量(%)には差はみられなか った。色調は糖の種類と濃度の影響を受け、Z. rouxii (はちみつ 10%)のクラスト(頂点、側面)は 他の試作食パンと比較し、暗い色調と評価された。 また試作食パンの物性値から、Z. rouxiiを製パン に用いると、白神こだま酵母よりも硬く、また高い 付着性を有する(p<0.05)パンを製造できること がわかった。

# 文献

- 満生慎二, 冨金原渉, 大西隆晴, 中山俊 一, 大場孝宏, 佐藤博. 博多湾から分離し た酵母の製パン適性, 日本醸造協会誌 110(11), 775-779 (2015)
- 小田有二,山内宏昭,田村雅彦.産学官連 携による製パン用「とかち野酵母」の開発, 日本食品科学工学会誌 59(1),1-5 (2012)
- 3) 樋口智子,上田京子.あまおうから分離した 酵母の食品への利用,福岡県工業技術セン ター研究報告 16,32-34 (2006)
- 太田辰巳,米持昭太郎,蟻川幸彦.野生酵母の単離と生地発酵試験,長野県工業技術総合センター食品技術部門研究報告 12, F39-F40 (2017)
- 5) 小松崎典子, 上島寛之, 藤原しのぶ, 植木 幸英, 島純. 高糖生地に適した酵母の発酵 特性, 日本食生活学会誌 27(1), 15-21, (2016)
- · 殿内暁夫, 森山裕理子, 青山嘉宏, 土岐春
   歌. 白神山地から分離した酵母 Saccharomyces cerevisiae の利用, 日本醸造協会誌
   111(7), 437-444 (2016)
- 鎌倉未貴, 眞山眞理. スダチ花弁から分離 した野生酵母 *Hanseniaspora meyeri*の製パンへの応用, 四国大学紀要(B)34, 37-46 (2012)
- 8) 峯木眞知子,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 15(2),98-106 (2011)

- 9) 川久保利麗叶, 荻野目あづさ, 手島悠太, 上田誠. 地域貢献を目的とした思川桜から 分離した Saccharomyces cerevisiae OPJ-1 を 用いた製パン検討, 小山工業高等専門学校 研究紀要 49, 81-84 (2016)
- 10) 富田実. 耐塩性酵母 Zygosaccharomyces rouxii の生理特性(1), 日本醸造協会誌 92(11), 783-789 (1997)
- 金谷昭子. フローチャートによる調理科学実験・実習第2版, 医歯薬出版 5-17 (1984)
- 12) 伊原電子工業株式会社ホームページ <u>URL:https://www.ihara-group.com/color</u> /support/color\_theory/
- Flannery, W. L. Current status of knowledge of halophilic bacteria, *Bacteriol Rev.* 20(2), 49–66 (1956)
- 14)田中康夫,松本博.第4章パン生地の醗酵, 製パンの科学(Ⅰ)製パンプロセスの科学, 光琳 102-104 (1991)
- 15) 田中康夫,松本博.第1章パンの種類と製法,製パンの科学(I)製パンプロセスの科学,光琳 4-5 (1991)
- 16) 植田和美.ホームベーカリー使用食パンの 品質と市販食パンの特性比較,四国大学紀 要(B)25,21-27 (2007)
- 17) 高橋佳子,代谷沢. 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-,京都女子大学 食物学会誌 33,29-36 (1978)
- 18) 文部科学省.日本食品標準成分表 2020 年度 版(八訂)準拠,医歯薬出版 1 穀類,6 (2021)
- 河田昌子.第2章砂糖,お菓子「こつ」の科学, 株式会社柴田書店 56-75 (2008)
- 20) Szczesniak, A. S. Classification of textural characteristics. J Food Sci 28(4), 385–389 (1963)
- 21) 農林省食糧研究所.食品の物理的性質の官 能検査,食糧-その科学と技術-7,119-127 (1964)