

あたらしい 農業技術

No.645

農作物等の花や果実から製パン
向きの酵母の選抜とその利用

平成 30 年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

農作物等の花や果実に生息する微生物資源を活かして新たな商品開発へ繋げるため、県内農作物等から酵母を選抜し、それを活かした製パンに係わる技術を開発しました。

(1) 製パン向きの酵母の選抜

ここでは、製パン向きの酵母として、安全性が高く、かつ比較的短時間で小麦生地を十分膨張できる能力を有すブルーベリー花とイチジク果実由来の酵母2株を選抜しました。これら、両株の最適発酵温度は30℃で、市販の酵母株とは異なる香り特性を有していました。

(2) ブルーベリー花とイチジク果実由来の酵母による製パン

両株は、小麦粉と混合した発酵種にすることで、ホームベーカリーと手捏ねで製パンが可能でした。また、ブルーベリー花由来酵母を用いることで、パンに特長的な風味を付与できました。

2 技術、情報の適用効果

本技術を活用することで、浜松地域の特色を活かした野生酵母を用いたパンの開発が可能となります。また、製パン開発の際に、県産の小麦粉や米粉、特産野菜等のペースト等と組合せる活用も期待できます。

3 適用範囲

6次産業化を図る農業者や食品企業を対象としています。

4 普及上の留意点

- (1) 酵母は植え継ぎ操作が必須のため、本株の活用には、無菌操作または発酵種の継代作業の経験を有する必要があります。
- (2) パンの賞味期限や風味調整は、各事業者等によって行う必要があります。
- (3) その他の2株（ミシマザクラ花とタチバナ果実由来の酵母）を用いる場合は、各事業者等での培養条件を検討するか、専門機関に相談願います。

目 次

はじめに	1
1 地域の独自酵母を活かした発酵技術による新商品開発	1
2 本研究で目指した製パン向きの地域酵母の特長	1
3 製パン向きの酵母の選抜	2
(1) 発泡性のある酵母の選抜	2
(2) 発泡性のある酵母の属種同定	2
(3) 製パン活用の報告がない3株の増殖速度	3
(4) 発酵時間に違いによる発酵種の膨張能の変化	4
(5) 発酵温度の違いによる発酵種の膨張能の変化	4
(6) 発酵種の香り特性	5
4 ブルーベリー花由来酵母とイチジク果実由来酵母を活かしたパンの開発	6
(1) 発酵種の調製	6
(2) ホームベーカリーで試作した食パンの膨張能評価	7
(3) ホームベーカリーで試作した食パンの風味評価	8
(4) 手捏ね法で試作したカンパーニュと食パン	8
おわりに	9
参考文献	9
用語解説	10

はじめに

静岡県には、温暖な気候を利用した豊富な種類の農作物や、歴史的価値のある自然環境などが多くあります。このような資源は、6次産業化を推進する事業所で多く活用されています。一方で、資源として多くの活用はされていませんが、植物には目に見えない形で多くの酵母等の微生物が生息しており、これらにも焦点を当て新商品開発に繋げることで、地域性の付与や風味の差別化でより有用となります。

様々な発酵食品の中でパンは、6次化で開発される商品で事例の多い食品の一つです。例えば、小麦粉等の原材料を地元産で統一することや、地元の農作物のペーストや粉末等を加えて製パンする試みが多く、農作物の消費拡大の一助になっています。このような事業所では、他県で成功している地域酵母の活用技術に関心があります（1参照）。しかし、この技術は、県内では一部酒類などで活用されていますが、製パン利用には使用可能な酵母株の蓄積が課題です。従って、この課題を改善することは、更なる6次化の推進面でも重要と考えられます。

そこで、当研究所では、製パン向きの酵母を花や果実から採取・選抜すると共に、これらの酵母で製パンしました。また、酵母の基礎特性は、発泡性評価や属種同定に加え、発酵種とした際の膨張能の培養時間・温度特性と香り特性を評価しました（3を参照）。そして、この条件を参考に、有用な2株を用いて製パン実験を行いました（4を参照）¹⁾。

1 地域の独自酵母を活かした発酵技術による新商品開発

6次化や地産地消を推進する事業所では、地域の特色を出すために、大学や公設試験研究機関と連携し、各地域の花、果実から酵母を採取・選抜し、食品開発で利用しています。例えば、島根県では、世界遺産「石見銀山遺跡内の梅の花」から米粉パンで活用できる酵母（サッカロマイセス・セルビシエ）²⁾、北海道では、「エゾヤマザクラのサクランボ」から、フルーティな香りやパンの焼色がマイルドな酵母（同上）の選抜に成功しています³⁾。その他にも数件報告されており、中には、酵母自体が全国販売に至っているものもあります。このように、本技術は、地域活性化に繋がる有用な技術の一つとして注目されています。

2 本研究で目指した製パン向きの地域酵母の特長

自然界には、700種を超える酵母が報告されており、上記のサッカロマイセス・セルビシエもその一つとなります⁴⁾。この内、製パン活用される酵母は、市販品の酵母も含めサッカロマイセス・セルビシエが多く、他の種の活用は非常に少ないです。しかし、このような多様な酵母の活用は、アミノ酸や香り等の代謝産物の量や組成の違いが期待できるため、製パンにこの特性を巧く活用することで風味の差別化も期待できます。ただし、この様な有用な酵母を自然界の花や果実等から採る場合は（図1）、安全性の面から活用できない種類や、パン生地の膨らみが弱いものも多く、両課題を解決する酵母の選抜が必要となります。

そこで、本研究は6次化を推進する製パン現場で活用可能な、安全性が担保でき、かつ十分に生地膨張する酵母の選抜を目指し



図1 ブルーベリー花1枚から採れた酵母の様子

この中から、コロニーサイズの異なる2株を採り、詳細な調査を行いました。

ました。また、食品の風味形成において重要な香りも、酵母の種類を変えることで風味の差別化に繋がることから、選抜した酵母の香り特性の把握も併せて行いました。

3 製パン向きの酵母の選抜

各地域に生息する酵母を活かす技術は、オリジナリティの高い食品開発が実現できますが、その種類によっては、製パンへの応用性が不明なものも多いです。

そこで、本研究は、花や果実から製パン活用できる酵母を選抜するため、(1) 発泡性、(2) 安全性、(3) 増殖温度、(4、5) 生地膨張能と(6) 香り特性を指標に調査しました。

(1) 発泡性のある酵母の選抜

パン生地を膨らませるには、酵母が作るアルコール類や二酸化炭素等のガス産生能力が必要となります。県内の農作物等の花や果実から 825 株の酵母を単離し、それらについて、酵母専用の培養液 (YPD) 中で 48 時間培養しました。その後、発泡具合を指標にガス産生能力を評価しました (図 2)。

その結果、ブルーベリーの花 (浜松市北区三ヶ日)、ミシマザクラの花 (三島市)、イチジクの果実 (浜松市西区大平台) とタチバナの果実 (沼津市戸田) 由来の 4 株は、比較的強い発泡が観察されました (図 3、4)。従って、これらの株は、製パン利用が期待できることが分かりました。



図 2 培養中の発泡具合を観察

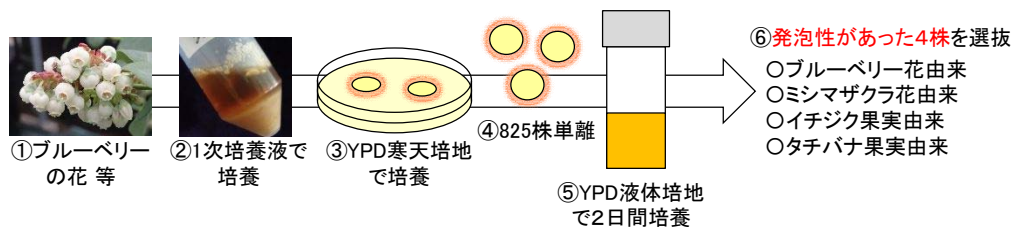


図 3 花や果実から発泡性のある酵母の単離・選抜

1次培養液は、カビ等が生えにくい薬剤が入ったものである。



ブルーベリー花 ミシマザクラ花 イチジク タチバナ

図 4 発泡が観察された酵母の由来となる 4 種類の植物の外観

(2) 発泡性のある酵母の属種同定

野生酵母の安全性を含めた性質の把握ため、分子生物学的な手法による属種の同定が必要と

なります。そこで、この手法を用いて、発泡が観察された4株の遺伝子を評価し、属種同定を行いました。

その結果、表1の属種が明らかとなり、いずれもバイオセーフティーレベル（BSL）1の安全な酵母であることが確認できました。この内、*Torulaspota delbrueckii*は、冷凍保存後も高い発酵力を維持することや、製パン活用の事例が報告されていたので⁵⁾、製パン活用が可能です。その他は、パン以外の用途ですが、ワインやビネガー等の発酵食品の風味付けでの活用報告がありました。

表1 選抜した酵母の属種評価の結果

由来	属種	BSL	活用事例報告
ブルーベリー花	<i>Kloeckera apiculata</i>	1	ワイン、サイダー等の風味付け ⁶⁾
ミシマザクラ花	<i>Torulaspota delbrueckii</i>	1	冷凍パン生地 ⁵⁾
イチジク果実	<i>Pichia manshurica</i>	1	ビネガーの風味付け ⁷⁾
タチバナ果実	<i>Pichia kluyveri</i>	1	ビール、漬物等の風味付け ⁸⁾

(3) 製パン活用の報告がない3株の増殖速度

発泡が観察されたブルーベリー花、イチジク果実とタチバナ果実由来の酵母の増殖特性を把握するため、YPD 液体培地中で増殖能を評価しました。

その結果、3株の中ではブルーベリー花とイチジク果実由来の酵母は、24時間までに急激に増殖し、その後は緩やかとなりました。一方、タチバナ果実由来の酵母は、48時間で最大値を示し、その後は低下しました（図5）。それ故、ブルーベリー花とイチジク果実由来の酵母は、タチバナ果実由来と比較し、増殖速度が速いことが確認されました。

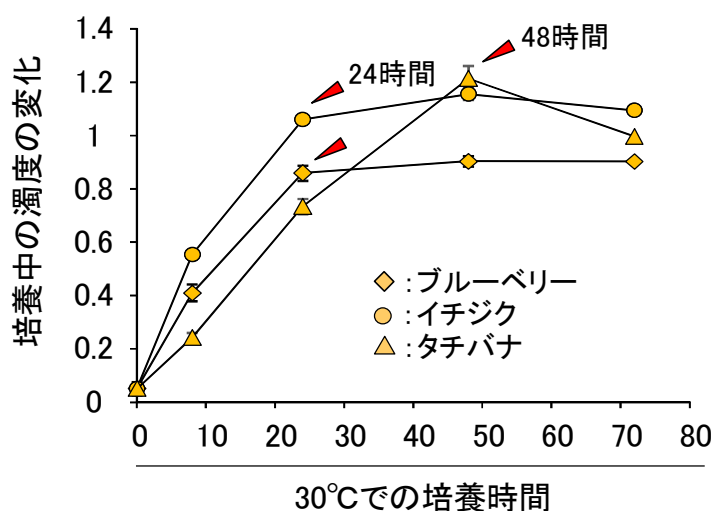


図5 30°C培養した各酵母液の増殖能

各区は、3培養器の平均値±標準偏差を表します。

(4) 発酵時間に違いによる発酵種の膨張能の変化

製パンの際に参考となる発酵時間の影響を検討するため、3株の各酵母を小麦粉と混合し発酵種とし(図6)、30℃発酵による体積変化を評価しました。なお、発酵種の上白糖の濃度は、フランスパン、食パン及び菓子パン生地に相当する0、5または30%としました。

その結果、いずれの酵母もフランスパン生地で2時間発酵させても十分な膨張は確認されませんでした(省略)。そのため、発酵時間を更に3から72時間までふったところ、市販酵母に近い膨張を得るには、ブルーベリー花由来酵母で5時間、イチジク果実由来酵母で8時間、タチバナ果実由来酵母で48時間の発酵が必要でした(図7)。食パンと菓子パン生地でも2時間で膨張しなかったため(省略)、図7と同様、発酵時間を長くとることが推察されました。



図6 発酵種の外観

水に溶かした酵母液は、小麦粉と1:1の比率で混合しました。

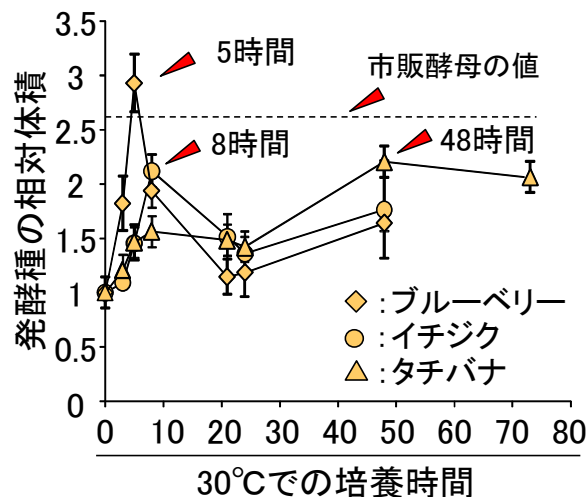


図7 30℃培養した各発酵種の体積変化
(フランスパン生地に相当)

各区は、3発酵種の平均値±標準偏差を表します。

点線は、市販酵母で2時間発酵させた際の値を示しています。

相対体積は、発酵後の体積を発酵前の体積で除したものです。

(5) 発酵温度の違いによる発酵種の膨張能の変化

製パンの際に参考となる発酵温度の影響を検討するため、25と35℃で発酵させたフランスパン生地相当の発酵種について、体積変化を評価しました。

その結果(図8)、ブルーベリー花由来とイチジク果実由来の酵母は、市販酵母と同等の膨張を得るには、両温度帯で24時間必要でした。一方、タチバナ果実由来の酵母は、25℃発酵で72時間、35℃発酵で48時間の発酵が必要でした。また、(4)の結果と比較すると、両温度帯の

膨張速度が遅いことが分かりました。

以上のことから、(4)の結果と併せ、いずれの株も 30℃発酵は、十分な膨張を得るのに要する時間が短いため、製パン時に有用であることが分かりました。この内、ブルーベリー花由来とイチジク果実由来の酵母は、タチバナ果実由来のものより、5と8時間と圧倒的に発酵時間が短いため、実際の製パン現場で有用と考えられます。

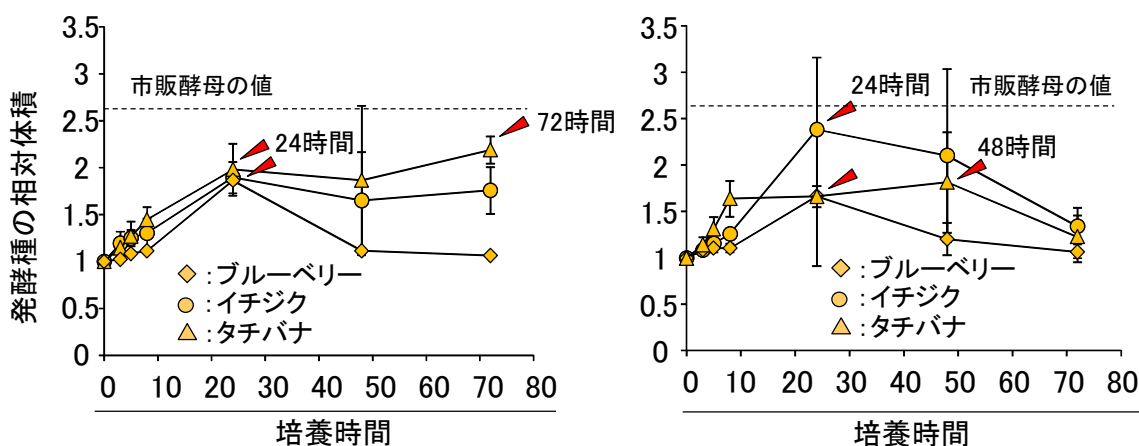


図8 25と35℃で培養した各発酵種の体積変化（フランスパン生地に相当）

左図が25℃培養区、右図が35℃培養区を示す。

各区は、3発酵種の平均値±標準偏差を表します。

点線は、市販酵母で2時間発酵させた際の値を示しています。

相対体積は、発酵後の体積を発酵前の体積で除したものです。

(6) 発酵種の香り特性

パンの風味形成では、酵母が発酵種中で作るアルコール類などの香り成分が重要となります。今までに発酵種を作った際に香りが明らかに異なったブルーベリー花とイチジク果実由来の酵母について、市販酵母と香り成分の違いを調査するため、ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS) で評価しました。

その結果 (図9)、ブルーベリー花由来酵母は、Ethyl propionate (バナナやパイナップル様) や Ethyl acetate 等のフルーティな香調の成分が多く、イチジク果実由来酵母は、別の Hexyl acetate (洋ナシやリンゴ様) や Amyl acetate (バナナやリンゴ様) 等のフルーティな香調の成分を多く産生していました。今後、これら成分が製パン時の焼成過程を経た後も維持されるか検証する必要がありますが、市販酵母とは、成分特性を有することが確認できました。

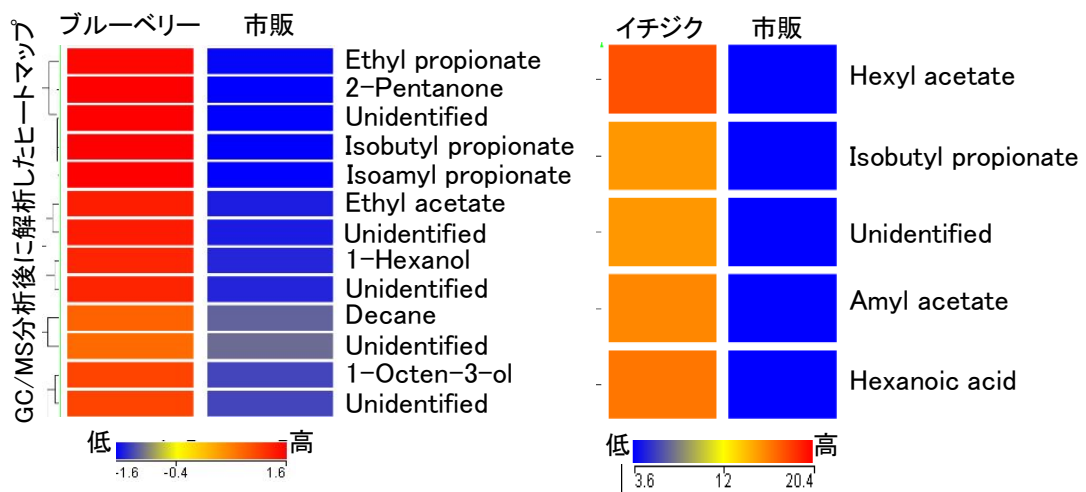


図9 ブルーベリー花由来とイチジク果実由来の酵母による
発酵種の香り特性（フランスパン生地相当）

ブルーベリー花由来とイチジク果実由来の酵母について、市販酵母（ドライイースト）の香り成分より、その生成能が高いもののみ抽出し、表としました。赤色の強度が高いほど、その含量は多いです。

4 ブルーベリー花由来酵母とイチジク果実由来酵母を活かしたパンの開発

3の試験で有用性を確認したブルーベリー花由来酵母とイチジク果実由来酵母は、それぞれ発酵種とした後、ホームベーカリーを用いて、図10の工程で食パンを試作しました。試作品について、生地の膨張能と食べた際の風味を評価しました。更に、浜松市内のホテルクラウンパレス浜松とRe-Full Houseパン職人の協力を得て、手捏ね法により、カンパーニュと食パンの試作も行いました。

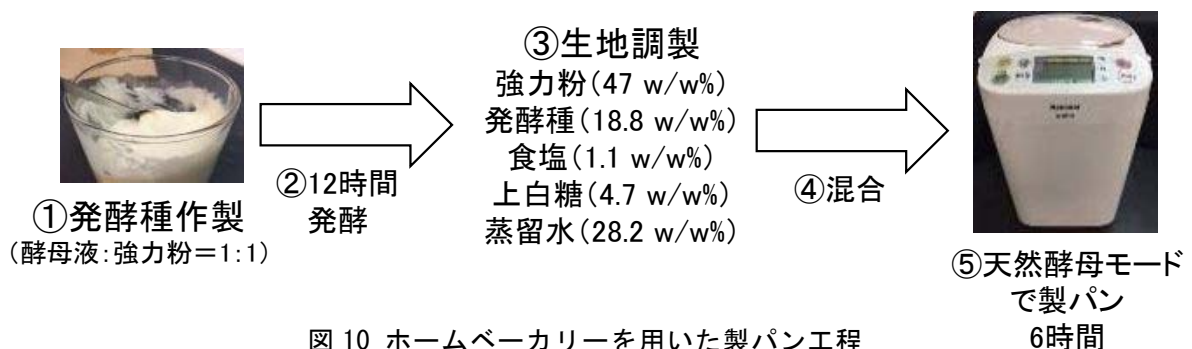


図10 ホームベーカリーを用いた製パン工程

(1) 発酵種の調製

工業的に粉末化されてない酵母を製パンで利用する場合は、小麦粉と混合した発酵種（図6）を作製し、継代・活用する必要があります。そのため、図11の工程のとおり、殺菌した蓋付の容器とスプーンを活用し、発酵種を作りました。その後、30℃で培養し発酵種とし、(2)から

(4) で活用しました。

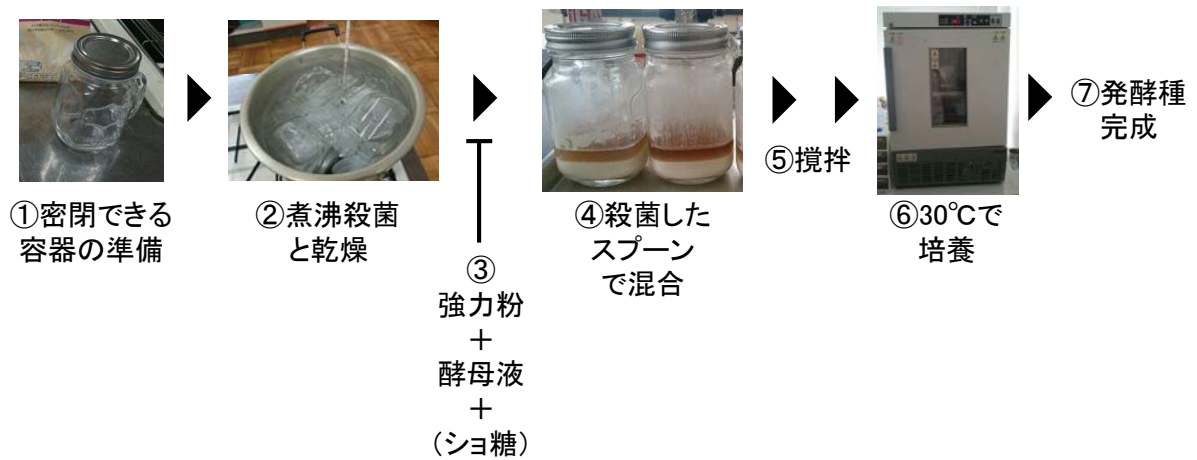


図 11 発酵種の調製工程

(2) ホームベーカリーで試作した食パンの膨張能評価

発酵種に上白糖や食塩等の原料も加え、ホームベーカリーで発酵と焼成を行い、食パンを試作した後、膨張能を評価しました。

その結果 (図 12)、どちらの酵母もパン生地は膨張しました。今回は1次発酵や焼成等の全工程を含め6時間で製パンしましたが、生地をより膨張させる必要がある場合は、①のパン種や⑤の製パン時の発酵時間を長くすることで改善が期待できると考えています。

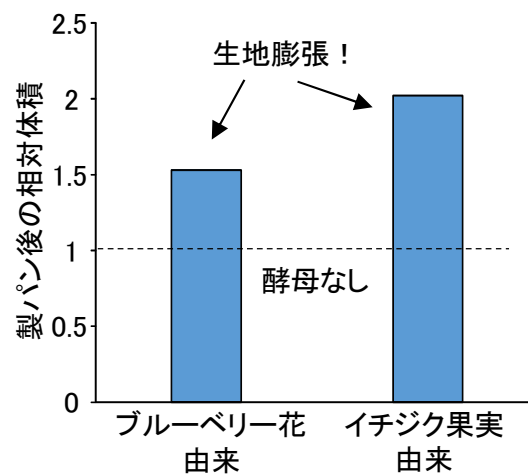


図 12 製パン後の体積変化

点線は、酵母を入れずに製パンした際の数値を表しています。

(3) ホームベーカリーで試作した食パンの風味評価

ブルーベリー花由来の酵母を活用したパンは発酵バター風味があり、イチジク果実由来の酵母を活用したパンは、市販のイーストに近く、クセがない風味でした(図13)。また、共に後味の甘さもありました。風味については、(2)のパン生地膨張能と同様、発酵時間を更に長くすることでその強さが増すと推測されます。



図13 製パン後の外観と風味

(4) 手捏ね法で試作したカンパーニュと食パン

各発酵種を活用し、パン職人の協力の下、カンパーニュ(フランスパン生地相当)と食パンを試作しました。

その結果、両酵母を活用することで、カンパーニュ(図14:パン工房 Re-Full House 提供)と食パン(図15:パン工房 Re-Full House 提供)の生地は十分膨張し、外観も断面も綺麗な仕上がりとなりました。従って、両酵母は製パン現場で十分活用できるといえます。



図14 カンパーニュの外観と断面

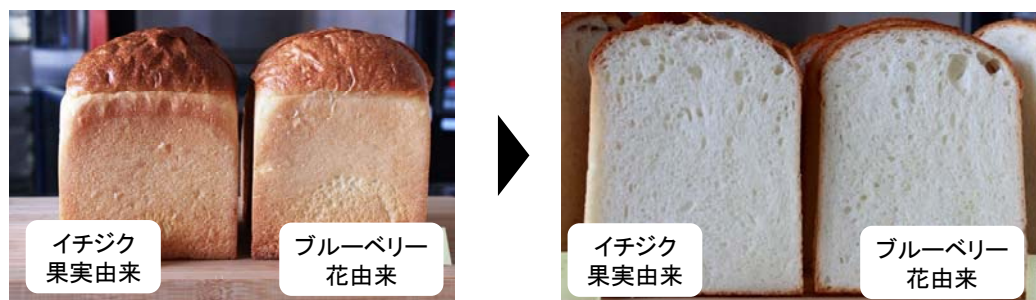


図15 食パンの外観と断面

おわりに

本研究では、県内の農作物等に生息する微生物資源を6次化の推進で活用するため、製パンへの特性を検証し、新たな商品開発へ発展させるための研究をしました。その概要を表2にまとめました。

表2 花や果実から採取・選抜した酵母の性質

酵母の由来	安全性	最適温度	膨張能	膨張時間	香り	製パン
ブルーベリー花	○	30℃	○	6時間	○	○
ミシマザクラ花	○	30℃	○*	2時間*	-	○ [†]
イチジク果実	○	30℃	○	8時間	○	○
タチバナ果実	○	30℃	○	48時間	-	要検討

*: 2の(4)と同様の方法で、30℃・2時間膨張させ、確認しました(データ省略)。

†: 今回本酵母で試作していませんが、既に論文で有用性が報告されています⁹⁾。

本成果は、浜松市内で採れたブルーベリー花及びイチジク果実由来の酵母で製パン開発をしたことから、両酵母の活用は浜松地域の特色を活かした新商品開発で有用になると考えております。また、ミシマザクラ花とタチバナ果実由来の酵母は、製パン条件の検討は必要ですが、活用が期待できます。

今後は、本酵母を地域の小麦粉や米粉、特産野菜等のペースト等の加工品と組合せ製パン利用することで、県産農作物の消費拡大に努めたいと考えております。

参考文献

- 1) 豊泉友康, 池ヶ谷 篤, 大場聖司, 中寫輝子, 2018. 発泡性を示した4種の野生酵母のパン発酵種としての基礎特性. 日本食品科学工学会平成30年度関東支部大会, 13-13.
- 2) <http://www.naro.affrc.go.jp/collab/files/report13.pdf>.
- 3) 土佐典照, 野津智子, 秋吉渚月, 大渡康夫, 上池貴晃, 近重克幸, 永田善明, 2015. 島根県産きぬむすめの米粉と世界遺産石見銀山の梅花から単離された酵母の米粉パン製造特性. 日本食品科学工学会誌, 62, 250-256.
- 4) <https://www.nrib.go.jp/sake/pdf/NRIBNo01.pdf>.
- 5) Hahn, Y.S., and Kawai, H., 1990. Screening of freeze-tolerant yeasts and their bread dough fermentative properties. J. Home Econ. Jpn., 41, 115-121.
- 6) 境博成, 2007. 英国におけるサイダー醸造の歴史と現状. 日本醸造協会誌, 102, 187-196.
- 7) Zhang, Q., Huo, N., Wang, Y., Zhang, Y., Wang, R., and Hou, H., 2017. Aroma-enhancing role of *Pichia manshurica* isolated from Daqu in the brewing of Shanxi Aged Vinegar. Int. J. Food Prop., 20, 2169-2179.
- 8) https://biosciencedbc.jp/dbsearch/Patent/page/ipd12_JPP_an_2014525257.html.
- 9) Pacheco, A., Santos, J., Chaves, S., Almeida, J., Leão, C., and Sousa, M.J., 2012.

The emerging role of the yeast *Torulasporea delbrueckii* in bread and wine production: using genetic manipulation to study molecular basis of physiological responses. In Structure and function of food engineering. InTech, Chapter 13, 340-370.

用語解説

1) 酵母

パンやお酒等を作る際に使われる微生物です。糖からアルコール類や二酸化炭素のガスを作り、パン生地を膨らませます。

2) 野生酵母

自然界の花や果実等に生息する酵母のことです。

3) 発酵種

パン生地を作る前段階で必要なものです。自然界に生息する酵母を小麦粉等と混合したもので、酵母の継代やパン生地を膨らませるために必要です。

4) 6次産業化

農作物の栽培、加工・流通販売までを展開する経営形態を示します。

5) コロニー

微生物が増殖して形成する同じ遺伝子を持った集団です。

6) サッカロマイセス・セルビシエ

酵母の種類の一つで、ビール、ワインや酒の醸造や製パンで汎用されます。

7) 属種

生物を分類識別する際の階級で、界、門、綱、目、科、属、種と細分化されます。

8) 分子生物学的な手法

遺伝子レベルで性質を調べる実験方法です。

9) バイオセーフティーレベル (BSL)

微生物などの危険度を分類した指標で、レベル1から4まであります。最も安全度が高いものがレベル1です。

10) ヒートマップ

個々の値のデータ行列を色で表現した可視化グラフのことです。

農林技術研究所品質・商品開発科 主任研究員 豊泉友康
(現 加工技術科)
主任研究員 池ヶ谷篤
(現 加工技術科)
科長 中畠輝子
(現 加工技術科)

発行年月：平成31年2月
編集発行：静岡県経済産業部産業革新局研究開発課

〒420-8601
静岡市葵区追手町9番6号
TEL 054-221-3643

この情報は下記のホームページからご覧になれます。
<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-130a/>

