

シリーズ くらしの最前線 135

■ フードロス削減への製パン用酵素による取り組み

ノボザイムズ ジャパン (株) 佐々木 祐一

1. はじめに

本来、食べられるのに捨てられてしまう「食品ロス（フードロス）」の削減は、企業や家庭だけでなく、世界全体で解決に取り組むべき重要な課題である¹⁾。世界の食料廃棄量は年間約13億トンであり、これは人の消費のために生産された食料のおよそ1/3にあたる²⁾。また、世界の人口は急増しており、2019年では約77億人と推定されている。さらに、一方では、深刻な飢えや栄養で苦しんでいる人々は、世界全体で約8億人であり、10人に一人以上が飢餓にさらされている計算となる。

日本に目を向けると食品廃棄物等は、年間2,550万トンであり、うち食品ロスは612万トンとされている（2017年推計：農林水産省調べ）。これらの状況を打開するため、2018年に政府は「SDGsを踏まえた食品ロス削減目標計画」を設定した。具体的には2019年5月に「食品ロス削減の推進に関する法律（略称 食品ロス削減推進法）」が公布され、行政だけでなく、事業者、消費者などの取り組みの指針を定めた。このうち目標の一つとして、「2030年度には、2000年度に比べ、家庭系食品ロス量、事業系食品ロス量いずれも半減できるような取り組みを推進」と示されている（図1）。食品ロスは、減らすことによ

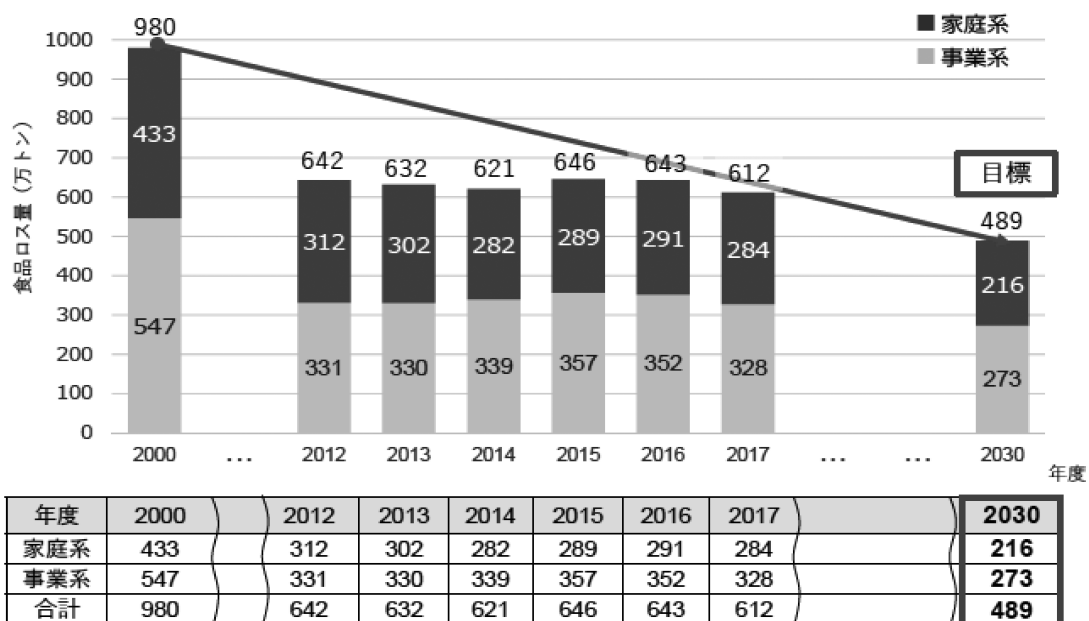


図1 食品ロス量の推移と削減目標

出典：消費者庁消費者教育推進課食品ロス削減推進室「食品ロス削減関係参考資料（令和2年11月30日版）」

Yuichi SASAKI

ノボザイムズ ジャパン (株)

〔著者紹介〕(略歴) 岐阜大学大学院農学研究科 生物資源利用学修士課程修了、(現職) ノボザイムズジャパン株式会社コンシューマーバイオソリューション事業部 食品&飲料分野 シニアインダストリーテクニカルスペシャリスト

〔専門分野〕 食品栄養学、製菓製パン分野、パン製造技能士特級

て、食料システムで排出される温室効果ガスが減り、地球温暖化への影響を減らすことができる¹⁾。すなわち、回りまわって、温暖化に伴う気候変動によって食糧生産が受ける影響も減ると考えられ、SDGsの取り組みの1つ(気候変動への取り組み)にもつながる。

食品製造に利用されている食品用酵素は、これまでの製造工程に革新的な飛躍をもたらす技術となり、世界市場で伸長を続けている³⁾。酵素は、環境にやさしく、安全性も高く、工程の改良や資源の有効利用で経済的メリットが得られることが評価され、環境問題やオーガニック、ナチュラル、クリーンラベルに対するソリューションとしても評価され、利用は上向いている。他にも食糧資源の開発に酵素は欠かせない存在で、昨今の重要テーマのソリューションとして酵素利用の動きは広がっている³⁾。

さらに2020年に発生したCOVID-19による外出自粛要請、そして新しい生活様式(ニューノーマル)の浸透により、フードロス削減に加えて“より日持ちする食品”が求められてきている。

パン類は、もともと消費期限の短い日配食品であるが、製パンメーカー、原料メーカー、包材メーカーそして流通業界は、日持ちがして、さらに美味しいパンを供給するべく取り組みをはじめている。当社も製パン用酵素による「食品ロス削減」、「パン鮮度保持」に対する取り組みをグローバルで行っている。ここでは、この取り組みの1例を紹介させていただく。

2. 食品ロス対策の現状

食品ロス削減推進法においては、「消費者、食品の生産・製造・販売等に係る事業者等に求められる役割と行動」が記されており、食品ロスの問題を“他人事”ではなく、“我が事”として捉え、行動に移すことを推進している。行動における取り組みとしては「発注制度の変更により見込み生産ロスの削減」が行われている。パンを含めた日配品の多くは、製造メーカーでの予測生産である。そのため予測が外れた場合、メーカーおよびスーパーで大量な食品廃棄が発生する。この問題を解決するため、フードチェーンにおいて前日発注翌日納品の仕組みを、前々日発注に切り替えたところ、未出荷廃棄発生率が低下し、削減率が75.8%に改善されたとの実例がある⁴⁾。

また、メーカーによる「賞味期限(消費期限)の延長による廃棄削減」の取り組みがなされている。実際に消費者庁は、2015年に「食品表示基準Q&A」において期限設定する場合に用いられる安全係数を「0.8以上を目安に設定することが望ましい」としている。これに基づき設定を見直した某製パンメーカーでは、消費期限を1日延

長し、廃棄ロスを減らすことに取り組んでいる⁵⁾。消費期限の延長は単に日にちを伸ばすだけではなく、原材料や製造工程、包装の改良を行い、美味しさ(風味と食感)の保持と食品衛生基準とを両立させなくてはならない。特に食感の保持については、パンが澱粉食品であることから老化(硬くなる)を防ぐだけではなく、食感の変化を小さくする取り組みを行う必要もある。

さらに「廃棄物の再利用化率の向上」にも取り組んでいる某製パンメーカーは、生産活動にともなって発生するフードロスを廃棄物ととらえるのではなく、未利用食料として有効利用している⁶⁾。これは、副産物として発生した食パンの耳をパン粉にしたり、ラスクにすることで有効活用したり、それでも食品への利用ができないものは飼料原料としてリサイクルしている。

このような行政や民間などの積極的な取り組みにより、食品ロスの削減は着実に成果が上がっている。さらに食品リサイクル法では、この取り組みを推進するため食品廃棄物などの発生抑制目標値が高く設定された(2019年7月に19業種で2014年よりも目標値を引き上げた)。業種別の基準発生原単位でみると、パン製造業においては166 Kg/百万円(従来目標の194 Kgから引き上げ)、菓子・パン小売業においては76.1 Kg/百万円(同106 Kgから引き上げ)と、より食品ロス削減対応が求められてきている。

加えて、昨今の「新しい生活様式」中での食品ロス削減も行政などで呼びかけられている。未利用食品をフードバンクへ提供すること、引き取り手がなく捨てられそうな農産物などを販売するインターネットサイトの活用をすることなどが呼びかけられ、消費者庁食品ロス削減特設サイトでは「“新しい生活様式”での食品ロス削減の工夫」が示されており、これもあわせて実践していく必要がある⁷⁾。

3. 製パン用酵素のトレンド

製パン用酵素は、海外では鮮度保持を目的に大きな需要があるが、デリバリーシステムが発達している日本では、これまでは鮮度向上目的で酵素を利用する動きは少なかった³⁾。しかし、小麦粉、油脂などの原料高騰を機に消費期限が長くなり、廃棄ロスを低減できる製パン用酵素のメリットが認識され、同時に国産小麦粉や米粉を利用する動きが広がり、これに伴い製パン分野でも酵素利用の動きが活発化している。日本では、パン食感の弾力やソフトさを保つことが主な目的となっている。

当社をはじめ酵素メーカーでは、製パン用酵素として、 α -アミラーゼ、キシラナーゼ、セルラーゼ、プロテアーゼ、リパーゼ等の各製剤を販売している。当社のアミラーゼ製剤「ノバミル(Novamyl)」は、マルトジェ

ニック α アミラーゼで、他のアミラーゼよりも耐熱性があり、澱粉の老化を防ぎ、パン生地 の物性を改良することができる。この酵素の利用は、欧米ではパンの廃棄量の減少、歩留まり向上、配送の効率化およびそれに伴うコスト削減などを実現しており、広く普及している⁸⁾。ヨーロッパで行った消費者調査においてパンを廃棄する理由として「パサつき」が、「カビの発生」に次いで2番目に大きな理由としてあげられている。一方、アメリカでは製パンに日持ち改善用酵素（ノバミル）を使用することで、全ての生産工程において環境負荷が大きく減少したとという調査結果がある¹⁰⁾。これは、ノバミルを使用することにより、スーパーや家庭で長い間乾燥させずにパンを保管することができるようになったためパンの廃棄ロスが減り、その結果、CO₂排出量が削減（55,000

トン／パン10億斤あたり）されたと推測される。日本では、やわらかいだけでなくもちり、しっとりとしたパンが好まれる傾向があり、これらの酵素の利用で消費者の好む食感を得ることも期待できる。

ノバミルは、パン生地においてカビ由来アミラーゼとは作用が異なり、デンプンから主にマルトースを生成する特徴をもち、焼成後のデンプンの再結晶化を抑制することにより、やわらかな食感の維持に寄与している（図2）。実際に日本の製パン業界が多く用いる中種法で調製した食パンのかたさをテクスチャーアナライザーで測定したところ、クラムのかたさは、対照（酵素なし）に比べると、ノバミル 10000 BGあるいはノバミル3Dを使用したものは有意にかたさが改善していた（図3）。また、焼上後2日と4日経過したものを比較すると、ノバミル

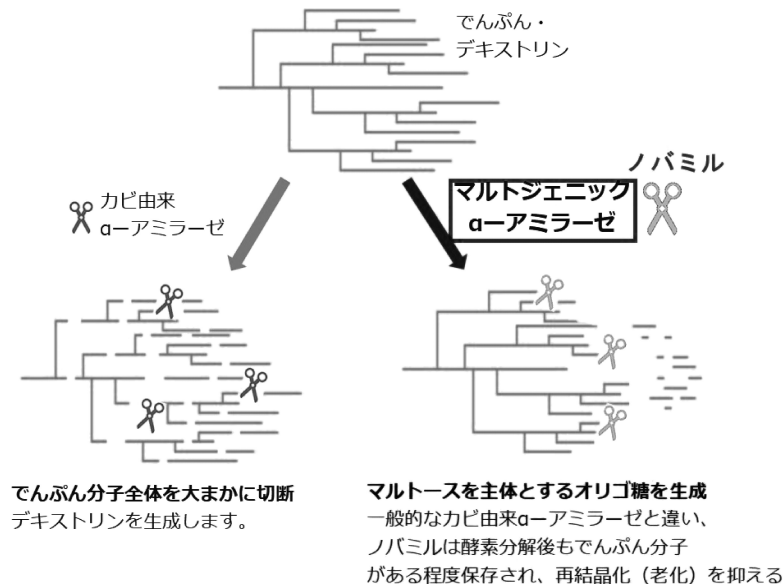


図2 マルトジェニック α アミラーゼ（ノバミル）の作用機構

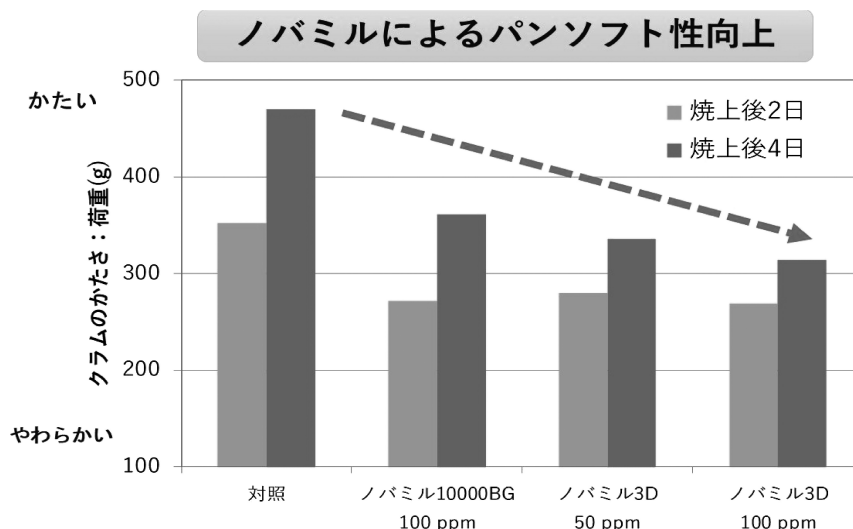


図3 マルトジェニック α アミラーゼ（ノバミル）によるパン食感（やわらかさ）への効果

を使用することによりそのかたさの変化は小さく抑えられていることが示された。

さらに、“パンの保形性”を向上させる「センシアフォーム (Sensea Form)」という酵素製剤もある。パンはやわらかな食感が好まれるため、特に食パンでのケービング（腰折れ）の抑制は、ベーカリーにおいて大きな課題となっている。すなわち、腰折れが発生した商品は、出荷されず工場内で廃棄され食品ロスの問題になっているためである。センシアフォームは、6- α -グルカノトランスフェラーゼ活性を有する製パン用酵素製剤である。センシアフォームを使用すると、パン生地中に高度に分岐したデキストリンを数多く作り出していくため分子間の隙間が減り、へこみに対して強度な構造を持つ⁹⁾ (図4)。その結果、焼成後の保形性を維持することで腰折れが低減し、またパンを押したときの復元性も向上する。復元性の向上（パンの潰れにくさ）は、スーパーなどでパンを棚で陳列する際に商品の外観を損なわず、棚置き適性が向上し、販売機会損失をなくすることができる (図5)。

さらに、現在注目されている酵素がリパーゼである。リパーゼは、脂質分子中のグリセリンと脂肪酸の間のエステル結合を加水分解する酵素であり、その生成物（乳化剤的な作用をもつ脂質）は、製パンにおいて多様な効果をもたらす。その効果の1つが生地物性の改変であり、特に成型時における生地伸展性の向上である (図6)。パン生地は、ミキシング後の発酵時間（フロアタイム）が長くなると弾力性が増し、成型時（モルダー使用時）後のロール生地長さは縮む傾向が見られる¹¹⁾。しかし、当社のリパーゼ製剤（リポパンプライム）を使用すると、フロア時間の長短に関わらず乳化剤を使用した場合と同様にロールの長さが維持される。この伸展性向上は、焼き上げ後のロールパンの長さの均一化につながり、パン品質の安定化となり、パン製造現場での形状不良発生を

低減に寄与する。なお、これまではパンにリパーゼを使用することは敬遠されていた。その理由の1つとして、パンの焼成後に“好ましくない臭い”の問題があったが、

パン腰折れ度合いの低減（スライス面）

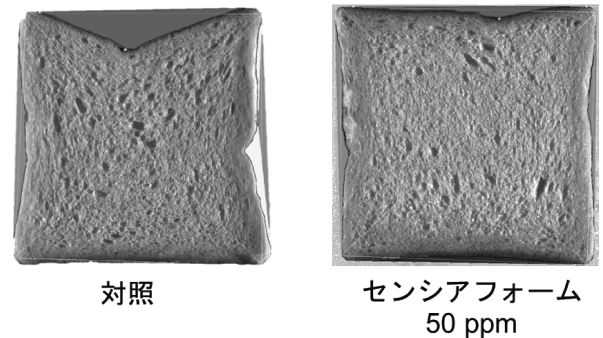
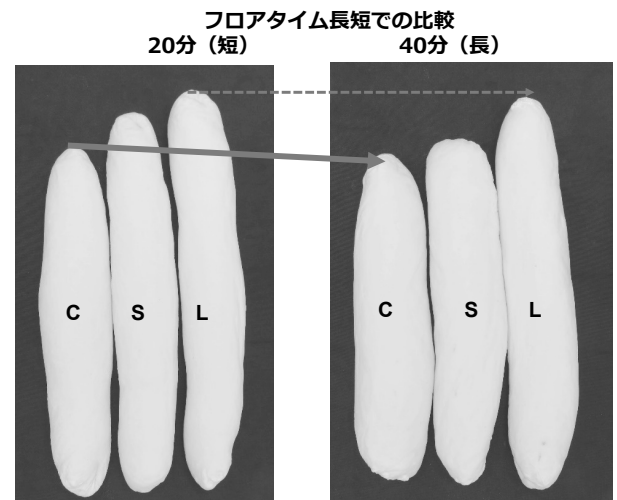
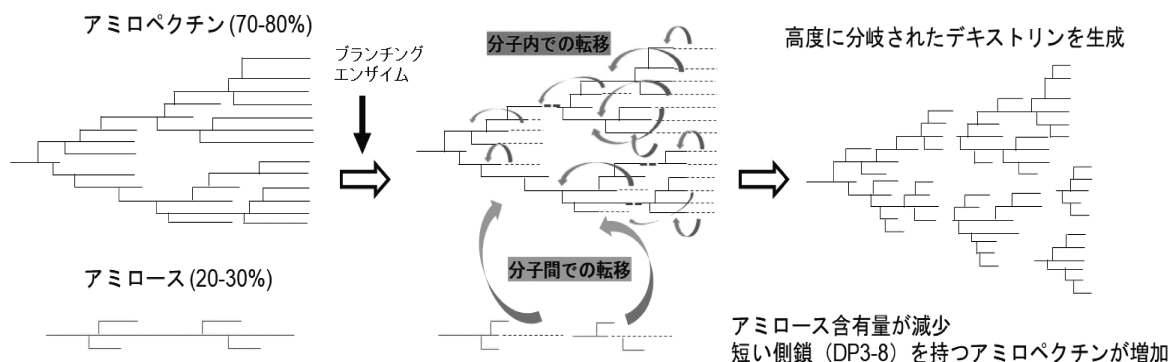


図5 センシアフォーム使用によるパン保形性向上



左(C)：対照
中(S)：乳化剤SSL 0.3%
右(L)：リパーゼ（リポパンプライム）40 ppm

図6 リパーゼ使用による生地伸展性の向上



✓ デンプン中の α -1,4結合を切断し、 α -1,6結合を形成する（枝付け反応）

図4 ブランチングエンザイム（センシアフォーム）のデンプンに対する作用機構モデル

当社は次世代型リパーゼ「リポパンプライム」を開発することでこの問題を解決した。これは、従来のリパーゼが短鎖脂肪酸と長鎖脂肪酸とともに生成するのに対し、「リポパンプライム」は好ましくない臭いとされる短鎖脂肪酸の生成が極めて少ないため、臭いのリスクを低減できるようになった。これにより、リパーゼを幅広いパン製品に使用できるようになっている。

4. ノバミルとセンシアフォーム併用によるパンの鮮度保持

製パンにおいては、食品ロス削減の解決策の1つとして消費期限延長がある。そのためには“鮮度保持”と“棚置き時間の延長”が必要になると考えられる(図7)。特に、棚置き時間が長くなると、出来立て(焼きたて)と消費期限終了間際には、食感の落差(鮮度変化)が大きくなるため、その差を小さくできるような検討を行った。

酵素を本捏で添加して調製した中種法食パンの焼成1日後、5日後のクラム部分をテクスチャーアナライザー

で、かたさを測定した結果を示した(図8)。対照(酵素なし)に比べ、ノバミル40ppmを使用したパンは焼成1日後、5日後ともにやわらかさが維持されていた。一方、ノバミル40ppmにセンシアフォーム20ppmを併用した食パンはノバミル単独と同様なソフトさは維持されることに加え、焼成1日後から5日後へのかたさの変化が小さくなっていることが示され、鮮度変化が少ないことが分かった。これは、焼成後1日で食べても5日後で食べても、食感の違いが対照に比べて少なく、鮮度が保持されていると考えられる。

さらに、ノバミルとセンシアフォームの使用比率を変化させると、食感も変化することが認められた。ノバミル：センシアフォームの使用量を対粉2：1の比率で使用するにより、対照に比べ、非常にソフトでやや弾力的な食感になることが示された(図8)。官能評価の10段階の平均評点を求め、X軸にソフトさスコアを、Y軸に弾力さスコアを2Dマッピングした(図9)。この比率(ノバミル：センシアフォーム)を1：1にするとソフト

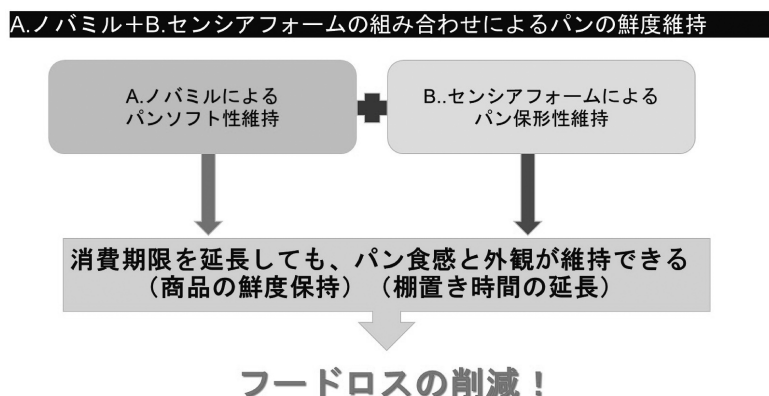


図7 パン用酵素によるフードロス削減へのアプローチ

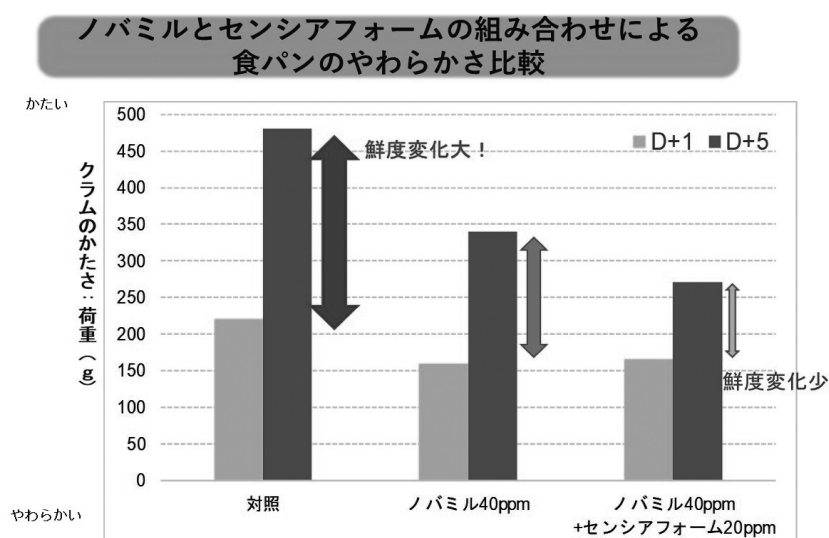


図8 酵素の組み合わせによる食感鮮度保持への効果

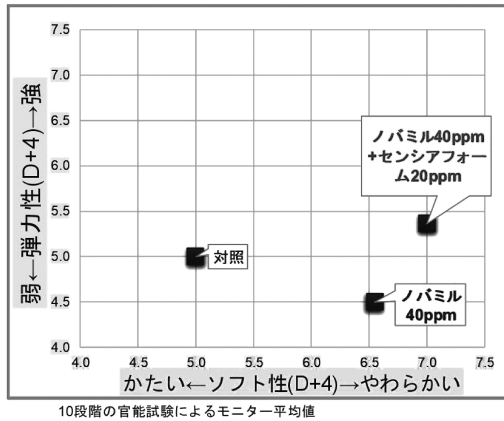
ノバミルとセンシアフォームの組み合わせによる
食感のパラエティー化 (官能2Dマッピング)

図9 酵素の組み合わせによるパン食感特性のパラエティー化

で弾力的な食感、反対に1:2にするとややソフトで強い弾力な食感のパンに仕上げることもできた。このように酵素を組み合わせることにより、パン食感のパラエティー化が可能であった。

5. おわりに

日本の「もったない」という言葉ほど、食品ロスの問題を心情的に示す言葉はない¹⁾。フードロスへの社会の関心は、世界の中でも決して低くはない。日本でも、行政、民間、消費者全てがSDGsへの取り組みとして、特に食品ロスを低減させるため取り組んでいる昨今ではあるが、さらにニューノーマルという生活様式の中で消費期限が長い食品が求められている。

当社が今回提案させていただいた鮮度保持への製パン用酵素の活用は、製パンメーカー、小麦粉・油脂・改良剤等を製造するパン資材メーカー、そして流通の方々の協力があってこそ実現すると考えている。多くの方々に食品ロス低減に取り組んでいただければ幸いである。

文 献

- 1) 日比恵理子. あすへの考: 持続可能な社会. 読売新聞. 2020年11月8日.
- 2) 消費者庁消費者教育推進課食品ロス削減推進室. 食品ロス削減関係参考資料 (令和2年11月30日版).
- 3) インフォーマ・マーケット・ジャパン社. 食品加工用酵素の市場動向. 食品と開発. 2020, Vol. 55, No. 2, 69-79.
- 4) 平成30年度食品ロス削減のための商習慣検討WT. 日配品検討会とりまとめ.
- 5) 農林水産省. 食料・農業・農村政策審議会 食料産業部会 食品リサイクル小委員会及び中央環境審議会 循環型社会部会 食品リサイクル専門委員会の第17回合同会合. 平成30年11月12日.
- 6) インフォーマ・マーケット・ジャパン社. 様々な角度から食品ロス削減にチャレンジ. 食品と開発. 2020, Vol. 55, No. 6, 19-20.
- 7) 消費者庁. 「新しい生活様式」での食品ロス削減の工夫. https://www.no-foodloss.caa.go.jp/summary_page.html (入手日: 2020.5.26).
- 8) 黒坂玲子. パンを新次元のおいしさへ: ノバミル3D (特集酵素開発新時代). 月刊フードケミカル (2015年12月号). 2015, No. 368, 79-81.
- 9) 福永健三, 栃尾巧, 柏倉雄一, 安井忍. 最新技術情報 新規製パン用酵素「センシア フォーム (Sensea Form)」の効果と機能. 月刊フードケミカル (2019年1月号). 2019, No. 405, 69-73.
- 10) ノボザイムズ ジャパン株式会社. 食の未来のために. 2010年10月.
- 11) 福永健三, 栃尾巧, 柏倉雄一, 安井忍. 新規製パン用リパーゼ「リポパン プライム」の機能と効果—素のままで, おいしく—. 月刊フードケミカル (2018年5月号). 2018, No. 397, 111-115.