



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、おいしく —

福永 健三 / 栃尾 巧, 柏倉 雄一, 安井 忍
Kenzo Fukunaga / Takumi Tochio, Yuichi Kashiwakura, Shinobu Yasui

ノボザイムズ ジャパン株式会社 / 物産フードサイエンス株式会社

1. はじめに

酵素はパンの主原料である小麦粉の力を引き出し、パンの品質・製パン性を改善することができる。そのため、さまざまな酵素が世界中で製パンに広く利用されている。

小麦粉は、デンプン(約72%)・グルテンなどのタンパク質(約10%)・ペントサンなどの非デンプン性多糖類(約2%)・脂質(約2%)、そして水分(約14%)で構成されている。表1のように、各々の小麦粉構成成分はそれぞれに作用する酵素によって製パンに適した形態・性質に変えられ、さまざまな効果を示す¹⁾。

現在国内で、主に利用されている製パン用酵素は α -アミラーゼ・ヘミセルラーゼ・グルコースオキシダーゼである。一方、表1に記載されているようなリパーゼの製パンへの利用は進んでいない。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

化作用をもつ脂質)は製パンにおいて多彩な効果をもたらす。にも関わらず、リパーゼ使用が敬遠される理由は、パンの焼成後に「好ましくない臭い」の問題を生じるからだ。

ノボザイムズは、この臭いの課題を克服した次世代型リパーゼ「リポパン プライム (Lipopan Prime)」を2018年3月に国内で上市した。海外では、このような次世代型リパーゼはすでに出荷しており、製パン技術向上に役立っている。

本稿では、リポパン プライムの特徴と製パンでの効果を中心に紹介し、国内の製パン技術の発展にどのように役立つか説明したい。

2. リポパン プライムの特徴

リポパン プライムは2つの特徴をもつ。1つ目は「好ましくない臭い」の発生リスクを軽減すること。そして2つ目は糖脂質・リン脂質などの極性脂質をより優先的に分解することだ。これらは、従来のリパーゼと大きな違いである。

表1 酵素は小麦粉成分の力を発揮する

小麦粉の構成成分	作用する酵素	生成物	パンへの効果	ノボザイムズ社製品
デンプン	α -アミラーゼ	デキストリン・オリゴ糖など	食感改良, ソフト性, ポリウムアップ	ファンガミル 4000SG (カビ由来アミラーゼ), ノバミル・ノバミル3D (マルトース生成アミラーゼ)
グルテン (タンパク質)	グルコースオキシダーゼ	グルテン分子間でのS-S結合	生地の物性強化, ポリウムアップ	グルザイム 10000BG
ペントサン (非デンプン性多糖類)	ヘミセルラーゼ	水溶性アラビノキシラン	ポリウムアップ	ペントパン 500BG
脂質	リパーゼ	脂肪酸・モノグリセライドなど	食感改良, ソフト性, ポリウムアップ, 生地の物性強化	リポパン 50BG

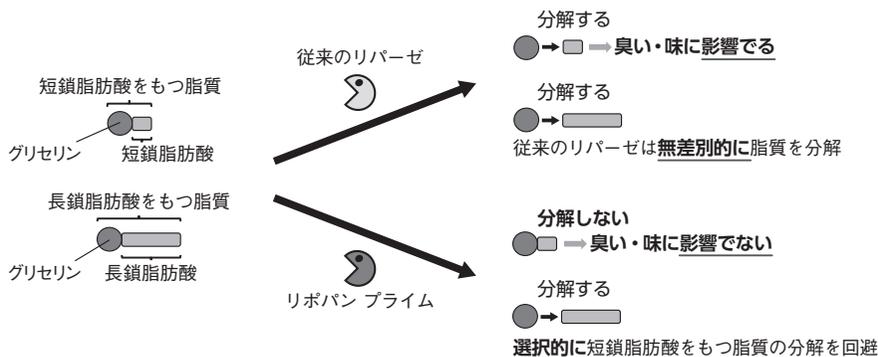


図1 リポバン プライムは短鎖脂肪酸を生成しにくいことにより、臭いリスクを軽減する

それぞれの特徴について説明していきたい。

【特徴1】：「好ましくない臭い」の発生リスク減少

「好ましくない臭い」は、リパーゼと油脂を併用した場合に起こることが多い。特に乳脂肪を含む油脂(バターやコンパウンド油脂)と一緒にリパーゼを使用すると、その傾向は顕著だ。乳脂肪は、臭いの原因となる酪酸などの短鎖脂肪酸とグリセリンの結合を比較的豊富に含んでいるからである。

それでは、なぜリポバン プライムは臭いのリスクを軽減するかというと、グリセリンと脂肪酸のエステル結合の分解に関して選択性を持つためである。図1に示すように、従来のリパーゼは脂肪酸の鎖の長さに関わらず、エステル結合を切断する。そのため、短鎖脂肪酸を生成するリスクがあり、これが臭いにつながっていた。一方、リポバン プライムはこの短鎖脂肪酸とグリセリンのエステル結合の

分解能が弱く、中・長鎖脂肪酸を生成する傾向が高い。ゆえに、臭いのリスクを軽減できる。

このメカニズムを確認したテスト結果が図2である。バターを多く使用するプリオッシュを用いて官能検査を行ったところ、リポバン プライムを添加したパンでは、従来のリパーゼを添加したものに比べ、臭いを感じにくいという結果になった。

さらに、官能検査に用いたパン中の酪酸の生成量をガスクロマトグラフィーで測定した(図3)。その結果、リポバン プライムを添加したプリオッシュ中の酪酸量は、リパーゼを添加していないものに比べ、わずかな増加であった。一方、従来のリパーゼでは、酪酸の生成量がかなり高かった。また、酪酸以外の短鎖脂肪酸の生成量を調べても、同様の結果であった(未掲載データ)。

これらの2つのデータが示すように、製パンにおいて、リポバン プライムは短鎖脂肪

官能検査スコア

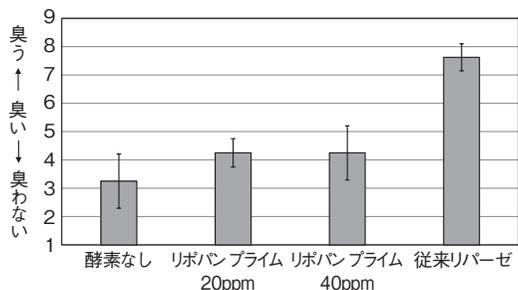


図2 リポバン プライムは臭いのリスクを軽減する

(酪酸(C4):ppm)

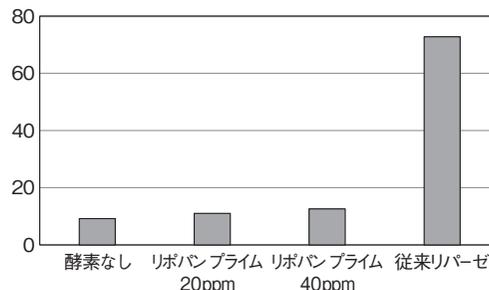


図3 リポバン プライムは酪酸発生を少なくする

表2 小麦粉中脂質の内訳と存在場所

全小麦粉脂質 (小麦粉の構成要素として約2%)		
デンプン粒の外に存在する脂質 (60%)		デンプン粒内に存在する脂質 (40%)
非極性脂質 (26%)	極性脂質 (34%)	極性脂質 (40%)
トリグリセライド ジグリセライド モノグリセライド 遊離脂肪酸 など	ジガラクトシルジグリセライド (糖脂質) モノガラクトシルジグリセライド (糖脂質) N-アシル-フォスファチジルエタノールアミン (リン脂質) フォスファチジルコリン (リン脂質) など	リゾフォスファチジルコリン (リン脂質) リゾフォスファチジルグリセロール (リン脂質) リゾフォスファチジルコリンエタノールアミン (リン脂質) など

酸の生成を抑え、臭いリスクを軽減するという性質も持っている。

【特徴2】：リポパン プライムは極性脂質をより優先的に分解する

リポパン プライムのもう一つの特徴は、リポパン プライムが極性脂質を優先して分解することである。

従来のリパーゼはトリグリセライドなどの非極性脂質を主に基質とし、リン脂質や糖脂質などの極性脂質をほとんど分解しない。一方、リポパン プライムは非極性脂質を多少分解するものの、リン脂質や糖脂質をより優先的に分解しリゾリン脂質やリゾ糖脂質を生成する²⁾。このリポパン プライムのリゾ極性脂質を生成する性質が製パンにおいて生きてくるのである。

(1)リポパン プライムの基質となる小麦粉中の脂質

製パンにおいて、リポパン プライムは小麦粉中のどのような脂質に作用するのだろうか。表2が示すように、小麦粉中の脂質の存在場所は、大きく2つに分けることができ

る。デンプン粒の内と外だ。デンプン粒内では極性脂質であるリン脂質が多く存在している。一方、デンプン粒外は非極性脂質や極性脂質が存在する。デンプン粒外の極性脂質には、ジガラクトシルジグリセライドやモノガラクトシルジグリセライドなどの糖脂質が多い³⁾。基本的に、リパーゼはアクセスしやすいデンプン粒の外にある脂質を分解する。つまり、デンプン粒外に存在する極性脂質は比較的糖脂質が多いので、リポパン プライムは糖脂質をより分解する。例えば、糖脂質であるジガラクトシルジグリセライドのエステル結合を分解し、より極性の強いジガラクトシルモノグリセライドを生成する²⁾。

(2)リポパン プライムにより強化された極性脂質の製パン中の働きおよびその効果

リポパン プライムにエステル結合分解されることにより強い乳化作用をもつようになったリゾ脂質は、乳化剤のように小麦粉中の構成成分と相互作用をし始めることが考えられる。われわれは、小麦粉中の極性脂質や

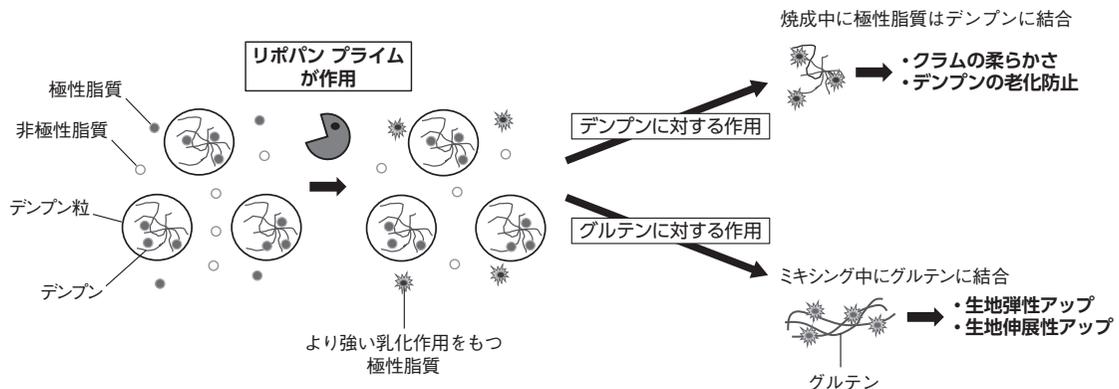


図4 リポパン プライムにより生成される乳化作用の強い脂質は、小麦粉中のデンプンやグルテンと相互作用する

乳化剤が分子レベルでどのように働くかについてのこれまでの知見に基づいて、次のようなモデルを立てた^{2,4)}。

例えば、**図4**のように、デンプンと複合体を形成し、焼成後におけるデンプンの再結晶化を阻害する(クラムの柔らかさ維持)。また、グルテンに結合し、グルテンの凝集を促進させ、グルテンネットワークの発展を加速・増加する(生地弾性増加)。さらに、グルテンと周辺の水層との馴染みをよくし、グルテンが生地中で動きやすくなる(伸展性増加)。

加えて、強い極性をもつ脂質は二重構造(ラメラ構造)を形成することで気泡膜を安定にし、パンボリュームの増大につながる。気泡膜の周りにはグルテンネットワークも存在しており、気泡膜の強化につながっている。

3. リポパン プライムのパンに対する効果

上記で述べたように、リポパン プライムによって作り出される機能的な脂質は、パン生地中で分子のダイナミクスを演出し、製パン性やパンの品質に影響を与える。この分子レベルの現象が実際のパンにおいてどれほどの効果を発揮するのかを、生地物性への効果(弾性・伸展性)と焼成後のパンへの効果(クラムの柔らかさ・パンボリューム)に絞って、製パン試験にて確認した。

なお、製パン試験は標準的な中種法で行われた。リポパン プライムまたは乳化剤は本捏で添加されている。

1) 生地物性への効果

(1) 生地の弾性に対する効果

図5は、ミキシング時にリポパン プライムを添加した後、生地の弾力を経時的に測定した結果を示している。この試験では、ミキサーにかかる負荷を電力で測定しており、生地の弾性が增大すると、電力出力が増加する。40ppmのリポパン プライムを加えた場合、電力のピークが明らかに上昇していることがわかる。また、80ppmに添加量を増やすと、

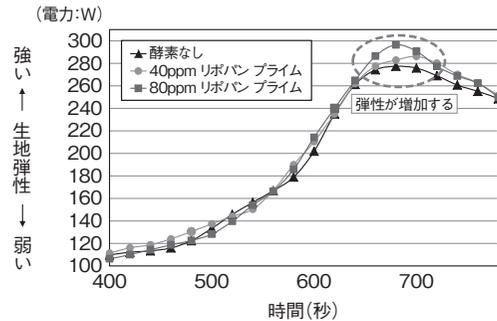
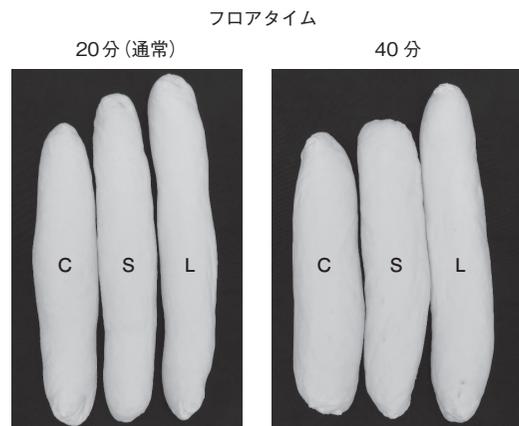


図5 リポパン プライムを添加すると、生地弾性が高まる



左 (C): 添加なし (Control) / 中 (S): 乳化剤 (0.3% SSL) / 右 (L): 40ppm リポパン プライム

図6 リポパン プライムを添加すると、生地伸展性が高まる

ピークの上昇はさらに高まっており、ピークのタイミングも早まっている。つまり、リポパン プライムの添加量依存的に生地弾性が増加したのだ。

(2) 生地の伸展性に対する効果

次に、リポパン プライムの生地伸展性への影響を調べた。**図6**のように、モルダー後20～40分経った生地の長さを測定したところ、酵素なしに比べ、リポパン プライムを添加した生地の伸展性は明らかに増加した。また、生地の伸展性に効く乳化剤であるSSL(0.3%)と比較しても、より高い効果が確認された。このことより、リポパン プライムは生地の伸展性を向上させる効果があることが確認された。

2) 焼成後のパンへの効果

(1) クラムの柔らかさ

リポパン プライムのクラムの柔らかさに

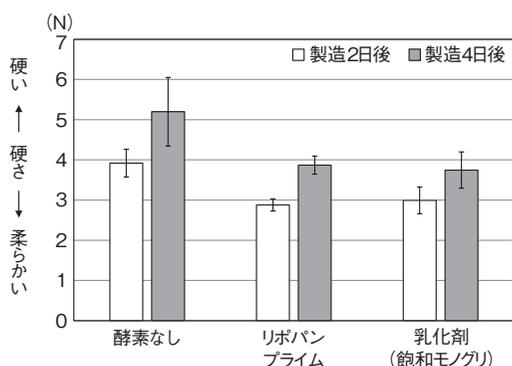


図7 リポパン プライムを添加すると、クラムが柔らかくなる

対する効果を調べるために、製造後2日目および製造後4日目の角形食パンサンプルの中心部を2.5cm厚にスライスし、動的弾性測定装置にて測定した。

その結果、製造後2日後、対照に比べ、リポパン プライムはクラムを柔らかくする効果を示した。製造後4日後でも同じように、リポパン プライム添加サンプルは、無添加よりもクラムの柔らかさを維持させた(図7)。

さらに、リポパン プライムと飽和モノグリセライド(クラムを柔らかくする乳化剤)を比較すると、製造後2日後および製造後4日後ともに、ほぼ同じくらいのクラムの柔らかさが得られた。

以上のことより、リポパン プライムは、モノグリと同等の初期のクラムの柔らかさおよびパンの老化防止効果を持つことが示唆された。

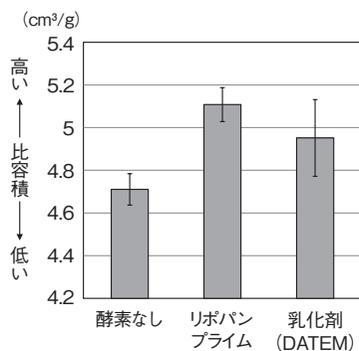


図8 リポパン プライムを添加すると、パンボリュームがアップする

(2)パンボリュームに対する効果

リポパン プライムのパンボリュームに対する効果はワンローフ食パン処方を用いて検討した。

図8が示すように、リポパン プライムを添加すると、酵素なしに比べ、パンの比容積が格段に増加した。さらに、ボリュームアップ効果のある乳化剤・DATEM (0.3%)の添加よりも、ボリュームアップ効果があることがわかった。

4. リポパン プライムと他の製パン酵素との組み合わせによる相乗効果

上記のように、パンの品質および製パン性向上において、リポパン プライムはオールマイティーに効果をもつことが示唆された。それでは、リポパン プライムだけ使用すれば、他の酵素の添加は必要ないのか?答えは否である。

表1で示したように、 α -アミラーゼ、グルコースオキシダーゼ、ヘミセルラーゼは、脂質を分解するリパーゼとは全く異なるメカニズムで製パンに貢献する。そのため、これらの酵素とリポパン プライムを併用すると相乗効果が生まれる。

例えば、リポパン プライムとノバミル3D(マルトース生成 α -アミラーゼ)との併用である。ノバミル3Dはクラムの柔らかさとパンの老化防止に関して強い効果を示す⁴⁾。こ

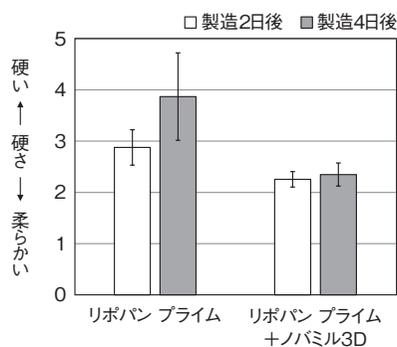


図9 リポパン プライムとノバミル 3D を併用するとクラムがさらに柔らかくなる

●官能評価 結果 (製造 4日後) N=10

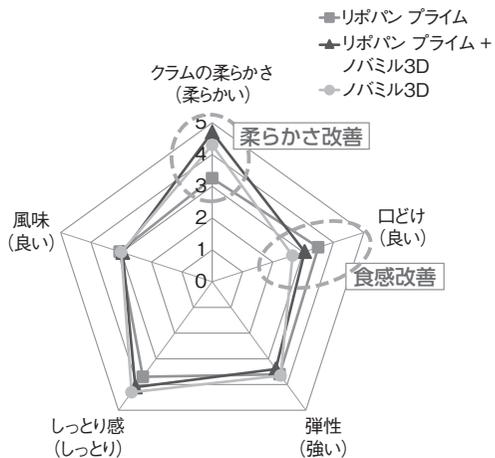


図10 リポパン プライムとノバミル 3D を併用するとパンの品質が向上する

のノバミル3Dとリポパン プライムを同時に使用すると、さらなるクラムの柔らかさを追及し、維持することができることがわかった(図9, 図10)。また、官能試験の結果を見ると、これまでマルトース生成 α -アミラーゼの弱点であった「口どけの良さ」が改善されることがわかった(図10)。

このように、これまで定番であった製パン用酵素とリポパン プライムを組み合わせることで、パンにより高い付加価値を付けることが可能となる。

5. まとめ

リポパン プライムは臭いリスクを軽減しつつ、パン品質・製パン性を向上することができる優れたリパーゼであり、パンの可能性を広げることができる素材である。

たとえば、海外での事例のように、クリーンラベルの一環である乳化剤代替技術としての利用が期待される。さらには、脂質を多く含む全粒粉などの健康パンの品質向上に役立つ可能性もある。

これまで、油脂との相性で、パンへの利用を避けられてきたリパーゼ。リポパン プライムは、これまでのリパーゼの常識を打破

り、幅広いパンのアイテムにおけるパン作りを次のステージに引き上げることができるとわれわれは確信している。ぜひこの新しい製パン用リパーゼを一度手に取って頂き、その可能性を感じてもらえれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 黒坂玲子: Pain 雑誌「パン」, 63 (10), (2016).
- 2) Lien R. Gerits *et al.*: Food Chemistry, 156, 190-196 (2014).
- 3) Bram Pareyt *et al.*: J. of Cereal Science, 54, 266-279 (2011).
- 4) 黒坂玲子: 月刊フードケミカル, 368 (12), 78-81 (2015).



ふくなが・けんぞう

ノボザイムズ ジャパン株式会社

食品&飲料分野 アカウント・マネージャー

九州大学大学院農学研究院博士課程

修了(学位:農学)。2012年, ノボザイムズ ジャパン株式会社入社。

とちお・たくみ

物産フードサイエンス株式会社 研究開発センター

広島大学大学院理学研究科 博士課程修了(学位:理学)。

2011年, 物産フードサイエンス株式会社入社。

かしわくら・ゆういち

物産フードサイエンス株式会社 研究開発センター 東京

アプリケーションセンター

明治大学大学院農学研究科 修士課程修了。2017年, 物

産フードサイエンス株式会社入社。

やすい・しのぶ

物産フードサイエンス株式会社 研究開発センター 東京

アプリケーションセンター

2012年, 物産フードサイエンス株式会社入社。