

Food Technology Chemical Center
University of Lund, Lund, Sweden
Amm-Charlotte Eliasson Kåre Larsson

〈文献〉 Cereals in Breadmaking 〈文献紹介者〉 瀬口正晴神戸女子大学教授

製パンに於ける小麦(9)

4. ドウ⑥

(3) 添加物の影響

これまで、小麦粉の主成分であるタンパク質、脂質、デンプンがどのようにしてドウを形成するかについて述べてきた。また、それらの性質や相互作用が、水を含んだドウ中で外部からどのように影響を受けるかについても述べてきた。pH、塩、砂糖、酸化還元剤といったものがドウディベロップにどのように影響しているかということについても述べた。多くのパン材料の仕込み表の中には、小麦粉以外の材料が加えられている。このセクションでは、これらの材料のうちグルテン、酵素、脂質、乳化剤などについて詳しく述べる。

①添加グルテン

グルテンとは、小麦粉と水が機械的に練られたときに形成される小麦粉中の貯蔵タンパク質ゲルの事であると定義されている。このグルテンという用語は、このゲルを乾燥した粉体にも使われている。このようにグルテンは、元々ドウを構成している固有の成分のことである。しかし、グルテン(バイタルグルテンとか、活性グルテンと言う)は、小麦粉のベーキング時の性質を改良する添加物としても使用されている。

添加物としてグルテンを使用するには、いくつかの理由がある。もし、小麦粉がベーキングのための十分な品質を持っていない時、他の小麦品種、またはグルテンでその小麦粉を強化することができる。もし、小麦粉をある特殊なパンを焼くのに用いる時、グルテンはその小麦粉に力を与えることができる。例えばパンに食物繊維を入れる場合、

グルテンはドウ中でこれを保持できるような力を発揮する。さらにグルテンは、冷凍生地から作るパンの品質改良にも使用することができる。

小麦には多数の異なった種類があり、その中のグルテンにも各々のグルテンが存在するが、このようなグルテンは、小麦粉以外にはないものと認識する必要がある。小麦の品種の違いが、ベーキングの性質に様々な違いとなってでてくるが、これは分離されるグルテンの性質の違いによるためである。小麦粉の分画、再合成実験の中で、グルテン区分のみを色々の小麦粉品種間で交換してみるとはっきりする。たとえば、ベーキング品質の悪い小麦粉どうしのグルテンでは交換してみても、やはり品質の悪いものしかできないことがわかる。

もう一つ注意しなければならない要因がある。それは、高品質のグルテンは、それを小麦粉から分離する時、ひどく傷められるという事である。研究室で調整されるグルテンは、商品用グルテンより品質の良い活力を示す。グルテン分離の時、もっとも障害が大きい分離のステップは、多分グルテンゲルの乾燥のステップであろう。過度の加熱はグルテンの活性を減少させる。また、グルテンを過剰の水で洗浄すると、そのレオロジーに影響を与える物質が流出してしまう。

グルテンを利用する場合、グルテン品質をどのように判断するかということに直面する。結局グルテンの品質評価の最も良い試験方法とはベーキング試験になる。しかし、この試験方法は面倒臭

表4 色々な結晶型脂質を用いて焼成した時のパンの高さ

添加脂質のタイプ	パンの高さ (cm)
未 添 加	5. 9 5
大 豆 油	7. 0 0
α 型結晶の脂質	7. 8 0
β' "	9. 3 5
β "	9. 6 0

く、しかもその結果は、常に判断しにくいものである。このようなことから、ベーキング試験に変わる方法がいづつか用いられている。その試験方法中には、SDS沈降法、水和時間法、吸水性測定法等がある。

もし、グルテンがベーキング品質の良い小麦粉から分離され、しかもその分離の過程の間もずっとその良好なベーキング品質を保ったとしても、そのベーキング結果は、常に期待した通りの良い結果を示すとは限らない。添加グルテンは、元々の小麦粉中のグルテンと相互作用をするが、それらの組み合わせが、ベーキング結果の上で正しいものであるようにしなければならない。

これは、多分添加グルテンについてののみを考えなくても良い性質の一つであろうが、非常に重要な点である。添加グルテンは、小麦粉のミキシング中に形成されるグルテンゲル中に巻き込まれてゆくが、この現象は少々複雑である。

添加グルテンで小麦粉の性質を改善しなければならない時、小麦粉中のグルテンの性質を添加グルテンが補う必要がある。例えば、小麦粉中のグルテンが余りに高いグリアジン／グルテニン比を持つものならば、添加グルテン中にはグルテニン量が非常に多いものでなければならないし、もしも小麦粉中のグニテニンが、非常に高分子量のものである時は、添加グルテンは、ドウのディベロップを促進するために、低分子量のグルテニンの多いグルテンを添加しなければならない。グルテン中のHMW(高分子量)区分を添加することによ

り、小麦粉ドウディベロップメント時間を増加することが出来、オーバーミキシングになっても、安定した状態を作り得るようになる。

LMW(低分子量)区分の添加は、これと反対の効果を与える。力の弱い小麦粉を強い小麦粉に変えるためには、グルテン全体とHMWグルテンの混合物を加えることが必要である。

小麦粉の一部がグルテンによって置き換えられた時、ミキシング許容量が大きくなり、その増加程度はグルテンの種類によって決まってくる。グルテンを増加した時、ドウの硬さがどのくらい増加するかということは、緩和係数Gで測定されてきた。このグルテン添加によるG値の増加は、すでに高いG値を示し、良好なベーキング結果を示している小麦粉ではっきり認められる。

市販のグルテンサンプルは、その種類によって空気／水の界面での伸張作用が異なっている。非常に低い伸張速度と、最終的に達する低表面圧とを示すグルテンは、そのグルテンが熱損傷を起こしていることを示すものである。

調整方法の具合でグルテンには脂質(1~10%(W/W))が含まれてくるが、これらの脂質の量とその構成成分は、グルテンを添加したときの小麦粉との相互作用に影響する。さらにこれらの脂質は、グルテンの粉体を保存している間、ずっと酸化的損傷にさらされる。そこでは脂質分子はグルテンの粉体の表面をカバーしているものと思われる。この脂質酸化は、確かにグルテン品質に関係する重要な要因である。

②酵素類

ドウ中の酵素は、オーブンで加熱変性するまでは、パンベーキングプロセスの中で重要な役割を持った物質である。アミラーゼ類は、発酵にとって必要な酵素であり、その他の小麦由来の酵素は、ミキシングの間、脂質や貯蔵タンパク質に影響を与える。小麦粉、あるいはドウに酵素を添加すると、小麦粉のスタンダード化が可能であり、また最高のパンベーキングが出来るようになる。

(a) アミラーゼ類

α -アミラーゼは、アミラーゼの中でも最も大切な酵素であり、 α -マルトース、デキストリン、グルコースを作る。これは、 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 結合を開裂するエンド型の酵素である。小麦粉中の水分含量25%は、穀物 α -アミラーゼの働ける最低の水分量である。その最低の水分含量とは、恐らく小麦粉中に「自由水」の生じ始めるころ(約23%)と関係があり、その件については既に述べた通りである。グルテン相の外にあるこの自由水の相は、酵素的加水分解にとっては必須のものである。小麦粉中の α -アミラーゼ活性は、パンベーキングの中でも最も重要な要因の一つである。

酵素活性はフォーリングナンバーテストによって測定される。このテストは、ある一定の装置中で行われる。そこでは小麦粉-水懸濁液を一度糊化し、それを酵素的加水分解し、そのゲル溶液をスターラーの棒が沈降してゆくスピードを経時的に測定してゆくものである。低いフォーリングナンバーを示す小麦粉、例えば100以下では、パンにした時、ネチャネチャしたクラムと貧弱な容積のパンしか出来ない。

α -アミラーゼは、低pH(<4)で変性するので、高 α -アミラーゼ活性を持つ小麦粉が、サワードウを用いるパン用の小麦粉として用いられている。 α -アミラーゼのレベルがあまりにも低いと、イースト発酵は、パンベーキングに利用できるようなスピードでは進まない。そこで α -アミラーゼか、あるいはモルト粉をそこに入れることが必要である。これは製粉の時に、よく行われるやりかたである。モルト粉は、黒っぽい色をしているのが欠点である。そこで α -アミラーゼを入れるほうが好まれている。特にかびのアミラーゼは熱に安定で

ある(ベーキングの時、100℃に達してもなお不活性化しないようなバクテリアアミラーゼも知られている)。

チョリウッドプロセスのような短時間の製パンプロセスでは、一般的なベーキングに用いるものよりももっと α -アミラーゼ活性の高いものが必要で、 α -アミラーゼの粉体を混ぜてやる必要がある。小麦粉は β -アミラーゼ(アミロースの非還元末端から $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 結合を加水分解して β -マルトースを生む)を含んでおり、小麦粉中のそのレベルは添加しなくてもそのままでも十分である。

(b) プロテアーゼ類

タンパク質分解酵素のプロテアーゼは、時にはドウのグルテン相の機械的な力を弱くするのに用いられる。高タンパク質含量のハード小麦粉が米国でしばしば作られるが、これにはプロテアーゼが必要であり、そのプロテアーゼとしてはかび由来のものが用いられている。非常に弱いグルテン相が望まれる時には、クッキーやクラッカー生産時のように、プロテアーゼが用いられる。時にはシステインを組み合わせて、S-S結合を減らすようにしている。

(c) リボキシゲナーゼ類

リボキシゲナーゼによる小麦粉中の高度不飽和脂肪酸の酸化は、貯蔵タンパク質の酸化と共に進む。多分、リボキシゲナーゼが製パン時に用いられた目的は、初めは小麦粉の漂白であったと思われる。1930年代、大豆粉が小麦粉ドウに加えられ、大豆粉中のリボキシゲナーゼによって小麦粉中のカロチン色素の漂白が行われた。リボキシゲナーゼのもう一つの使われ方として、フランス製パンの例がある。これは、パンの香りを改良するために、ホースビーン(たちなた豆)粉を用いるものである。その改良のメカニズムは、13-ヒドロパーオキシサイドを分解してヘキサナールを作り、それを利用するというものである。

③脂質

重量で2~3%の脂質がドウに添加され、パンクラム構造の改良とパン容積増加のために利用される。パンのテクスチャは変化し、パンの気泡もその壁が薄くなり、細かく均一になってくる。その結果、パンにはソフトさが生じてくる。連続

製パンプロセスの中で、高速ミキシングを用いる時には高融点の脂質の固まりを用いる必要がある。普通は約10% (W/W) の脂質が完全に固化した脂質を用いる。チョリウッドプロセスでは、ドウ中にこの脂質を0.7%入れている。

我々は研究室で、結晶型の色々異なった脂質を作り、それを用いてベーキングの比較検討をした。 β および β' 結晶型は水添(水素添加)なたね油で調整された。安定な α 型のものを得るためには、水添したラードから調整したモノグリセリドの酢酸ジエステルと言うかなり臭いトリグリセライドを用いた。ベーキングテストは、抵抗器付きのパン焼き器で行った。

小麦粉重量に対して2%のラード添加では、ドウの容積には何も影響を与えなかったが、オープンスプリング後のパンの容積には大きな効果があった。観察されたパンの高さについては表4に示した。脂質中の固形脂に対する液状脂の比率は、三種のタイプの脂質で全て同一に合せてある。これらの効果は、部分的にはドウミキシングの間、ドウに滑らかさを与え、ドウを均一にするのに効果があったためと説明されるが、固形脂が気泡と気泡の間のラメラを安定化したためということもその説明となるだろう。 β 形結晶の平板形は、 β' 型結晶の針状形に比べ、安定剤としての機能が優れていると思われる。

最後に、脂質添加でパン容積が増加するという顕著な効果は、固形脂がデンプンの糊化温度以下では溶けない(完全に水添された油脂の場合)時にのみ生じるということをはっきりさせておかねばならない。オープンスプリングの間、パン構造は物理的な力に対して安定でなければならない。

④乳化剤

第2次世界大戦前までは、モノグリセリド、ジグリセリドの混合物が製パンに用いられていた。これらの乳化剤は、トリグリセライドオイルにグリセロールを加え、再エステル化反応をやらせて作られたものである。乳化剤は色々な理由でベーキングに用いられているが、それは乳化のためではない。「乳化剤」という言葉は、そのため正確ではなく、歴史的な理由から用いられているだけである。

すべての乳化剤は極性脂質である。モノグリセリドとかジグリセリドのような添加剤は、元々小麦脂質中に少量ながら含まれている。乳化剤が水と反応にして、小麦脂質同様に水-脂質相を形成することは明らかである。更にそれらは元々の小麦脂質とも混合し、その水-脂質相の性質に影響する。このような分子のミキシングは、液状油相、あるいは固形脂相がお互いに混じり合った時は、いつでも起こる現象である。我々は、各乳化剤の機能を理解するうえで、その考え方の基礎になるものとして、これらのことについて後で考えてみたい。

乳化剤として、今日最もよく使われているものに蒸留したモノグリセライドがある。このモノグリセライドは、主にデンプン複合体形成用(クラム軟化剤)に用いられたり、クッキーやケーキ類の空気抱き込み剤としても用いられる。次に重要な点としては、パン容積に関するもので、モノグリセライドのジアセチル酒石酸エステル(DATEM)は、ドウの増強剤としても用いられている。

〈乳化剤、次号に続く〉