

製パンに於ける小麦(18)

5. パン⑥

c. アミロースとアミロペクチン

デンプンの老化におけるアミロースとアミロペクチンの役割の違いは、すでに述べた。モチ大麦デンプンで作ったパンは、始めは小麦デンプンや大麦デンプンで作ったパンよりも柔らかかった。しかし、3～5日後には、この三種類のパンはいずれも同じかたさを示した。この結果から、アミロースはクラム構造形成には関与するが、長期間の老化には関与しないことを示している。

d. 温度

パンやデンプンゲルの貯蔵温度は、結晶性やかたさに影響を及ぼす。X線回析パターンの型は貯蔵温度とは関係ない。老化による吸熱量の増加と、吸熱温度の変化は貯蔵温度によって変化する。デンプンゲルの場合、吸熱量の増加は $-1 \sim 10^{\circ}\text{C}$ の貯蔵温度域では、それより高いかあるいは低い場合よりずっと早く進む。同じ結果はボイルした小麦粒やパンでも得られている。

溶融吸熱(T_c)の最高値は、貯蔵温度が上昇するに伴って増加する。パンでは 4°C で3日間貯蔵すると、 T_c は 50°C となり、 25°C で貯蔵すると 54.5°C となり、 40°C で貯蔵すると 64°C になる。 T_c のこの変化は、より高い温度で貯蔵すると、より完全な結晶ができることを示し、吸熱値はよりせまい範囲のはっきりした値を示すようになる。

e. 水分含量

デンプンの結晶化はX線回析やDSCによって測定されるが、これはデンプンゲル中の水分含量に基づくものである。老化に必要な最高水分含量は、パンの中の水分含量に近い値であり、 $40 \sim 50$

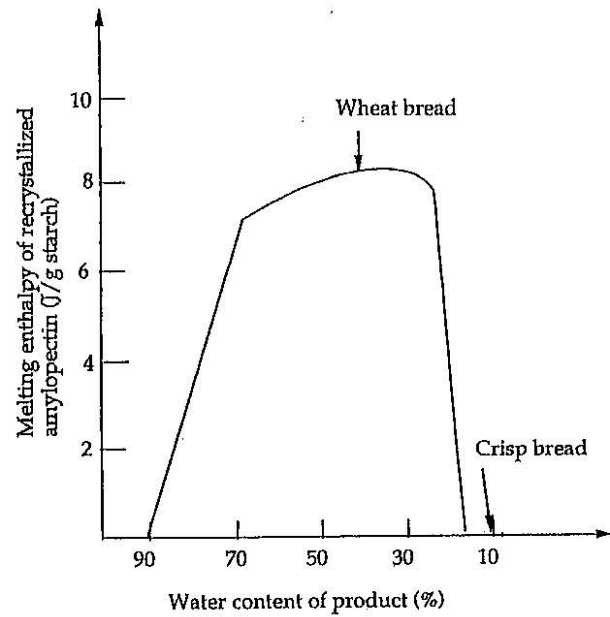
% (図24参照) である。老化にとって重要な水分含量は、糊化の間の水分含量ではなく、その後の老化がすすむ時の水分含量である。

かたさの測定とは、ゲル濃度が高くなるほど高い弾性率を示すといったことを表しているのではない。動的レオロジー測定は、貯蔵弾性率 G' がデンプン濃度の上昇に伴って増加することを示しているが、それは少なくとも $5 \sim 40\%$ の濃度範囲までである。もっと低い濃度では、より短い貯蔵時間で平衡値に達する。DSCで測定できる結晶性の増加や、かたさの増加は、水分含量の違いによっても変化するため、色々なパンの老化の比較をする時、もっとも硬いパンがDSCで最も低い再結晶性を示すデンプンをその中に含んでいるという誤った結果を与えてしまうであろう。

② グルテンの変化

パン、あるいはデンプン中心のゲル中のタンパク質含量は、貯蔵中の変化に重要な関係がある。タンパク質含量の高い時には、しばしば低老化スピードの結果がでる。これにはいくつかの理由があるが、かたさを測定する時、より高タンパク質含量のパンでは高いパン容積を与えるために、やわらかいクラムがえられる。また、タンパク質含量の相違は、いろいろなレベルでデンプン粒どうしを「分離」状態にするため、デンプンの老化は減少する。タンパク質自体の性質は老化には重要ではないようだ。再結晶したアミロペクチンの溶融吸熱は、グルテン添加によって変化する。これは、デンプンゲル中の水分分布に与える影響同様、デンプン粒どうしの分離効果にも影響している。

図24 アミロペクチンの老化への水分含量の影響二種類のタイプのパンの水分含量を示した。



グルテンゲル自体もまた貯蔵中に変化する。グルテンゲルを貯蔵すると、時間とともに硬さが増加し、 G' (貯蔵弾性率) は増加し、 G'' (損失弾性率) は減少する。しかし、デンプンゲルあるいはパンのかたさ、とグルテンゲルのかたさとの間に一つの重要な相違がある。パンクラムあるいはデンプンゲルが50~70℃の温度にまで再加熱されると、ゲルのかたさは減少し、そのレオロジー的性質ははじめのゲルと類似したものになる。

しかし、グルテンゲルを同様に加熱しても、このようなかたさの変化は起こらない。グルテンゲルのエイジング速度は温度とともに増加するが、その効果は特に短貯蔵期間の時、あるいは10℃以上の温度の時はっきりする。加熱グルテンゲルの損失弾性率は水分含量に大きく関係しており、10%水分含量では 3×10^3 MPa、30%水分含量では10MPa、60%水分含量では0.03MPaと報告されている。グルテンゲルは水分含量が約20%から40%に変化するとき、ビスケットやパン生地などのまわりのガラス転移を通過するといわれている。

③ 水の再分配

長い間、パンの老化で起こる変化は、水分損失とは関係ないと言われてきた。しかし、もし水分損失が貯蔵中に起こる時には老化はすすむ。ベーキング時の仕込み加水量の増加は、パンにソフト

さを与え、かたくなるスピードを減少させる。老化中に水分損失が起こらなくても、水は恐らくその間に再分配されるだろう。クラムとクラストとの間の水の再分配と、成分間 (グルテンとデンプン) の水の再分配については既に述べた。しかし、ある研究では、デンプンからグルテンへ、あるいはグルテンからデンプンへ水の移行を報告しているが、水は全く移行しないとの報告もある。

ある研究では、老化したパンクラムあるいは老化デンプンがより大きな水分保持能を示すことを観察している。もちろん、これは水が、グルテンから移行していることを示している。ベーキングの間、グルテンからデンプンへと水の移行することが示され、この水の移行は貯蔵中にもつづくであろう。グルテンのデンプン糊化温度への影響は、デンプンへグルテンから水が移行するためであると説明されてきた。他の研究では、デンプンの水分保持能の低下が観察され、グルテンの水分保持能が変化しないことも観察された。

グルテンゲルと密着しているデンプンゲルは、貯蔵中その水分含量を増加するが、反面グルテンゲル中の水分含量は減少する。最適以上水分吸着量の増加は、ファリノグラフのデーターからわかるが、それはグルテンの水分含量がより高いためではなかろう。最適水分吸着量は、グルテン

量に応じてきまり、その時グルテンは最適の膨潤を示す。しかしこの時の水移行量は小さいものである。計算によるとわずか全水量のうちの3%が再分配される水量である。これらの実験で、抗硬化剤は水の再分配速度を減少させるために働くものであるということが判明した。更に別の実験では、乳化剤は水の役割に影響して老化を左右するのではないと考えられている。

(3) パンの老化防止、低下方法

これまでデンプンの老化を抑える数々の方法について述べてきた。もし、デンプンの老化とパンの老化との間に何らかの関係が存在するとすれば、デンプンと同様の方法がパンの老化低下にも効果があるであろう。この章の前のセクションで、パンの品質を保持するためには正確な貯蔵温度を選ぶことが大切であるということが明らかになった。室温、あるいは冷凍温度は冷蔵温度より老化防止に好ましい。

パンへの添加物は小麦粉の成分同様、品質保持に影響する。パンの老化を助長し、あるいは減少させる成分としては、アミロペクチン、アミロース、モノアシルリピド、トリグリセリド、砂糖、アミラーゼ類、タンパク質、ペントザン、塩、水などがあげられる。

① 酵素類

ドウへの α -アミラーゼ添加は、パンの老化スピードを減少させることができる。細菌 α -アミラーゼは、カビ α -アミラーゼあるいはモルト入り小麦粉よりもパンのかたさに与える影響は大きい。パン老化を抑える酵素類の利用は、多少危険を伴うものである。即ち、添加量が多すぎるとパンクラムはねばっこくなり、そこにはデキストリンやあまり歓迎できないような物質が形成されてくる。酵素の活性のうち20%ほどはベーキング直後もそのまま残る。添加酵素の影響は、その熱安定性に関係があるが、カビアミラーゼ<穀物(モルト)アミラーゼ<細菌アミラーゼの順にその熱安定性は増加してゆく。細菌アミラーゼは、デキストリン化のレベルが同一になった時に効果的になる。

DSCで測定される老化吸熱の低下に伴い過剰の酵素活性の存在が観察された。腐敗していない小麦粉、モルト添加小麦粉でパンをそれぞれベー

キングすると、老化吸熱の増加はモルト入り小麦粉で焼いたパンではずっとゆっくり進む。 α -アミラーゼによるこの抗老化のメカニズムは、異った結晶域をつないでいるデンプン鎖が破壊されるためであると考えられている。結晶ネットワークは、そこではより小さなひろがりになっている。

X線回折パターンは細菌 α -アミラーゼ添加後、その大きさが増加する。 α -アミラーゼを添加したパンは、コントロールのパンに比べそれほどかたくはなかった。これは、特に細菌 α -アミラーゼを用いた時にはっきりする。一方、相対結晶性は α -アミラーゼ添加で大きくなり、これは特に細菌 α -アミラーゼ添加のパンで顕著であった。デンプンの結晶性は、こうしてみると、パンのかたさの変化とは関係ない。面白い現象が細菌 α -アミラーゼを添加したパンで観察された。それは老化の間、Aパターンが観察され、一方、他の同一添加パンではBパターンも観察されたということである。

各単一格子の違いが、パンの水分布に特異的な影響を及ぼし、こうしたX線回折データーと、パンのかたさの結果の間の不一致を引き起こしていると結論づけられている。Aパターンを示す単一格子は8分子の水分子を含み、Bパターンの単一

格子は36分子の水分子を含んでいる。もしB-結晶だけが形成されるなら、A-結晶、B-結晶の混合物が形成される時より、あるいはA-結晶だけが形成される時よりも、多くの水がグルテンからデンプンへ移行するはずである。グルテンからデンプンに移行する水量が増加する結果、相対結晶性が低くてもパンのクラムはかたくなる。

② 脂質とショートニング

脂質やショートニングは、老化の間、パンがかたくなるのを抑える働きをする。3%の脂質あるいはショートニング添加は、その効果があるが、添加量は更に6%あるいは12%と引き上げると、その効果は失われる。しかしながら、0.5%モノグリセリド添加は、パンの老化を低下させる働きがある。おそらく脂質と極性脂質は異なったメカニズムで老化への影響を示すものと結論された。脱脂小麦粉で焼いたパンは、未処理小麦粉のパンよりかたくなる時間がかかった。ショートニングをこの脱脂小麦粉に添加しても何も影響はない。

DSCで測定する老化吸熱量は、ショートニング添加で減少した。しかし、その結果はあいまいなもので、他のショートニング添加実験では全く効果はなかった。モチトウモロコシデンプンの老化はデンプン100g当たり1.4gの大豆油添加でも影響を受けない。これら結果のパラッキは、遊離脂肪酸含量の違い（油中のコンタミとしての遊離脂肪酸がアミロース/アミロペクチンと複合体を形成しえる）によるためと思われる。

③ 乳化剤

ある脂質（乳化剤、界面活性剤）がドウに添加されると、パンの老化は減少する。その中でも効果のあるものは、モノグリセリド、ソジウムステアロイル2-ラクチュレート（SSL）、ジアセチル酒石酸のモノグリセリドエステル（DATEM）である。すべての乳化剤が同じ効果を示すわけではなく、例えばモノグリセリドはDATEMよりずっと効果がある。

老化への添加脂質の効果がでるためには、脂質の物理的な状態が最終的には重要となる。例えば飽和モノグリセリドでは、 α -結晶型ゲル相は β -結晶型の水和したものよりずっと効果があると言われている。もし、モノグリセリドが異なった相の

性質をださないようにして添加されても（例えばNaClミセルとして添加）、なお、鎖長の長さや不飽和度のちがいにによって相違がでてくる。モノパルミテートはパン容積、クラムのソフトさへの影響がもっとも大きいことがわかっている。

もし、天然の小麦粉脂質が抽出され、再合成に使われると、それらは0.4%の低添加レベルでは老化を増加するが、1.6%の高添加レベルでは老化を抑えた。添加乳化剤はDSCで測定するクラムの ΔH_c と同様パンのかたさの値にも影響する。事実、これらの値はかなり高い相関係数（0.998）を示すことが報告されている。

パンのかたさに与える乳化剤添加効果は、焼きたてのパンクラムのソフトさで説明されるが、しかしながら老化の方はコントロールのパンと同一のスピードですすむ。いくつかの研究では、やわらかいパンがモノグリセリド添加で得られている。しかし、他のいくつかの研究ではそうではないという結果も発表されている。もし、アミロースがパンクラムの構造にとって重要であるならば、乳化剤添加は（乳化剤はアミロースと複合体を作ると考えられている）モチ大麦粉でベーキングした時と同様にやわらかいクラムができるかどうかがまづ議論されるところであろう。

パンにモノグリセリドを添加した時、無添加の時で各々のパンのかたさのAvrami分析を行うと、 A_L （無限時間後のデーター）、速度定数、何れの値もモノグリセリド添加で減少した。 A_L 値の減少は、より大きくなるパン容積によるものであって、 k 値（速度定数）の減少によるものではない。X線回折の研究から、乳化剤はデンプンの結晶性に直接影響することがわかったが、かたさ測定結果は単純にパン容積もしくは初期のグラムソフトの変化を示していないことがわかった。新鮮なパンでは、V-型だけが観察された。時間とともに、B-型が現れてくる。しかしながら、もし乳化剤が添加されると、V-型は増加し、B-型はコントロールに比べより低い程度にとどまる。

乳化剤がデンプンゲルあるいはパンに添加されると、アミロペクチンの老化によるDSC吸熱は減少する。Avrami分析は、 A_L と n が乳化剤の存在には関係なく、一方、 k は乳化剤で減少することを

示している。最終の結晶化度はモノグリセリドを添加しても変わらないが、この最終値に達するまでの時間は長くなった。もし、パンがトーストされるか加熱されて再結晶化したアミロペクチンの融点以上の温度にまでなったら、かたさおよび ΔH 値の両方の値は減少するだろう。

吸熱のエンタルピーはアミロース-脂質複合体の転移によって生じるが、これは脂質添加量に比例して増加する。この吸熱の大きさは、添加脂質のタイプと量によって決まってくるが、パン貯蔵中にはそれは変化しない。添加脂質は明らかにアミロース-脂質複合体を形成するが、この複合体がいかにアミロペクチンの結晶化を阻害するかを説明することは難しい。V-型とB-型の大きさの間には単純な関係はない。また、ある乳化剤のアミロース複合体形成能とその抗老化効果との間にも単純な関係は見当らない。

先に述べたように、添加脂質はアミロペクチンとも複合体を形成することができる。もし、アミロースとアミロペクチンの両方が存在している時、複合体はまずアミロースと添加脂質の間で形

成される。アミロースが脂質で飽和化されると次にアミロペクチンとの間に複合体が形成される。同じ結論が添加モノグリセリドとパンの間でも得られている。

低モノグリセリドレベルでは、アミロース-脂質複合体の転移による吸熱はモノグリセリド量に比例して増加する。しかし、約1%モノグリセリド以後ではアミロース-脂質複合体のエンタルピーは全く同一になる。モノグリセリドのアミロペクチン老化への影響は、複合体吸熱のエンタルピーが一定に達するまでは全く小さい。即ちその時 ΔH_c は降下する。

アミロペクチンは、たしかに脂質と複合体を作るが、この複合体は結晶化を邪魔する。その時のパンクラムの様子を先に図で示した。連続相を形成しているデンプンとともにアミロペクチンがパンの老化原因の主要因であるという結論を強く示している。パンの中の連続的媒体はデンプンであり、気泡組織の核心部で起こるいかなるテクスチャ変化もパン全体に強い影響となってあらわれてくる。
(完)

特許出願公開中のパン関連発明(要約)

製菓用油脂組成物およびそれを用いた菓子
公開番号：特開067690 公開日03月27日
(株)カネカ 優先権主張番号2005315199
〈課題〉菓子作製時に乳化剤などの吸油性改善剤を用いることなく、多量の卵を生地中に均一に分散させることができる安価な製菓用油脂組成物、およびそれを用いて作製されるパウンドケーキやクッキーなどの菓子を提供すること。

〈解決手段〉乳化剤を含まず、平均油脂結晶粒径が $20\mu\text{m}$ 以下で、結晶粒径が $50\mu\text{m}$ 以上の油脂結晶の数が油脂結晶全体数の1%以下であることを特徴とする製菓用油脂組成物と共に、砂糖や卵を主に含有する混合物であって、製菓用油脂組成物100重量部に対して卵を100～200重量部含有し、混合物中の卵が分離していないことを特徴とする混合物を作製し、それを用いて製菓用生地、さらにそれを焼成するなどして菓子を作製。
製パン用小麦粉の製造法 公開番号：特開2008—072954 公開日04月03日 日清製粉(株)
〈課題〉ソフト系小麦を用いて、製パン適性に優れ、かつ高品質で老化耐性に優れるパン類が得られる製パン用小麦粉の製造法を提供すること。

〈解決手段〉主としてソフト系小麦からなる原料小麦を常法により製粉して得られた小麦粉を、平均粒径の異なる以下の(A)～(C)の3部分に分割し、(A)の部分と(C)の部分の混合することを特徴とする、製パン用小麦粉の製造法。(A)主として粒径が $15\mu\text{m}$ 未満の小麦粉で構成され、平均粒径が $15\mu\text{m}$ 未満の小麦粉からなる部分。(B)主として粒径が $15\sim 40\mu\text{m}$ の小麦粉で構成され、平均粒径が $15\sim 40\mu\text{m}$ の小麦粉からなる部分。(C)主として粒径が $40\mu\text{m}$ を超える小麦粉で構成され、平均粒径が $40\mu\text{m}$ を超える小麦粉からなる部分。
焼き菓子生地用成形剤、それを用いた焼き菓子、焼き菓子の製造方法および焼き菓子生地の成形改善法 公開番号：特開2008—073018 公開日04月03日 クラシエフーズ(株)
〈課題〉小麦粉含有量に拘わらず、焼き菓子

製造工程中の成形性を良好とし、風味に影響を与えず、風味素材本来の風味及び食感を生かし、歯切れが良くて歯ごたえのある砕けやすい食感を付与できる焼き菓子生地用成形剤、それを用いた焼き菓子、焼き菓子の製造方法及び焼き菓子生地の成形改善方法を提供する。

〈解決手段〉粒子未崩壊アルファ化澱粉及びサツマイモパウダーのうちの少なくとも一方を含有することを特徴とする焼き菓子生地用成形剤により達成する。

積み重ねができる製菓用オープン 公開番号：特開2008—076036 公開日04月03日 (株)七洋製作所

〈課題〉本発明は、オープンの後端面の上、下部に排気ダンパーと排気誘導部をそれぞれ設けることによってオープンの積み重ねが可能となる製菓用オープンを提供することを目的とするものである。

〈解決手段〉本発明は、焼成室の上下部に上火用加熱部および下火用加熱部がそれぞれ配設され、菓子生地投入用としての開口部に開閉扉が装着される製菓用オープンにあって、前記製菓用オープンの後端上部に設けられる排気用ダンパーと、前記製菓用オープンの後端下部に形成され、その下端が開放状ともされる凹状の排気誘導路を備え、前記製菓用オープンを積み重ねたときに、排気用ダンパーの開口端が積み重ねられる製菓用オープンの排気誘導路の下方に位置する如き構成とされる。

菓子パンおよびその製造方法 公開番号：特開2008—086303 公開日04月17日 大島和子

〈課題〉菓子パン 従来はチョコパン、あんパンはあったが混合したものはない。

〈解決手段〉ビターチョコレートとぜんざいの煮つめたあんを、グラニュー糖と水を加え、15分～20分位煮つめる。やや水分が残っている位で、堅すぎず、また柔すぎない餡を作りクロワッサンの生地に取り込む形は円または楕円形どちらでも可。