

「米や米粉の特性に応じた米粉加工品開発」

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター
米品質研究近中四サブチーム 主任研究員 荒木悦子 氏

今日は、米や米粉の特性に応じた米粉の加工品開発ということで、大きく分けて5つの話をしたいと思います。

1. 新しい米粉食品への期待

米粉とは字の通り米を粉砕して作った粉です。米粉は非常に古くから使われている素材で、遣唐使の時代に中国から米粉を使ったお菓子が日本に持ち込まれてきたのが最初だと言われています。

最も手に入りやすいのは上新粉だと思いますが、ちょっと高級な和菓子を作るときには上用粉という物を使います。メッシュで分けてより細かいのが上用粉だと言われています。実際にスーパーで購入した上新粉と上用粉で粒度の違いを比べてみると、やはり上用粉の方が大きな粒子が比較的少ない結果となりました。ただし上新粉についてはいろいろなタイプのものがありました。

他にも、いろいろな米粉があり、いろいろな物が作られてきましたが、日本では米粉の利用はお菓子に限られてきていてなかなか主食としての利用はなく、一般的には粉を使った主食は小麦粉から作っているというのが現状です。それに対して、アジアの国々、中国やベトナム、タイやフィリピンなどは、麺やライスペーパーなど、昔から米粉で主食が作られていました。では日本ではなぜ作られなかったの

かを考えてみました。それは、日本人の食生活には米飯が合っていて、わざわざ日本のおかずをライスペーパーに巻かなくても、ふっくらと炊いた米をおかずと一緒に食べるのがおいしいということで、粉にした米粉で主食を作ることが発達して来なかったのかと思います。

しかしながら今、米の消費量が減少しているという大きな問題が発生しています。日本人は、昭和37年頃は年間一人120キロくらいの米を食べていましたが、現在はその半分の60キロくらいと言われています。食べたら太るという気持ちなどもあり、米を食べることが減ってきています。これが、日本全体で考えると大問題になってきています。

一番大きな問題が、水田が使われなくなっているということです。使われなくなった水田をどうするかというと、転作田で麦を植えたり大豆を植えたりしていますが、なかなかうまくいきません。日本の風土はやはり水田作がっているということで、米を作ることが一番効率がよいのですが、こんなに米を食べなくなっているのではどうしようもない部分もあり、そういったことなどから考えられた対策の一つが、小麦で作られている物を米粉で作ってみようという試みでした。

いろいろな食べ物が小麦粉で作られており、これを米粉で作れば少しは水田の利用も上がるのでは

ないかということで考えられた作戦の一つとして、米粉利用に関する検討が始まりました。

さまざまな小麦粉食品がありますが、私たちの研究センターで米粉の研究を始める際、パンを作ってみようということになったのは、パン用小麦品種育成の研究のためのパン製造用施設が研究所にあり、またパン研究に関する知見の蓄積があったということがきっかけでした。

現在米粉パンと呼ばれている物は主に3種類あります。

一つ目としては、小麦粉に米粉を加えるという種類のパンです。平均すると米粉の含有率は5~10%の物が多いですが、最近では半分近く加えられている物も出てきました。コストの面等からの問題で、大手製パンメーカーがこのタイプのパンを米粉パンとして販売しています。

二つ目のタイプとしては、地域と密着したパンということで、米粉に小麦グルテンを足しているタイプがあげられます。これは一つ目のタイプに比べ米を使用する割合が非常に大きくなります。より多くの米を使うということで考えていくと、この二つ目のタイプになるかなと思います。

三つ目として、小麦粉やグルテンなどを加えない、米粉100%のパンがあります。膨らまないという点でパンとして楽しんで食べるというよりは、小麦アレルギーの方の対応食ということで進んできています。

2. 上新粉と小麦粉の違い

最も大きな上新粉と小麦粉の違いは、グルテンの有無ということになります。

グルテンはタンパク質の一種で少し特殊な性質を持っています。グルテンは水を加えてこねることでまとまってきて、ガムのような伸びる性質になり、この性質がパンを作る際に非常に重要になります。パン生地の中のこのガムのようなグルテンが含まれていると、イースト菌が発酵していったガスを出し、それが気泡となって行く際に、グルテンのような伸びる生地だからこそ、気泡が生地の中にとどまったままできることができ、発酵を続けてふっくらとした綺麗なパンができあがります。グルテンがないと、生地が伸びないのでこの気泡が壊れ、気泡の含まれた生地になりません。このようにグルテンはパンを作る際には必須のタンパク質ですが、米粉にはグルテンがないので、米粉パンを作る際には小麦粉やグルテンを添加するという方法が考え出されました。グルテンの網目構造がしっかりできることが良いパンを作る条件になるとも言えます。

小麦粉の分類としては、グルテンの含まれている量に応じて薄力粉から強力粉まで分類されます。米粉もこれに対応するようにグルテンの添加量を変えていけば、小麦粉と同じような使い方ができるようになります。これにより、米粉でパンができるのではないかと考えられていたがうまくいきませんでした。当初米粉パンを作るのに上新粉を使おうという試みがなされたのですが、上新粉ではグルテンを添加してもあまり膨らまないため、上手にパンができず、このことから、粒子の大きさが影響しているのではないかという話になりました。

上新粉と小麦粉の粒度の分布を調べてみると、上新粉の方が小麦粉に比べて大きい粒子が多い結果となりました。当初米粉パンを作る時、最初の目標は小麦粉と同じようなパンを作ろう（今ではこの考え方とは別に、米粉独自の特性を活かした小麦粉パンにはない食感をめざす米粉パン作りも進んでいます）というのがあったので、粒子の大きさも小麦粉並に小さくする必要があるだろうというのが目

標の一つとされました。これにより、製粉方法の開発が進みました。

3. パン用米粉の開発

製粉方法の開発当初、小麦粉のような米粉を作るためには、小麦と同じような製粉をすればよいのではないかと、ということになりましたが、それは大きな間違いでした。というのも、米と小麦では種子の構造がまるで違うからです。小麦の場合、円盤状の2種類のデンプン粒の間に、グルテンが埋まっています。これに対し、米はデンプンがぎっしり詰まっているだけです。しかもデンプンが角張っていて、結果として米は小麦より非常に堅い種子となっています。堅いということは、同じ粉碎方法を使っても小麦のように細かい粒子にはならないということになります。そこで、いろいろな粉碎方法が試されました。その中の一つとして、气流粉碎機が試されました。气流粉碎機というのは、もともと鉍石のような堅い石を粉碎する機械で、食品分野ではあまり使われていなかった機械でしたが、堅い物を粉碎するのに適しているのではないかとということで試された中に入っていました。いくつか粉碎機がありますが、小麦の場合はロールミルが一般的です。上新粉やその他米粉はスタンプミル、ハンマーミルが多く取られています。スタンプミルもハンマーミルも、どちらにしても鉄などで米をつぶしていくという粉碎方法で、これと比較して气流粉碎は、粉碎機の中に高速の气流が発生していて米と米がぶつかって粉碎されるというもので、非常に堅い物が粉碎できるという粉碎機です。

气流粉碎機を使うと米でも細くなるということがわかってきましたが、もっと細かい粒子の米粉を作ろうということで様々な工夫がされました。その一つが、細胞壁分解酵素で米を少し柔らかくしてから粉碎機に掛けるという方法です。(新潟県開発)

酵素を使って米を柔らかくしています。酵素なしで水につけておくだけでも米は十分柔らかくなるので、この方法も使われています。これは1~2時間水に付けておいて粉碎機に掛けるという方法で、こちらでも十分細かい米粉が作れるようになってきています。

4. 米粉パン加工に向く米粉の特性

米も細かい粒子の粉にすることができ、よく膨らむパンができるようになってきました。私たちは、この新しい製粉方法で調整した米粉の性質をわかりやすく示すために、いろんな粉碎方法で粉碎した米粉を使ってパンを作ってみました。その際に、水分含量やいろんな物を計りましたが、損傷デンプン含有率も計ってみました。一般的な小麦粉パンでは、損傷デンプン含有率がパンのふくらみ方に影響するということが知られていましたので、測定項目の一つに加えて計ってみたのですが、最初は損傷デンプン含有率の影響はそんなに大きくないと考えていました。ところが、いろんなパンを作ってみてそのふくらみ程度と米粉の特性の相関関係を見たところ、損傷デンプン含有率は非常にパンの膨らみに関係していることがわかりました。

損傷デンプン含有率が高いとパンがよく膨らまず、低いとパンがよく膨らみます。また、損傷デンプン含有率が低くてパンが良く膨らんだのは、どれも气流粉碎機で粉碎した米粉だったということがわかり、气流粉碎機で粉碎した米粉は粒子が小さいという特徴もありますが、それに加え、パンの出来具合と関連させると、損傷デンプン含有率が低いということが重要な要素としてあげられることがわかりました。

損傷デンプン含有率が非常に高かったものは、細かくし過ぎることでデンプンの形状が壊れており、

調理用の米粉と書いてある物は必ずしもパンには向いていないということもわかりました。粒子の大ききさで見ると、やはりパンの膨らみの良かった物は大きい粒子が非常に少ないということがわかりました。

良く膨らむパンができる米粉は損傷デンプン含量率が低いということが重要な要素として言えると考えています。損傷デンプンが少ないということは、粒子中でデンプン粒や細胞構造があまり壊されていない米粉と言えます。粒子の大きさについて言うと、100 マイクロ以上の大きな粒子は少ない方が良いですが、細かすぎると損傷デンプンが上がってしまうので、程よい、適した粒度の範囲があり、なおかつ損傷デンプンが少ない物がパン用米粉の品質としては適していると考えています。

5. 米粉パン加工に向く品種特性

次に、それを踏まえて様々な品種で同じ製粉方法を使った時の、品種間の違いが分析されてきました。このような品種間の違いの分析は、3年くらい前まではあまり重要視されていませんでした。というのも、当時米粉の生産にはくず米が使われることがほとんどであったので、品種特性を見たところでそのような米粉を生産することは現実には少なく、それよりもどれだけ安くくず米が手に入るか、くず米を手に入れられるところをリストアップしてくれということを言われていました。ところが、米粉生産の取り組みが大きくなるにつれ、米粉生産に適した品種を知りたいという要望が増えてきました。

小麦粉もそうですが、米粉の主要成分はデンプンですので、まずデンプン特性とパンの適性が注目されました。他には栽培特性とタンパク質含量は非常に関連があるので、タンパク質特性と製パン性が注目されました。

また、気流粉碎機により調整した米粉は、品質はピカイチですが製粉機が非常に高価で、気流粉碎機を整備した設備を整えるためには、数千万円以上の費用がかかります。助成金を受けて半額補助があっても簡単には整備できない額です。このことから、安い製粉機の設置で良い物ができないかということをも目的とした研究、また、米粉は高いと言われていたので、原料米を安くして安定的に供給することを目的とした多収米を原料とする試みも行われています。

品種特性と製パン適性について調べてみたところ、異なる品種で様々な形状のパンができるということがわかってきました。極端に形がつぶれる物もできてきて、それらを調べたところアミロース含量とパンのつぶれ具合に関連があることがわかってきました。アミロース含量は一般的に16~20%で、それより低い物が低アミロース米、22~23%以上が高アミロース米とされます。もちはアミロース含量がゼロです。アミロース含量が非常に低い物は、パンにしたときに側面がつぶれるということがわかりました。これだけを見るとアミロース含量が高い方が良いのかなと思われそうですが、アミロース含量が高いと今度はパンが堅いということがわかり、アミロース含量については、中程度のもの、一般品種としてとらえられている物がパンに適しているということがわかりました。

現場では、米粉パンは堅くなりやすいという声をよく聞きます。パンが堅くなるのはデンプンの老化と関連があります。このデンプンの老化、時間が経つと堅くなることの測定方法についてですが、柔らかさが保たれるのは何日程度か測定したいということになると、実際に堅さを見ていくのが一番良いと思います。パンの堅さの計り方についてですが、パンを置いて、一回つぶして、戻して再度つぶすということで、どこまでつぶれるかどこまで戻るか、人がものをかむ動作を想定してデータを取るとい

う方法があります。ただ、この方法でデータを取るには特殊な機械が必要なので、普通は難しいと思います。現場では、自分たちで食べてみてどの程度までなら許容範囲かを、記録を取って考えるのが一番良いと思います。

パンがなぜ堅くなるか簡単に説明をすると、そもそも、デンプン粒を含むグルテン層の間の気泡がパンの形状を維持しているのですが、このデンプン粒の中のアミロペクチンとアミロースが、焼くことによって少し変化します。デンプン粒からデンプン分子（主にアミロース）が溶け出し始めるのですが、焼き上がるとこの出てきたデンプン分子が固まります。時間をおいていくと、デンプン粒が硬化（アミロペクチンが結晶化）し、これが堅さに影響しています。

パンの堅さの測定は難しいと言えます。焼いた直後のパンの堅さにはあまり差がないことも多いですが、1日後からの測り始めますと、2～3日目ぐっと堅くなる傾向があります。実際には、せいぜい3日くらいで食べると思うので、堅くなることをあまり考えすぎるのも良くないかと思います。1個の包装量などのパッケージングの工夫によって、3日以内で食べきるようにしてもらうのがよいかと思います。堅さがどこまで許容されるかということは、売る人が食べてみて、この日までの堅さなら売れるという自信が持てる範囲で売るのがかなと思います。米粉パンは確かに堅くなりやすいですが小麦粉のパンも当然堅くなるので、米粉パンだからということあまり強調せずにも良いのかなとも思います。

ピンミル粉砕機については、300万円くらいで導入可能なので取り組みやすいかと思いますが、このピンミルで調整した米粉で十分な膨らみのある食パンを作ることは難しいです。より良い米粉が調整できるように粉砕機の改良が進められていますが、

気流粉砕機で調整した場合よりも損傷デンプン含有率が高くなってしまいます。

そこで、品種の特性によって、この問題を解決できないかと考え、粉質米を使うことが検討されています。粉質米とは餅米のように米が白く白濁してしまううるち米です。白くなるのはなぜかという、デンプン粒のつまりが悪いので白くなります。米が堅くなるのはデンプン粒が詰まっているため、逆に言うとデンプン粒のつまりが悪いと堅くないということです。粉質米は米自体が柔らかいので、特殊な粉砕機を使わなくても粒子が細くなるのではないかと期待し、ピンミルを使って粉質米で米粉を作ってみました。

結果としては、コシヒカリと比べると粉質米は非常に柔らかいということがわかり、同じ力をかけているにもかかわらず、粉質米は損傷デンプンの量が少ないということが確認できました。実際にパンを焼いてみると、コシヒカリより粉質米の方が良く膨らみました。膨らむ原因は損傷デンプンが少ないからです。

この結果から、粉質米のような品種を使うと、ピンミルでも良い米粉が作れるのではないかと考えています。

また、多収米を使って米粉の値段を安くしていこうということも始めています。各地の育成所で様々な多収米が作られています。そのほとんどが飼料用として多収を図っていこうというものなので、「べごのみ」や「べこあおば」等、名前が食用向きでないような印象を与えますが、食味試験を行っておいしくおいしくないかを確認していただければ人が食べてはいけないことは全くないお米です。これらの品種はお米の形状だけ見ると玄米品質としては悪い物もありますが、パンにしてみると玄米品質とは関係なくしっかりしたパンができました。ただ、アミロース含量が高いものはやはり堅

く、多収の飼料用イネとして作られている物もパンを作ることは可能ですが、アミロース含量には注意が必要だといえます。



6. まとめ

損傷デンプン含有率が低い米粉で作ったパンは膨らみが良いこと、中程度のアミロース含有率（16～20%）の米粉が米粉パンの製造に適していること、粉質米はパン製造に向く高品質な米粉を作りやすいことなどがわかってきています。また、飼料米用の多収性米で米粉パンを作ることは可能であるが、アミロース含量に注意が必要であることも明らかになってきました。

米粉を取り巻く技術開発は、日進月歩の勢いで進んでいます。新技術への対応や、現場への導入を効果的に行っていくことが重要だと思います。自分たちが使う米粉が、どんな特徴をもっているのかを理解して商品開発をしていただけたらと思います。

また、商品の競争も出てくるかと思えます。差別化についても、より工夫が必要になると思われます。品種特性と製パン適性について考えると、低グルテリン米については、グルテリン含量の少ない物で作ると非常に風味が良いという評価が出始めています。米の品種特有の性質が、差別化を図る一つの要

素になるかと思えますので、こういった情報をできるだけ早く出せたらと思っています。

グルテンを使用しないパンについては、いろいろな試みがされていますが、なかなか普及に至っていません。グルテンを使用すると、小麦アレルギーの方が食べられないということや、グルテンは高いので、価格を下げられるためにもグルテンを使わないという方向性が今後さらに強くなると思います。また、グルテンはほとんどが輸入品ということもあり、安心安全の観点からも、重要な要素になってくるのではないかと思います。

米粉の利用をさらに広げていくために、様々な食品への加工の試みが既に始まっています。加工品の種類によって求められる米粉特性が違います。例えば、麺もタイプとしては小麦粉やデンプンを加えるものや、米粉だけで作る物などいろいろありますが、くっつきにくくするという意味では、パンと違ってアミロース含量が高い方が良いと言われています。同じ米粉の材料でパンも作って麺も作ってというのはできなくもありませんが、両方ともよりよい物を作るという場合には、少し材料を変えなくてはいけない場合もあります。また、パンは作り方がほぼ整ってきているところですが、麺の方は様々な作り方が試みられています。最近、米粉100%でパスタマシンを使って作るのが良いのではないかと注目されています。

また、加工食品の種類によって求められる粒子の特性について考えると、パン加工では粒子の大きさと損傷デンプン含有率のどちらも重要な形質と考えています。一方、洋菓子では粒子の大きさと損傷デンプンの影響は小さいのではないかと思います。洋菓子については、午前中の実習で、ピン式、気流式で3品作りしました。この2種類の粉は、粒子の大きさも損傷デンプンの量も全然違いますが、どちらもそれぞれよくできたと思います。ニーズに合わせ

て考えればよいのではないかという話があったと思いますが、そういったように、洋菓子の場合はその米粉の持っている特性を活かしてというか、好みにあった物を活用していけばよいのではないかと思います。

また、麺は粒子の大きさは多少影響あると聞きます。これは作業性というよりも最後食べた時に粒子の大きさが余り大きいと食感が悪いということが言われています。ただ、パンほどセンシティブになることはないのかなと思います。麺はパンに比べるとかなり水も入れるので、損傷デンプン含有率の影響というのは小さいように思います。

新米、古米の加工性については、適切な保存方法をとっていればそんなに問題はないと思います。香りの点等で全く同じとは言いきれませんが、パンにしても洋菓子にしてもかなり他の材料を入れるので、普通の米飯で食べるよりは古米臭さというのもあまり気にならないようですし、玄米で適切に保存してあればそんなに影響はないと思います。

気流粉碎機が利用できない状況下で品質の良い加工品を作るにはどうすれば良いかとよく聞かれます。麺や洋菓子であれば、大きな問題はないように思います。売るための工夫をしながら、取り組んでいただけたらと思います。パッケージやイメージ、コンセプトなども重要かもしれません。売るための工夫は、そんなに難しく考えることもないように思います。例えば、先日、食パンを寝かせて売っているのをみました。このパンを購入して立てておいたら、側面が多少へこんでしまいました。味には影響ないかも知れませんが、やはり売っている時からへこんでいると、購買意欲は下がるでしょうし、どうやって全体としておいしそうに見せ、買っていただくかということかと考えています。

米粉に関しては、加工食品を作って売っていくというシステムの全体のバランスがまだ良くないと思

います。販路の拡大、確保のために、異分野で相互にうまくやっていかななくてはならないと思います。

(質疑については総合討議の中で行いました)