



JIBはみだし授業

日本パン技術研究所教育コースの興味深いテーマを解説します。



「湯捏ね処理…何が変化するの？」

モチ感と噛み応え、甘い風味を与える湯種、
生地の中で起こっている変化に迫る

一般社団法人日本パン技術研究所 研究調査部 原田昌博
農林水産省委託研究プロジェクト「広域大規模生産業務加工用作物開発」運営委員

昨今、ベーカリーにおける商品アイテムの中で「モチ感」をアピールした商品は、市場の認知度の高まりとともに、かなりの陳列エリアを確保するまでに成長してきました。スーパーなどの食パン陳列棚を眺めてみても判るように、製品を分類してみると(主観的な分類です)、モチモチタイプ、スタンダード廉価タイプ、リッチ高級タイプ、さっくりタイプ、練り込みバラエティタイプ、全粒等黒生地タイプの中で、各社モチモチタイプは比較的幅広い棚割りを確保しています。

この先駆けとしてタピオカ澱粉を配合したパンがありました。その後、湯捏ね処理(湯種)が普及し、今では食パンに留まらず、一部の菓子パンにまでも応用されてきています。

遡ると、この製法は或るリテールベーカリーのイギリスパンの製法として作り続けられてきたという側面を持っています。そのベーカリーでは非常に硬い湯種が調製され生地に練り込まれてきました。この手法によって得られる品質は、ご承知の通り、湯種特有のモチモチ感と保湿性や耐老化性、湯種特有の甘味などが品質に付与されています。

その後製法の普及とともに、湯種の硬さは次第に軟らかいものへと変わってきました。湯種製法は非常にベタつく生地物性を呈するため、ホールセールベーカリーにおける機械製パンラインでは難しいといわれてきましたが、湯種の食感や風味が消費者に広く受け入れられる中、ホールセールベーカリーにおいても湯種生地特有のベタつく生地物性に対する機械耐性の問題も解決し、今では主力商品として君臨するまでになってきました。

一方、技術革新が成されると同時に、湯種法(湯捏ね法)に関する特許も多数出願されています。

それぞれの内容については、特許庁HP特許電子図書館より詳細情報が入手可能であるため、ここでは省略します。

(「特許電子図書館」<http://www.ipdl.inpit.go.jp/homepg.ipdl>)

それでは、本題である湯種生地の科学について迫ります。

(1)湯種の混捏

先ず、湯種は小麦粉(100重量%)に対して熱湯に近い熱水(60～120重量%)を加えて混捏します。この時、通常の加水量では明らかに軟らかい生地になるにも関わらず、熱水の場合、一部の澱粉は糊化開始温度のおよそ65℃以上に曝されるため、一部の澱粉が膨潤しダンゴ状の生地になります。添加した熱水の温度は85℃以上で、捏ね上がった生地の温度はおよそ50～60℃になります。そして、この温度の変化は比較的短時間のミキシング時間内で行われます。但しこの捏ね上げ温度は総じて重要ではありません。

例えば、小麦粉を50℃に加温して、60℃の温水を加えて、捏ね上げ温度の55℃を得たとしても、小麦澱粉の α 化に必要な65℃以上に曝されていないために、澱粉の膨潤は進まないのです。さらに冬場の冷え切った小麦粉を使用した場合や、熱水添加時に冷たい金属ボウルに熱水がかかって温度が低下するような熱ロスによっても、湯種の α 化度は低下します。

これが品質ブレの一因となるのです。この時点の小麦粉成分の変化は、澱粉の部分的な α 化と、グルテンの熱水による熱変性が挙げられます。

写真 1 は未処理の小麦粉と湯種生地から洗い出した澱粉懸濁液です。明らかに湯種の方が半透明になっており、澱粉の一部が α 化している様子が判ります。この澱粉の α 化が食感のモチ感に寄与するのです。

一方、グルテンは使用する小麦粉の強力度によって変化の程度は変わりますが、熱変性によって硬くなり、これが噛み応えとして品質に現れます。

写真 2 は洗い出したグルテンボールの状態を示し、写真 3 はそのグルテンを引っ張っているところで、湯種から洗い出したグルテンは硬く脆くなっていることが判かります。そして、湯種比率が多い配合程、製パン時の湯種による品質の特徴は大きくなり、同時に生地の粘弾性のバランスも変わるため、窯伸びも困難になります。

モチ感と噛み応えだけを求めるのであれば以上の要因で説明できるため、熱湯処理後に急速に冷却し、生地に練り込めば良いと考えがちですが、もう一つの湯種を使用することによる独特の甘み、あるいはコク味については何によってもたらされるのかという疑問が残ると思います。

現場で湯種は通常、自然に冷えるまで放置するか、冷蔵庫で翌日まで保管されています。この間に小麦粉中に存在する β アミラーゼが働きます。 β アミラーゼは通常の製パンでは無糖生地製パンで重要な役割を果たしています。つまり小麦粉中の損傷澱粉を分解し麦芽糖を生地中に蓄積させ、これがイースト発酵の基質となるのです。



写真 1: 抽出澱粉懸濁液 (左: 未処理、右: 湯種)



写真 2: 抽出グルテン (左: 未処理、右: 湯種)

一般にパン生地焼成中において小麦の β アミラーゼは 57 ~ 72°C で失活するといわれています。このように比較的耐熱性が高い為、湯種混捏中に失活を免れた酵素は、小麦粉中の損傷澱粉と熱水に触れて α 化した澱粉の両方に作用します。この反応には時間がかかるが、一般に長時間放冷されるので、時間とともに生地中に麦芽糖が蓄積されることとなります。

そこで、これを確認するためにファーモグラフ（発酵特性を測定する機械）を用いて生地中に蓄積される麦芽糖量をイーストの発酵の持続性（麦芽糖の蓄積量が多いとイーストは長く発酵を続けることができる）によって確認しました。生地は無糖中種生地の配合で、生地の加水率はファリノグラフ（機器の説明は後述する）より求め、配合は小麦粉 70% (内湯種処理は 21%)、イースト 2%、加水量 42% を基準に同じ生地の硬さになるように生地を調整して炭酸ガス発生量の履歴を測定しました。その結果を図 1 に示します。

無糖中種発酵における炭酸ガス発生曲線には 2 つのピークがあり、一般に、発酵初期のピークは小麦粉中のグルコース、フラクトース、シュクロース、グルコノフラクタン類が資化されることによるもので、後期のピークはマルトースによるものです。

強力 1 等粉と比べて薄力粉（ブレンド）が先にガス発生が終ったのは、小麦粉中の損傷デンプン量が少ないためです。一方、 α 化薄力粉ブレンドでは β アミラーゼが α 化した澱粉を分解するため麦芽糖の蓄積量が増えています。湯種を加えたものでは小麦粉の強力度とは関係なく発酵が長く続いています。加えて、当日調整の湯種では 270 分で発酵が穏やかになっています。つまり、酵素分解には時間が必要であり、熱湯処理直後に本捏ね生地配合に練り込んでも湯種特有の甘味が十分に出ないということを表しています。



写真 3: 抽出グルテンの伸長比較 (上: 未処理、下: 湯種)

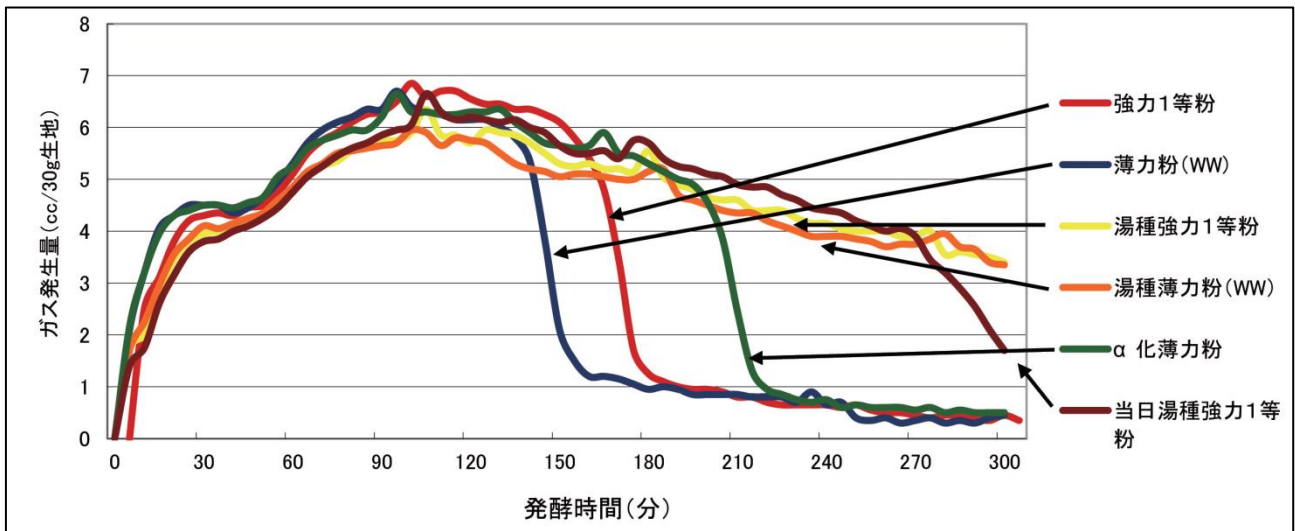


図1: 湯種及びα化澱粉無糖生地発酵特性

このように、麦芽糖の蓄積には澱粉のα化とβアミラーゼの残存活性が関与しているため、湯種調製時の小麦粉に対する熱水の配合量も影響すると予測されます。

熱水の配合量が少ない(例えば60%)場合、熱水量が少ないために澱粉のα化度は低く、捏ね上げ温度も低くなります。このためβアミラーゼの失活は免れるが澱粉のα化度が低いため、モチ感はややおとなしく、グルテンの熱変性の程度が低いため、モチ感や噛みごたえは熱湯の配合が多い(軟らかい)湯種に比べると低くなります。更に湯種生地が硬いため、軟らかい生地作りが求められる中種法食パンなどでは、本捏ね時において湯種生地の分散が困難になります。

逆に熱水の配合量が多い(例えば120%)場合、熱水量が多いため澱粉のα化度は高く、捏ね上げ温度も高くなります。一方、βアミラーゼは失活し易くなり、甘味は薄くなるがモチ感は強く、加えてグルテンの熱変性の程度が高いため、本捏ね(生地調製)時にしっかりと薄い膜を形成するまで高速ミキシングを行わないと、逆に老化の早い製品になる恐れがあります。従って、湯種調製時の熱水の添加量は、求める品質や作業性に応じて適宜調整することが望ましいと思われます。

余談ですが、小麦以外の穀粉について、ユニークな事例を述べます。一般的に日本では湯種として使用されることが少ないライ麦粉ですが、ドイツパンの製法の中には熱湯処理するものもあります。この製品は比容積が小さく非常に重たいのですが、無糖生地らしくらぬ甘い製品です。この理由はライ麦中の酵素が小麦と少し違う事が理由です。

ライ麦にはβアミラーゼに加えてαアミラーゼも含まれているため、βアミラーゼ主体の小麦よりもα化澱粉の分解が進みます。大麦では小麦と同様にβアミラーゼを持つために、小麦湯種と同様に甘味を持つ湯種生地を調整することが可能です。一方、米(米粉)や蕎麦(蕎麦粉)はαアミラーゼもβアミラーゼも持ちません。

このため、無糖生地中や湯種生地中に麦芽糖を蓄積しないため、甘味は得られません。もしもこれらで甘味のある湯種を調製したい場合は、少量の小麦粉(βアミラーゼの供給のため)やモルトをブレンドする必要があります。ちなみに、製麺に関する報告によると、小麦粉中のβアミラーゼ活性は非常に強い(およそ1万U/g、蕎麦粉では5U/g)ため、「つなぎ」として小麦粉を混ぜた加熱後のソバは小麦粉の添加量に比例して麦芽糖含有量が増えることがわかっています。

これを参照すればタピオカ澱粉などの精製澱粉混合の冷凍麺の味が淡白なのも麦芽糖が少ないことが原因かもしれません。

(2) 湯種の冷蔵

前項のように調製された湯種はリテールベーカリーでは通常一晩冷蔵されます。しかし、せっかくα化させた生地を、わざわざ冷蔵によって老化させるのは何故でしょうか。モチモチした食感を与えるのであれば、わざわざ一晩冷蔵して老化させることは無いと思われませんが、冷蔵の処理で明らかに異なるのは湯種自体の味(麦芽糖蓄積量)と生地物性であり、生地物性の変化はアミロースの老化(ゲル化)によって引き起こされます。

そして、このアミロースのゲル化を少しでも減らそうとするのであれば、低アミロース小麦が有効です。例えば、麺用の ASW や一部の国内産小麦品種（春よ恋、ゆめちから、キタノカオリ、きたほなみ、さぬきの夢、チクゴイズミなど）の応用が非常にユニークなモチ食感を与えます。

一晩放置するに当たって、冷蔵保管が難しくなる夏場は、生地がほぼ中性なのでカビやバクテリアの格好のエサになります。このため、衛生面も考慮し、十分に冷える冷蔵庫で保管することが望ましいことは言うまでもありません。生地物性は低温においても酵素反応が少しずつ進むため、1晩冷蔵と2晩冷蔵を比べると、2晩目の方が離水し生地が軟らかくなります。よって、製パン加水量は減ることとなります。

ベーカリーにおいては湯種配合に砂糖や食塩、油脂を湯種に配合するベーカリーも見受けられます。砂糖やシロップ、油脂は湯種の団子的な硬い生地物性の軟化に寄与します。これは本捏ね時の分散性に有効です。また、食塩を少量併用している理由を掘り下げると、静菌効果が発揮される程の添加量ではないので、作用としては湯種中のグルテンを硬化させる作用ではないかと考えられます。

なお、この硬化されたグルテンが本捏ねで破壊され再構築されることになるため、本捏ねミキシングの程度によっては、食感の引きや噛み応えの強弱に関与すると思われる。

(3) 湯種使用生地の生地物性

一晩冷蔵された湯種と、大型工場で運用されている粗熱がとれた段階の湯種の違いについて、さらに検証します。

前項で言ったように α 化した澱粉は、冷却時の生地温度の影響によって老化（アミロースのゲル化）の程度が変わってくる筈です。実際に湯種を練り込んだ生地状態を湯種不使用の生地と比べると、湯種の粘りにより生地がミキサーボールの壁面に引っ付き易く、明らかに粘るような挙動を示します。これが食パン生地（例えば中種法本捏ね）のように最終的に高速ミキシングによってグルテン形成（薄膜化）を終了させるミキシングの場合、湯種の有無に関わらず生地の表面には艶と粘りがでできます。

湯種を使用した生地では、生地を摘んで引っ張ると指先から引きちぎれるような状態になり易い傾向があります。これは僅かにミキシング不足に陥っているためです。実際にファリノグラフ（吸水性とミキシング抵抗の挙動を調べる機械）を用いて比較したところ、一般的な強力粉（写真4）の内30%を湯種処理し一晩冷蔵して添加すると、写真5のように最大の弾性が得られるまでの生地形成時間が非常に長くかかってしまい、同時に赤い線の太さが細い事から生地が可塑的になって捏ねられている状態がグラフから読み取られます。明らかに湯種中の成分が生地形成に対して阻害的に作用している証拠です。

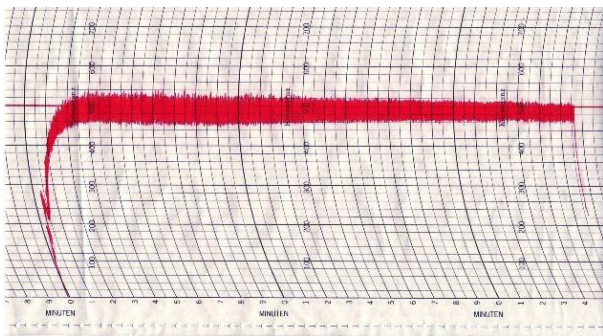


写真4:ファリノグラフ(強力粉・標準)

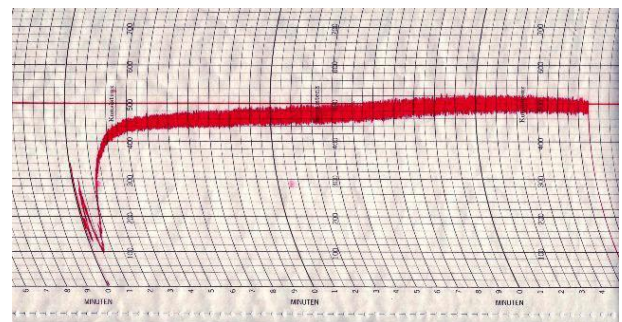


写真5:ファリノグラフ(強力粉冷蔵保管湯種添加)

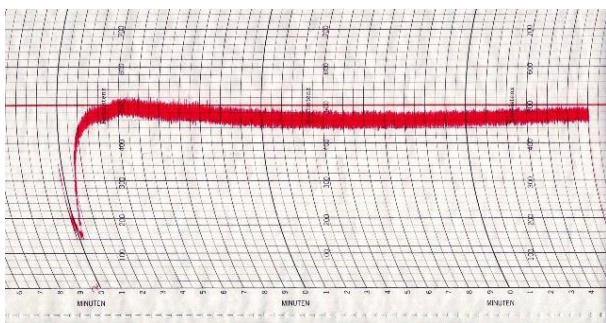


写真6:ファリノグラフ(強力粉当日調整湯種添加)

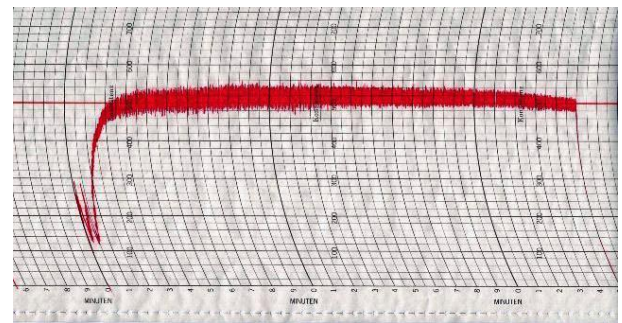


写真7:ファリノグラフ(薄力粉冷蔵保管湯種添加)

また、写真6は冷蔵しない湯種であり、写真5よりも生地形成時間が早くなっています。このため、冷蔵によってゲル化したアミロースが、ミキシングによるグルテン形成に何らかの形で負の要因として働いた可能性が示唆されます。

さらに興味深い事に写真7では湯種用の30%を薄力粉に置き換えて湯種処理し、添加した結果、強力粉と非常に類似した挙動を示しました。従って、熱変性するグルテンの強力度を下げることで、ミキシング中の生地物性が改善できる事が示唆されました。

続いて、フロアタイム後の丸めによって生地は弾性化しますが、このとき湯種を使用した生地で過熟(捏ね上げ温度が高い、発酵時間が長くなる、イースト配合量が多い等)になった時、生地は一層柔軟性を失い、成型直前においては弾性過剰で脆い生地状態となり、カマ伸びも非常に劣ってしまうことがあります。

この物性変化について、エクステンソグラフ(生地の伸展性と弾性、柔軟性を調べる機械)を用いて比較しました(曲線は3つ、同じ生地を3回引っ張っており、45分、90分、135分(青)の生地状態を表わす)。一般的な強力粉(写真8)に対して、一晩冷蔵した湯種を添加すると写真9のように、45分経過時の弾性は低いものの、90分目と135分目の引っぱり強度は非常に強く、伸展性も欠如していることが判ります。

つまり、長時間発酵のストレート法でパンチ、丸め、成形という工程を強く行くと、丸めや成形で弾力過剰に豹変することが示唆されました。

そして写真10は冷蔵しない湯種であり、写真9よりも伸展性と弾性性のバランスが写真8と類似していることが判ります。一方、写真11では薄力粉湯種を使用したデータですが、強力粉と比べて伸展性、弾性共に劣っているため製パン時の窯伸びが小さいことが予測されます。

従って、湯種の冷却方法や、使用する小麦粉をアレンジ(強力度のやや弱いタイプにする)することで、安定的な生地物性が得られることが、これらの解析データから伺い知ることができました。

(4)モチ感を更にも高める方法と腰折れ

湯種製法の製品はモチ感が大きな特徴ですが、前項のように小麦粉をアレンジする事で製パン性が変動するだけではなく、モチ感と歯切れ感の強弱までも変化させる事ができます。そしてモチ感をさらに増強したいのであれば、モチ感を与える要因を複数にすれば一層その特徴は強くなります。その一つが製パンに使用する小麦粉の一部を低アミロース傾向の穀粉や澱粉に置き換える手段です。澱粉ではタピオカ澱粉、小麦では低アミロース傾向のオーストラリア産麵用小麦や国内産の低アミロース傾向(モチ性のアミロペクチンが多い)の品種群、異種穀粉では米粉、モチ性品種の大麦粉などがあります。

但し、これらのブレンドにおいて、製パンに必要な小麦粉の強力度(蛋白含量やその麩質)が低下すると、粉末グルテンの補填も適宜必要になることはいうまでもありません。

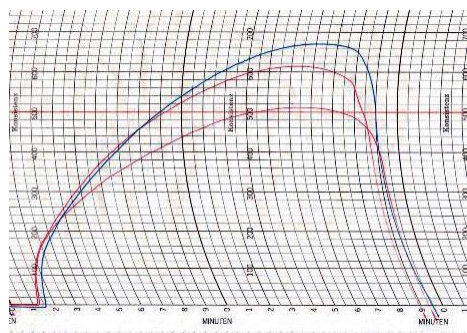


写真8:エクステンソグラフ(強力粉・標準)

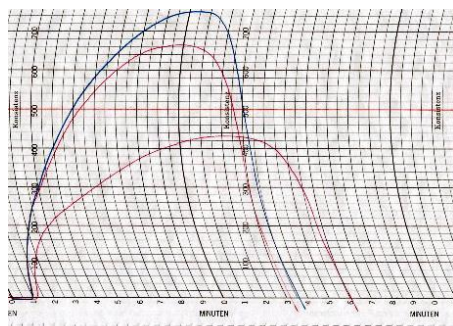


写真9:エクステンソグラフ(強力粉冷蔵保管湯種添加)

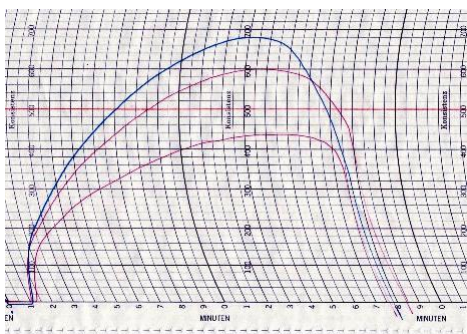


写真10:エクステンソグラフ(強力粉当日調整湯種添加)

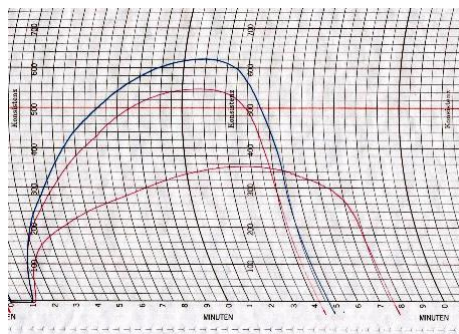


写真11:エクステンソグラフ(薄力粉冷蔵保管湯種添加)

このように湯種の比率、湯種調整時の熱水添加量、製パンに使用する穀粉のアミロース含量によって、究極にモチ感の高い製品が得られる事になります。そして、ソフト感を与えたい場合や歯切れ感を強くしたい場合には、小麦粉の強力度を変える事で品質が変わってきます(図2)。

しかし注意すべき点としては、腰折れ(ケービング)やシワの発生も増えてきます。パン製品の保形性は、クラストや気泡膜の骨格によって保たれています。焼成直後のクラストの硬さ、製品の焼減率、クラム中で直ちに老化して骨格を支えるアミロース含量などの要因が関与するため、目標とする品質に応じて、製パン配合や工程条件を配慮した品質設計が必要になります。

以上のように湯種の科学について述べましたが、パンは主観的判断による個人的な「好みスポット」が品質の多次元のマトリックス上に位置します。そして、それが必ずしも万人にとって「良いスポット」とは限りません。加えてパンは食感だけを楽しむものではなく、主食として毎日食べても飽きないという特徴も大切です。

このため多面的な観点から商品を生設計頂き、自分の求める品質を追って頂ければと思っています。さらには、飽和した市場こそ客観性を伴う品質制御技術が必要不可欠かと思えます。当然、ハンドリングの技量も必要です。ただ、このような話を聞き慣れない方には頭の痛い理屈的内容も多いかと思いますが、生地を自分の思い通りに制御したい方は、将来のために是非一度、パン技研の各種教育コースの受講をご検討頂ければと思います。時代は着実に進歩しています。

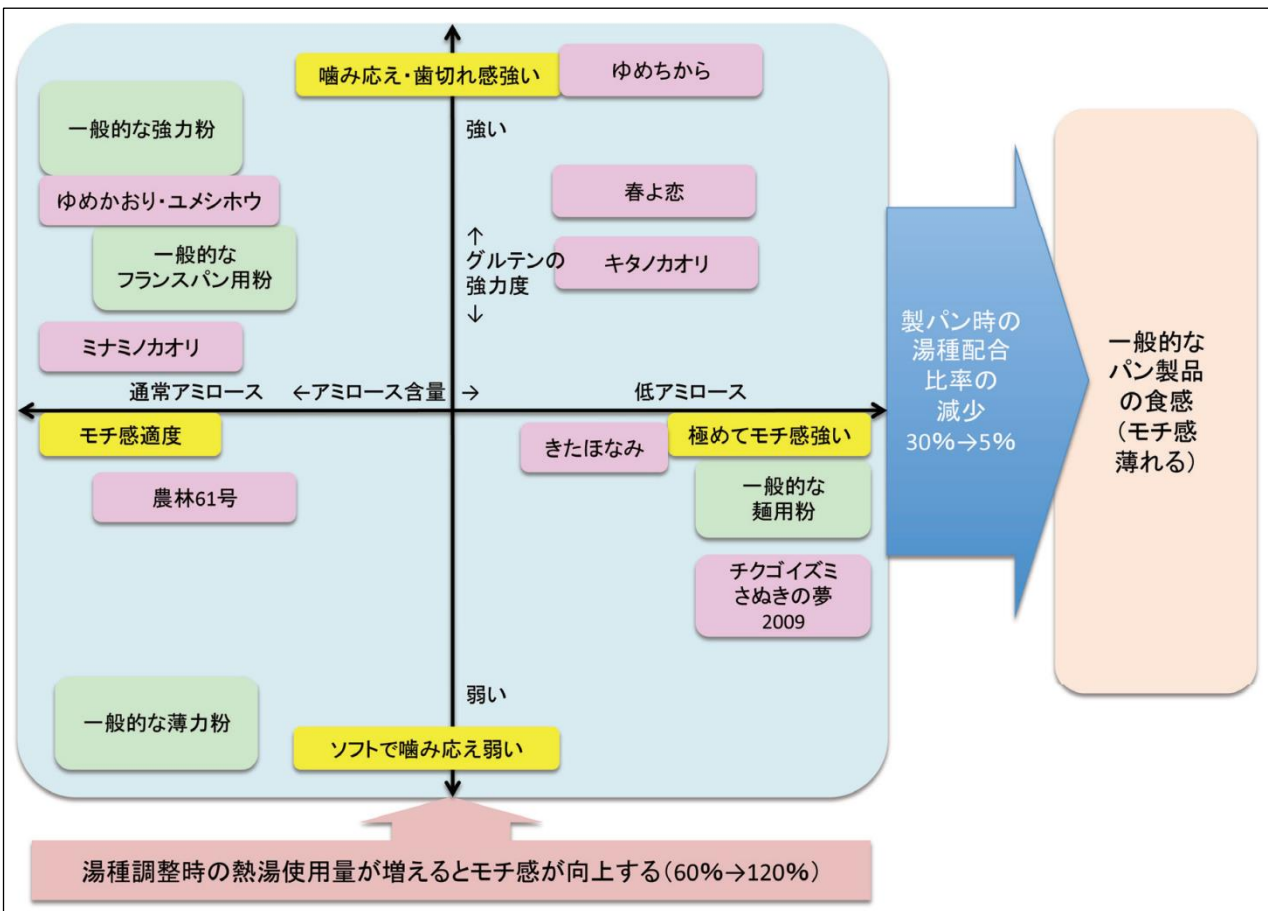


図2: 湯種に使用する粉質とモチモチ品質の関係