

## 膨化食品の膨化メカニズム

### 1. はじめに

年の暮れも近づき、もう少しでお正月です。お正月といえば、お餅がつきものです。焼いたお餅に醤油をつけて海苔を巻いて食べる、おいしいですよね。

ご存知のように、餅は加熱すると急激に膨らみます。この現象を膨化と呼びます。膨化とは、食品の内部に閉じ込められた気体の体積が増加する、あるいは内部で気体が発生することにより、食品が大きく膨らむことをいいます。この現象を利用した食品を膨化食品と言い、スポンジケーキ、パン、あられ、シュークリーム、饅頭、ポン菓子など多岐にわたっています。膨化させる手段として、加熱、発酵、化学反応、減圧などがあります。製品の内部は多孔質、あるいは空洞状になっていて、これがサクサク、フワフワなどの特徴のある食感を生み出します。今回は、様々な膨化食品の膨化メカニズムについて解説します。

### 2. 加熱による膨化

生のでん粉に水を加えて加熱すると、糊状になります。これを糊化といいますが、さらに急激に加熱すると膨らみます。これは、でん粉原料に含まれる水蒸気と空気が加熱により膨張すると同時に、これを包むでん粉が伸展しながら固まることによって起こります。水が全くない状態では膨化は生じません。膨化の程度は、でん粉の種類によって様々です。じゃがいもやさつまいもなどの地下系由来のでん粉の方がトウモロコシや小麦などの穀類由来のでん粉よりも高い膨化率を示します。またうるち米よりもアミロペクチンの比率の多いもち米の方が膨化力は大きくなります。

愛知県が主な生産地である、伝統的なえびせんべいは、えびのすり身とじゃがいもでん粉を混ぜて焼き上げたものです。えびせんべいには一度焼きと二度焼きがありますが、二度焼きの製品は、糊化、乾燥、膨化の3工程を経て製造されます。まず、えびのすり身、でん粉、副原料を水と良く練り上げます。練り生地を焼き板上で加熱して糊化させます。それから生地を水分11~12%にまで乾燥させた後、加熱して膨化させます。じゃがいもでん粉は水による膨潤度が大きく、でん粉粒から内容物が流出しやすいために、均一に糊化して表面がガラス状の薄い膜になり、よく膨化します。もち米を原料とした米菓である「あられ」や「おか

き」は、小さく切った米餅を火で炙ったり、油で揚げたお菓子です。これらの米菓もでん粉の加熱による膨化力を利用しています。

スポンジケーキの基本組成は、卵、砂糖、小麦粉です。溶き卵に砂糖を入れながら、強くかき混ぜて泡立てます。これに小麦粉を混ぜてスポンジ生地を作ります。生地を天板に広げオーブンで焼き上げると、ふっくらとしたスポンジケーキのできあがりです。各工程と膨化との関わりを見ていきましょう。卵、特に卵白は泡立てると気泡を抱き込む性質を持っています。これを卵(卵白)の起泡性と呼んでいます。このとき、砂糖は卵の気泡を安定化させる働きがあります。生地を加熱すると、生地内部に閉じ込められた気泡が膨張して生地が膨れます。同時に、タンパク質の変性、小麦でん粉の糊化、水の蒸発が生じ、生地が固まります。また、小麦粉には、グリアジンとグルテリンというタンパク質が含まれており、小麦粉を水で捏ねると非常に弾力のあるグルテンが形成されます。このグルテンとでん粉が網目構造を作り、膨らんだ状態を支えていますが、グルテンの形成量が多いと生地の膨張が抑制されてしまいます。このため、スポンジケーキではグルテンの形成量の少ない薄力粉が一般的に用いられます。

### 3. 発酵による膨化

発酵による膨化では、酵母(イースト)の作る二酸化炭素が膨化の主役になります。酵母は大きさが約10μmの単細胞生物で、砂糖やぶどう糖を発酵させてアルコールと二酸化炭素を発生します。また呼吸によっても二酸化炭素を発生します。酵母による膨化作用を利用した食品としては、かりんとう、クラッカー、パン、酒饅頭などがあります。いずれの場合も膨化の原理は共通です。酵母を小麦粉、副原料と一緒に水を加えてよく捏ね、30°C付近でしばらく放置すると、酵母が作る二酸化炭素によって生地が大きく膨らんできます。生地中に形成されたグルテンが二酸化炭素を包み込んで伸びるため、生地の中に無数の気泡ができ、膨張するのです。酵母が作り出す二酸化炭素の膨張力は非常に大きいため、グルテンがしっかり形成されていないと膨らみが悪くなります。したがって、小麦粉にはグルテンの形成量の多い強力粉がよく用いられます。ま

た酵母は4°C以下では生育が停止し、60°C以上では死滅します。生育に最適な温度は27~30°Cです。生地をしつかり膨らませるためには、温度管理や微生物汚染対策など、酵母がよく働く環境づくりが大切です。

#### 4. 化学反応による膨化

化学膨張剤の化学反応によって膨化させる食品にホットケーキ、どらやき、蒸しパンや小麦饅頭などがあります。使われる化学膨張剤には様々なものがあります(表)。最も基本的なものは重曹 ( $\text{NaHCO}_3$ )です。重曹を加熱すると、二酸化炭素が発生し、食品を膨化させます。このとき同時に発生する炭酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )はアルカリ性の物質であるために小麦粉中のフラボノイドを黄変させて生地の着色を促進させます。このため、焼き色を濃くしたい和饅頭やどらやき、ホットケーキなどの焼き物によく用いられます。

和菓子の蒸し物などで製品の色を白く仕上げる目的で用いられる膨張剤に、イスパタ (イーストパウダー) があります。主成分は重曹と塩化アンモニウムです。ガス発生後は食塩と水が残るだけなので、生地がほぼ中性のpHに保たれ、変色しないという特性があります。但し、製品によってはアンモニア臭が気になる場合があります。

ベーキングパウダーは、ガス発生剤、助剤、分散剤からなっています。ガス発生剤としては重曹が用いられていますが、重曹の問題点である苦味、臭気、着色の問題を改善するため酸性の助剤が加えられています。助剤として、酒石酸水素カリウム、リン酸二水素カルシウム、酒石酸などが用いられていますが、助剤の種類や組

合せにより、ガスが発生する温度やスピードが異なるため、目的に合わせて使われます。保存中にガス発生剤と助剤が接触して反応しないように、でん粉などの分散剤が加えられています。

#### 5. 減圧による膨化

減圧による膨化食品としてポン菓子が有名です。製造時(減圧時に発生する破裂音から「バクダン」と呼ばれることもあります)回転式の圧力釜に白米をそのまま入れ、加熱します。約10気圧まで圧力が上がったら(参考: 圧力鍋の圧力は約3気圧)、釜の蓋を一気に開けて減圧します。このとき、米内部の水分が急激に蒸発、膨張します。その圧力で、米は元の約10倍にまで膨化し、サクサクとした軽い食感のお菓子になります。原料として米以外にも、トウモロコシ、麦、稗、パスタなども使われています。

#### 6. おわりに

以上、食品の膨化メカニズムについて解説しました。原材料の組成や膨化の方法によって食品のテクスチャーは大きく変わります。味や香りだけでなく、テクスチャーも私たちの嗜好に大きく影響を与えます。これを裏付けるようにプリプリ、サクサク、ほっこり、もっちり、なめらか、カリカリなどテクスチャーに関する用語もバラエティに富んでいます。

食品工業技術センターでは、官能試験以外にも、食品のテクスチャーを客観的に評価するための機器(レオメータや走査電子顕微鏡、粘度計など)を整備しています。新製品開発や既存品との比較などに是非ご活用ください。

表: 化学膨張剤の比較

	重曹	イスパタ	ベーキングパウダー
発生ガス	二酸化炭素	二酸化炭素、アンモニア	二酸化炭素
主成分	重曹	重曹、塩化アンモニウム	重曹、助剤、分散剤
化学反応式	$2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	$\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{NaHCO}_3 + \text{HX}$ (助剤) $\rightarrow \text{NaX}$ (中性塩) $+ \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
特徴	加熱によりガス発生。同時に発生する $\text{Na}_2\text{CO}_3$ は苦味と独特の臭気がある。また、アルカリ性のため、小麦粉を黄色くする。	ガス発生後の生地が中性であるため、生地が変色しない。アンモニア臭が気になる場合がある。	助剤の種類や組合せによりガス発生の温度やスピードが異なる。

分析加工技術室： 近藤徹弥

研究テーマ： 未利用資源の有効利用や機能開拓

担当分野： 分析化学、微生物一般、生物工学