

アサマ NEWS

パート

2017-5 No.178

食品の微生物変敗と 防止技術

(17) 米粉食品の微生物変敗と制御

1. 米粉食品

戦後わが国における食生活が急激に変化する中で、依然として米食の習慣は続いているがそれでも摂取量の低下を示しはじめています。一方、わが国は国の諸政策の成果として、米の生産量は年々増大し、その結果米の需要と生産に逆転をきたして、膨大な過剰米の滞貨を生じた。そこでその有効利用の一つとして玄米粉を用いた玄米パン、白米粉を用いた白米パン、白米粉を用いた麺、ビーフンが登場してきた。パンの場合は小麦粉に10～20%程度米粉を用いて製造し、麺の場合は100%米粉でも製造は可能である。諸外国においても小麦粉に他の穀粉を混合してパンを通常に製造し販売されている。麺では東南アジアでは米粉を用いたカーフン、ビーフンが通常に製造され、販売されてきている。パンや麺に米粉を利用するもう一つの理由は、たんぱく質や脂質が少ないためにエネルギーが少ないことが挙げられる。

通常原料となる米の製粉特性は米粒粒度区分に分けてたんぱく質含量を比較すると粗粒ほど含量は高く、製粉の時の米の吸水を変えると製粉方式の如何にかかわらず、粒度分布が大きく変化する。水分が高いほど平均メッシュが大きく、細かい粉になる。水分が少ないと同じ米でも粗粉となる。細かい粉ほど微生物菌数が多く、団子にしたときの保存性が悪い。また吸水の少なくなるとたんぱく質含量の多い外周部が粗粉となり、吸水の多い中心部が細かい粉となることが知られている。このたんぱく質含量が多く、しかも組織を持つという粗粉の特性が、加水して加熱した場合の糊化膨潤の仕方にまで影響を与える。また米粉は微生物菌数が非常に多いので、これを原料とした製品は変敗が促進される。

2. 米粉の微生物変敗

外国産の米は水分が8～11%前後であるため、加湿して粉砕する。水の浸透が悪い為、一晚程度放置してから粉砕するために菌数が増加する。通常原料となる米の製粉特性は米粒粒度区分に分けてたんぱく質含量を比較すると粗粒ほど含量は多く、製粉時の米の吸水を変えると製粉方式の如何にかかわらず、粒度分布が大きく変化する。水分が高いほど平均メッシュが大きく、細かい粉となる。水分が少ないと同じ米でも粗粉となる。細かい粉ほど細菌数も多く、

団子や麺にした時に保存性が悪い。また吸水の少なくなるとたんぱく質含量の多い外周部が粗粉となり、吸水の多い中心部が細かい粉となることが知られている。このたんぱく質含量が多く、しかも組織を持つという粗粉の特性が、加水して加熱した場合の糊化膨潤の仕方にまで影響を与える。上新粉を用いて団子を製造した場合、250メッシュ以下の細粒が多いほど団子の切断時間は短くなり、柔らかい団子となる。しかし微生物菌数は多くなる。コシの強い上新粉を製造するには舌感に影響を与えない程度に粗粒部を多く含む原料を用いる方がよい。基準となる150～250メッシュの区分に、他の粒度区分の原料を2割程度添加することにより団子の物性が大きく変化する。特に基準粒度よりも粗粒区分を混ぜることにより団子が硬くなる。平均メッシュが大きい、即ち細かいほど原料が同じでも粉を捏ねる時の吸水率が多く、しかも団子の物理性の経時的変化が少なく、いつまでも物理的には可食性があるが、微生物的には可食性が減少する。上新粉の製粉方法（スタンプ式、ロール式、衝撃式）による性状の変化を検討した結果、スタンプ式が最も、粒度が小さく、吸水率が大きかった。微生物も粒度が小さく、流水率が多いほど増加した。団子の場合製粉の影響は少なく、細粒粉ではべたつくなどの食感ややや硬い食感となるので、粒度が荒い方が良い製品となる場合もある。

団子用米粉の菌数を表1に示した。

表1 団子用米粉の菌数

	細菌 (lg)	真菌 (lg)	精白米の水分 (%)
外国産米の米粉(1)	1.8×10^5	2.3×10^3	8.5
外国産米の米粉(2)	5.2×10^4	3.7×10^2	10.5
外国産米の米粉(3)	2.1×10^4	3.1×10^2	11.0
国内産米の米粉(1)	5.8×10^4	300以下	14.0
国内産米の米粉(2)	3.1×10^3	300以下	14.5
国内産米の米粉(2)	2.3×10^3	300以下	14.5

精米後はスフェロゾームが当然こわれているので脂肪の変質が早く、精米後の米糠は加熱処理で脂質の分解酵素を失活させない限り、短期間で変敗する。白米に付着している微量のヌカも、やはり同様の理由で変敗しやすいので白米は玄米よりも脂肪酸度の増加が遥かに速く、従って貯蔵性が悪い。

3. 団子の微生物変敗と制御

白玉粉を用いて団子を製造した時、250メッシュ以下の細粒が多いほど団子の切断時間が短くなり、柔らかい団子

となる。コシの強い白玉粉を製造するには、舌感に影響を与えない程度に粗粒部を多く含む原料を用いる方がよい。基準となる150メッシュ～250メッシュの区分に、他の粒度区分の原料を2割程度添加することにより団子の物性が大きく変化する。特に基準粒度よりも粗粒区分を混ぜることにより団子が硬くなる。平均メッシュが小さい、即ち細かいほど原料が同じでも粉を捏ねる時の吸水率が多く、しかも団子の物理性の経時変化が少なく、いつまでも可食性がある。しかし微生物的には早く変敗するいわゆる日持ちの悪い団子となる。また団子生地を作る時に加える水の量を示す吸水率も、平均粒度と密接な関係があり、細かいほど吸水率は上昇し、団子生地の歩留まりは向上するが微生物変敗は促進される。平均粒度150メッシュ以上の細かい米粉を上用粉と呼び、粗粉を上新粉と別にしてている。

必要以上の微粉化は、粉の機械的な変性を引き起こし、団子の加工では生地の物理性の低下により食感が低下すると共に、微生物変敗が促進され日持ちが低下する。用途に応じて、あるいは二次加工の内容に応じて米粉の粒度は変更されている。米粉の粒度分布は、製粉時の原料精白米の水分含量により、変化して水分含量が高くなるほど細かい粒度となる。団子の変敗微生物は製造環境からの二次汚染が多い。表2に団子の製造方法及び原材料を示した。

表2 団子の製造方法及び原材料

団子の種類	製造方法	原材料
みたらし団子	蒸練、成型、タレ、包装、蒸し	米粉、粉糖、加糖餡、タレ
笹団子	蒸練、成型、包餡、包装、蒸し	米粉、粉糖、クマザサ、加糖餡、ヨモギ
言問団子	蒸練、成型、餡付、包装、蒸し	米粉、粉糖、白こしあん、みそあん
吉備団子	蒸練、成型、包装、蒸し	餅米、砂糖、水あめ、黒糖
羽二重団子	湯で捏ね、蒸し、搗き、焼き	米粉、餡、醤油、

団子は米粉に水を加えて形を整え易い硬さ、水分55%前後にこね上げてから蒸し上げる製品である。この蒸しの過程で次第に温度が上がり、糊化が始まるとき、当然ながら糊化温度の低い細粉から糊化が始まる。これらの細粒はでんぷん粒に近い区分ですので、糊化後、細胞組織等膨潤を阻害するものがないので加水のほとんどを利用しながら糊化膨潤を行い、更に温度が上がり粗粒が糊化し得る温度となっても、もう膨潤するために必要な水が少ないため、粒形をとどめたまま糊化し、団子中に残存する。基準の粒度150～250メッシュ近辺の粒度区分は加熱で全部膨潤して粒径の測定はできないが、これより粒径の大きい区分は膨潤が悪く、残存し、粒径も加熱前とほとんど同じかむしろ小さくなっている。この団子物理性と微生物の残存量は大きく関係する。またその粒度の大小の糊化性の差がコンクリートでのセメントの役割や小石、砂の役目を果たしているので団子の物理性-粘弾性には極めて重要な役割を果たしている。

団子生地は生麺と同様に、水分含量が多く製造工程中に殺菌工程がないため、保存性が低く、製造工程、流通工程での適切な管理がなされていないと変敗し易い食品である。団子生地として衛生規範はなく、生麺に準ずると「大腸菌・黄色ブドウ球菌：陰性、生菌数 $3.0 \times 10^6/\text{g}$ 以下」である。包装した団子生地が膨張、破裂する事例が発生した。生地の膨張の要因として4点が考えられた。環境由来菌の混入、原材料由来菌の混入（山芋入り小麦粉、国産小麦粉）、製造所での保管温度の不備、保管先での温度管理の不備である。

5℃、10℃保存下では生地の膨張は認められず、25℃保存下で膨張した。施設の拭き取り試験では、生地攪拌後の「番重」で一般細菌数が $1.4 \times 10^3/\text{g}$ 検出された。原材料では、一般細菌数は $3.4 \times 10^3/\text{g}$ 及び $1.3 \times 10^3/\text{g}$ であった。団子を25℃保存中では乳酸菌が $1.0 \times 10^9/\text{g}$ となり、膨張原因菌であった。同定した結果、*Leuconostoc mesenteroides*が80%でその他は*Lactobacillus*、*Lactococcus*であった。包装団子生地の膨張の原因はヘテロ発酵型乳酸菌である*Leuconostoc mesenteroides*が生産したエタノールと二酸化炭素であった。団子生地は、10℃以下の保存されていれば*Leuconostoc mesenteroides*の生育は抑性され膨張変敗は生じなかった。温度管理が重要である。

みたらし団子の包装製品が出荷後、2～3日後に膨張した。膨張したみたらし団子の微生物菌数は $5.4 \times 10^6/\text{g}$ であった。

変敗微生物は耐熱性芽胞菌である*Bacillus subtilis*と乳酸菌である*Leuconostoc mesenteroides*であった。

みたらし団子製品の膨張現象は多く発生している。原因微生物は製造環境からの二次汚染であり、原料由来の変敗は少ない。北九州市のみたらし団子から*Bacillus cereus*（セレウス菌）が検出され、これが販売店及び流通状況調査より返品が確認された。

東京都で8月に発生した*Bacillus cereus*（セレウス菌）による食中毒では、原因食品「みたらし団子」から*Bacillus cereus*（セレウス菌）（ 10^7 個/g）とセレウリド（セレウス菌嘔吐毒素）が検出された。「みたらし団子」は他県で製造され冷蔵品で仕入れた後、販売店で加熱後、しょうゆダレをつけて提供されていた。検出されたセレウリドは74-150 ng/gで、団子1個（約10g）を喫食すれば発症することが推定された。

岐阜県高山市の菓子製造業「M社」が製造した、みたらし団子を食べた東京都の男女5人が食中毒の症状を訴え、岐阜県の立ち入り検査で在庫品などから*Bacillus cereus*（セレウス菌）が検出されたことから、岐阜県は、M社にみたらし団子約2万2千本（約3700パック）の回収を命じ、営業停止処分とした。回収したのは岐阜県内と東京都、三重県の菓子業者に販売した3800本と、岐阜県内の土産物販売店に卸した1万7930本。5人はM社から生団子を仕入れた東京都府中市内の施設が調理・販売した団子を8月29～30日にかけて食べ、吐き気や腹痛を訴えた。

一般的にみたらし団子製造工場の原料混合機周辺に真菌が多く検出され、成型機周辺で細菌が多く検出される。団子製造工場で検出される真菌は*Cladosporium*、*Penicillium*が中心で、細菌は*Bacillus subtilis*と*Leuconostoc mesenteroides*が多い。膨張の原因菌はこれらの細菌に由来する場合が多い。表3にみたらし団子の原材料の微生物を示した。

吉備団子（水分37%）に生成した白色斑点は*Torulopsis globosa*、*Enterococcus faecalis*であった。

表3 みたらし団子の原材料の微生物

原材料	細菌 (g)	真菌 (g)
米粉	1.8×10^4	2.1×10^3
粉糖	2.1×10^3	300以下
米でん粉	3.6×10^3	3.1×10^2
加糖餡	8.6×10^3	300以下
タレ	5.2×10^3	300以下

米粉及び加糖餡に多くの微生物が検出されるが、ほとんどが*Bacillus*であり、乳酸菌は検出されない場合が多い。

現在、米粉食品の変敗菌として大きな問題になっている細菌に乳酸菌がある。乳酸菌は防腐剤にも抵抗性があり、さらに低温でも増殖するため米粉食品業界では大きな問題となっている。乳酸菌は食品の低温下での主要な原因菌である。特に洋菓子和菓子の主要な変敗原因菌である。また乳酸菌は食品工場の床や側溝に多く存在するため食品製造工程における主要な汚染菌となっている。乳酸菌は炭水化物を多く含む食品によく生育し、発酵生産物として主として乳酸を50%以上生産する細菌類をいう。これらの乳酸菌に対して糖類等の炭水化物を多く使用する工場では塩素系、ヨード系、エタノール系の殺菌剤を使用して殺菌を行っているが、乳酸菌は他の微生物に比較してこれらの殺菌剤に対して抵抗力が強い。これはこれらの殺菌剤が工場の床や側溝に長く残存するため耐性菌ができたためである。

このため食品業界では残存しない殺菌剤の要望が強く、最近の環境汚染防止との関係もあり、残留しない殺菌法としてオゾン殺菌法が注目を浴びてきている。次亜塩素酸ナトリウムと殺菌メカニズムが全く異なるオゾン水やオゾンガスをを用いることにより次亜塩素酸ナトリウム耐性大腸菌群や乳酸菌の殺菌を容易にすることが可能である。

各殺菌剤はそれぞれに得意とする微生物があり、うまく併用して使用するのが望ましい。現在、食品工場の床、側溝、機械、装置等の洗浄、除菌、脱臭にはオゾン水濃度0.5～5.0ppmで使用されている。

文献

- 1) 内藤茂三：食品の変敗微生物、幸書房（2016）
- 2) 内藤茂三：生めんの乳酸菌による膨張とオゾンによる防止に関する研究、愛知県食品工技年報、38、36-43（1997）
- 3) 杉谷和加奈、市丸優子、大澤恵美、前田浩江、稲富順子、中澤由美：だんご生地の膨張の検証について、熊本市環境総合センター年報、19、49-52（2013）
- 4) 平成22年度北九州市食品衛生監視指導計画 実施結果
- 5) 東京都微生物検査情報（月報）、平成22年の食中毒発生状況、東京都健康安全研究センター、第32巻、4号

（内藤茂三 食品・微生物研究所）

プロバイオティクス・プレバイオティクス

プロバイオティクス

『マーチニコフと乳酸菌』（2010年1月）の項でも書きましたが、20世紀の半ばから、マーチニコフの業績の再評価に伴って、健康に対する乳酸菌・ビフィズス菌の効用についての研究が進みました。その傾向は年とともに加速してきているようです。『PubMed』という文献検索システムでプロバイオティクスを引くと9,000余りの論文がでてきます」と、その時点で書きましたが、今ではその数も17,000余りになり、この項目についてのReviewだけでも5,000件になっています。

プロバイオティクス（Probiotics）の言葉はLily and Stilwell（1965）が編み出したもので、当初は他の微生物の増殖を助ける微生物生産物という意味でした。現在では口から摂取して、人の健康を改善する微生物を総称してプロバイオティクスと言っています。（文献1、2）。

プレバイオティクス（Prebiotics）は人自身の消化液では

消化されないが、腸内細菌によって消化され、健全な腸内細菌の増殖と維持に役立つ食物という定義がなされ、多くのオリゴ糖やビフィズス菌増殖促進因子、それにイヌリンのような水溶性食物繊維、さらに不溶性食物繊維などが含まれます。

このほかに、プロバイオティクス・プレバイオティクスの両方を含む製品として、シンバイオティクス（Synbiotics）という言葉も使われます。

プロバイオティクスとして使われる微生物は、乳酸菌（*Lactobacillus*）とビフィズス菌（*Bifidobacterium*）が主なものですが、時には大腸菌、バシラス（*Bacillus*）、酪酸菌（*Clostridium butyricum*）、酵母、さらにカビなども含まれています。最もひろく使われているプロバイオティクスは乳酸菌で、これについては分かり易い解説も出されています（文献3）。

種類が多様であるばかりでなく、同じ菌種でも菌株によって効能が異なるということで、たとえば、乳酸菌のラクトバシラス・カセイ（*Lactobacillus casei*）についても

Lactobacillus casei F19、*Lactobacillus casei* Shirota、*Lactobacillus casei* CRL431、*Lactobacillus casei* DN-114001、*Lactobacillus casei* N1、*Lactobacillus casei* K-1…など、多くの菌株がそれぞれ異なる効能を示すとされています。

これら多くの菌株を含む、プロバイオティクス・プレバイオティクス商品はまさに花盛りで、発酵乳のほかにサプリメントの形を含めるとわが国でも90におよぶメーカーが売り出しており、それぞれの効能を主張しています。



写真 発酵乳製品は花盛り

このような製品にたいして、WHO/FAOでは、菌株レベルでの同定、製品の安全性、人の健康に対する効果の実証、効果に相応する名称をつけるなどの要請をしています。しかし、実際にこのような表示を付している製品は少ないようです。

プロバイオティクスの効果

市販のプロバイオティクス・プレバイオティクス商品は整腸作用・潰瘍性大腸炎の抑制・免疫増強・インフルエンザ予防・花粉症の予防・美肌作用などから、内臓脂肪の減少・コレステロール値改善、歯周病・虫歯の予防、さらに様々ながんの予防、寿命の伸長にいたるまで、数十におよぶ多彩な効能が謳われています。

このような効果の信頼性については証拠に基づく医学

(EBM Evidence-Based-Medicine) かどうか、が問題にされるといふことは、『メーチニコフと乳酸菌』でものべました。

効能の検証

菌の効果を調べるのに、始めの段階で動物実験を行うのは普通ですが、経口実験での人と動物の反応の違いは多く知られているので、EBMを満たすためには人での実験であることが求められます。また、ランダムに選んだ被験者にたいして、二重盲研法など、統計学的な要請を満たすことも当然で、さらに、得られた結果を、他の実験例と比較するなど、EBMを満たすためには厳しい条件を課せられます。

国際消化器病学連合 (World Gastroenterology Organization, WGO) の『Probiotics and prebiotics』(文献2)では、過去の多くの実験例を吟味し、Oxford Centre to EBMのエビデンスレベル(表に要約)にしたがってランク付けを行っています。

1 a	ランダム化された対照試験の比較検討
1 b	個々の対照試験
1 c	効果の有無の判定に問題のある検査結果
2 a	追跡研究(コホート研究)の比較検討
2 b	個々の追跡研究
2 c	“結果”の研究: 生態学的研究
3 a	対照をおいた症例研究の比較検討
3 b	個々の症例研究
4	症例観察、および質の低い追跡研究
5	専門家の見解

1911年度までの研究結果の総括では1 aのランクに入った、すなわち問題なく有効と認められたのは、子供の感染性下痢症に乳酸菌プロバイオティクス、乳酸菌と酵母のプロバイオティクス、また、ウイルス性腸炎に乳酸菌と酵母、さらに抗生物質連用による下痢に乳酸菌と酵母という3つの症例でした。他に、確実ではないが、プロバイオティクスが有効と言えるもの(1 b)に、一般の下痢、アトピー性皮膚炎、炎症性腸炎・潰瘍性腸炎(クローン病には効果が無いが)、ピロリ菌駆除に用いる抗生物質の副作用軽減。などが挙げられています。

その後、急増するプロバイオティクス。プレバイオティクスの臨床研究に対応する形で実験例の見直しが行われており、この問題に対する国際機関(International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics)による1914年の総括(文献4)」では、プロバイオティクス・プレバイオティクスの効能について、次のように3つに分けて総括しています。

1. 広く見られる効能
腸内細菌相の正常化

短鎖脂肪酸の生成
腸管の正常な動きの増強
病原菌の排除
腸細胞の活発な更新

2. しばしば見られる効能(菌種特異的)
ビタミン産生
胆汁塩代謝の
雑菌との拮抗
腸の障壁の強化
酵素作用
3. まれに見られる効能(菌株特異的)
神経学的効果
免疫学的効果
内分泌学的効果
特別な生物活性物質の産生

いずれにせよ、一つのプロバイオティクス製品が有効であるとの証明は大変で、ランダムに選ばれた多くの被験者(数十人から数千人までの例がありますが)について、長期間にわたる観察が必要になります。

したがって、簡単な動物実験や症例観察の結果から“有効”との結論を出し、宣伝するという、戦略にたいして、異議を申し込むのも現状では無理なようです。

筆者も50年ほど前にアルメニアで出会った発酵乳(マツーン)に魅せられて以来、毎日ヨーグルトを飲んでいますが、87才に近くなっても元気でいられるのはそのお陰だなどという人もいますが、それこそ対照のない実験ですから、正しいとはとても断言できません。

文献

1. T. Manigandan et al, Probiotics, prebiotics and synbiotics – A review. Biomed Pharmacol J. 5: 295-304 (2012).
2. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines. 2011. Probiotics and Prebiotics. pp.28. February 2017
3. 辨野義巳, プロバイオティクスとして用いられる乳酸菌の分類と効能. モダンメディア, 57巻10号2011, 277-287.
4. Hill. C. et al., Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. 11: 506-514 (2014)

(清水 潮 元東京大学海洋研究所教授)

アサマ化成株式会社

E-mail : asm@asama-chemical.co.jp
http://www.asama-chemical.co.jp

●本社 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-6 TEL (03)3661-6282 FAX (03)3661-6285
●大阪営業所 / 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル TEL (06)6305-2854 FAX (06)6305-2889
●東京アサマ化成 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-20 TEL (03)3666-5841 FAX (03)3667-6854
●中部アサマ化成 / 〒453-0063 名古屋市市中村区東宿町2-28-1 TEL (052)413-4020 FAX (052)419-2830
●九州アサマ化成販売 / 〒815-0031 福岡県福岡市南区清水1-16-11 TEL (092)408-4114 FAX (092)408-4350
●桜陽化成 / 〒006-0815 札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011)683-5052 FAX (011)694-3061