

# 伝統的パン種のおいしさと微生物の関わりについて

藤本 章人\*・井藤 隆之・井村 聡明

## パン種とパン種の用途について

「パン種」とは穀物や果実などに付着している酵母や複数の微生物を利用して作られた液状～生地状の発酵食品のことを指し、一般的にパンの原料として使用される。パン種の中でも知名度の高いものとしては、「ホップス種（イギリス）」「ルヴァン種（フランス）」「パネトーネ種（イタリア）」「サンフランシスコサワー種（アメリカ）」「ライサワー種（ドイツ）」「酒種（日本）」などがあり、世界各地で発展しているが、その他にも「中種」「老麺」「サワー種」「小麦種」「レーズン種」「リンゴ種」「ヨーグルト種」など数多くの種類が存在している。これらパン種は使用される原料や製法に応じて、酵母、乳酸菌、麹菌といった種々の微生物が複合的に集合体を形成し、共存しているといわれており、これまで多くの報告がなされている<sup>1-3)</sup>。

表1には世界的に知名度の高いパン種（ホップ種、パネトーネ種、ライサワー種、ルヴァン種、酒種、サンフランシスコサワー種）の特徴や、存在する微生物、パン

への使用目的を示した。パン種に使用される原材料や製法は各パン種によってそれぞれ異なるが、酒種を除くと結果的に乳酸菌と酵母が自然に共生発酵し合いできあがっているものが多い。また、ライサワー種はライ麦パンを作る際に生地を酸性化し、ゲル化するのに必要不可欠な原料として位置づけられているが、他のパン種の機能は①生地膨張、②風味や呈味づけ、③保存性の向上が中心である。

「パン種」の歴史は非常に古く、パン酵母が工業的に作られるまでは、主にパン生地膨張の役割を中心に担っていた。しかし、発酵安定性の高いパン酵母の普及や冷凍生地の発展、製パン作業の効率化とともに、パンの風味不足が問題視されるようになり、これまでパン種が与えてきた生地膨張力の機能よりも複雑な風味や好ましい食感などが見直されつつある。

現在ではパンの原材料表示としては「発酵種」や「発酵風味料」として表記され、パンの風味不足の改善、風味質の改良、粉臭のマスクングを主体とした「風味の付与」、パンのソフトさやしっとりさ、菌切れ、口溶けを

表1. 代表的なパン種の特徴と使用目的

パン種名称	原料や作り方	代表的な微生物	パンへの使用目的
ホップス種	ホップの受粉前の花からとった酵母にジャガイモなどのでんぷん質を加えることによりつくられるパン種	酵母と乳酸菌	①生地膨張 ②ホップの風味づけ
パネトーネ種	生まれたての子牛が初乳を飲んだ後の腸内物質から取り出した乳酸菌を小麦粉と混合して作られる。イタリア北部・コモ湖周辺の伝統的なパン種	乳酸菌と酵母 (菌種例) <i>Lactobacillus sanfranciscensis</i> <i>Saccharomyces exiguus</i>	①生地膨張 ②風味づけ ③保存性向上
ライサワー種	ライ麦粉に水を入れて捏ねる際に、自然に入る粉や大気由来の酵母や乳酸菌を利用して培養させたパン種	乳酸菌と酵母 (菌種例) <i>Lb. sanfranciscensis</i>	①生地膨張 ②生地の酸性化(ゲル化)
ルヴァン種	フランスの厳格な法律に基づき、ライ麦粉、小麦粉を種継ぐことで乳酸菌と酵母を生育させて作られるパン種	乳酸菌と酵母 <i>Lb. sanfranciscensis</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	①生地膨張 ②風味、呈味づけ
酒種	ホップが手に入らなかった理由で、日本酒用の米麹を使用し、作られたパン種	麹と酵母 (菌種例) <i>Aspergillus oryzae</i> <i>S. cerevisiae</i>	①生地膨張 ②風味、呈味づけ
サンフランシスコサワー種	サンフランシスコ湾岸地方特有の酵母をジャガイモの煮汁で培養させて作られるパン種	乳酸菌と酵母 (菌種例) <i>Lb. sanfranciscensis</i> <i>S. exiguus</i>	①生地膨張 ②サワー風味や酸味づけ ③保存性向上

\*著者紹介 キリン協和フーズ株式会社 食品開発研究所 E-mail:Akihito\_Fujimoto@kirin.co.jp

改質する「食感の改良」、発酵の延長、老化抑制といった「棚持ちの向上」、生地伸展性の向上といった「生地物性改良」などの面で品質向上に貢献している。

これらパン種は上記のように複数の機能を持ち合わせているものの、必ずしも力価の高い香料や乳化剤のようにパン品質の問題点を劇的に改良する特徴があるわけではない。それにもかかわらず、近年になってもパン種が多くの方に受け入れられる理由は乳酸菌や酵母といった微生物によって、風味、食感、棚持ち、生地物性などの複数の機能が穏やかに作用し、パンの品質を全体的に底上げしながら、嗜好性の高いパンづくりが可能になるからである。

### 種継ぎサワー種の微生物叢について

パン種のひとつであるサワー種については、世界各国のものから微生物の分離・同定評価が行われており、代表的な乳酸菌種としては *Lactobacillus sanfranciscensis* が挙げられる。その他にも *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Leuconostoc mesenteroides* など多くの菌種について報告がある<sup>4,5)</sup>。また、酵母菌種としては *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces exiguus*, *Candida humilis* などの分離事例が報告されている<sup>4,5)</sup>。サワー種の製法については、①あらかじめ伝統的に受け継がれたサワー種を種継ぐタイプ（サワー種製法1）、②初期にライ麦粉、水を発酵させ元種を作り、5-6日間に

わたり小麦粉、元種、水を繰り返し種継ぎするタイプ（サワー種製法2）、③乳酸菌スターター、小麦粉、水を用い、発酵させたタイプ（サワー種製法3）といった3つの製法が代表的である。

サワー種の微生物評価でも、比較的研究されているのは「サワー種製法1」のタイプであり、ヨーロッパをはじめ各地域で発展してきたサワー種に存在する微生物の生態や機能性評価が多い。また、ヨーロッパなどに比べ、サワー種の歴史が浅い日本国内において普及している方法は、「サワー種製法2」や「サワー種製法3」であり、報告数こそ少ないものの各ベーカリーやメーカーなどでよく使われている。

ここでは「サワー種製法2」の代表的な製法を図1に示した。本製法は原料としてライ麦粉、小麦粉、水、モルトを使用し、28°Cの条件下で約6日間にわたり、毎日種継ぎを行うことで作成される。この製法は乳酸菌スターターやパン酵母など使用せずに自然に発酵させて作られるが、発酵終了時には多くの乳酸菌、酵母が検出される。筆者らは製造に最低6日間が必要なこの製法そのものの微生物挙動や食品成分の変化に着目し、評価を行った。

微生物挙動やpHの変動を図2に示したが、発酵1日目より非乳酸菌数が急速に増殖した後、発酵2日目より、pHが速やかに低下し、乳酸菌が優勢になった。次いで発酵2日目より酵母が検出されるようになり、発酵5日

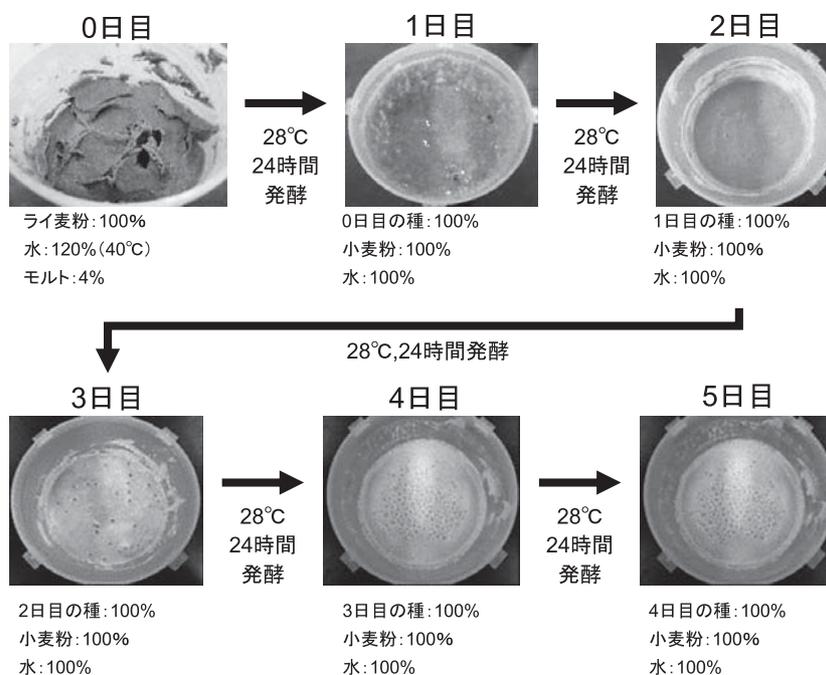


図1. 6日間かけて作成される伝統的なサワー種の製法。配合量はベーカリーズ%で表記した。

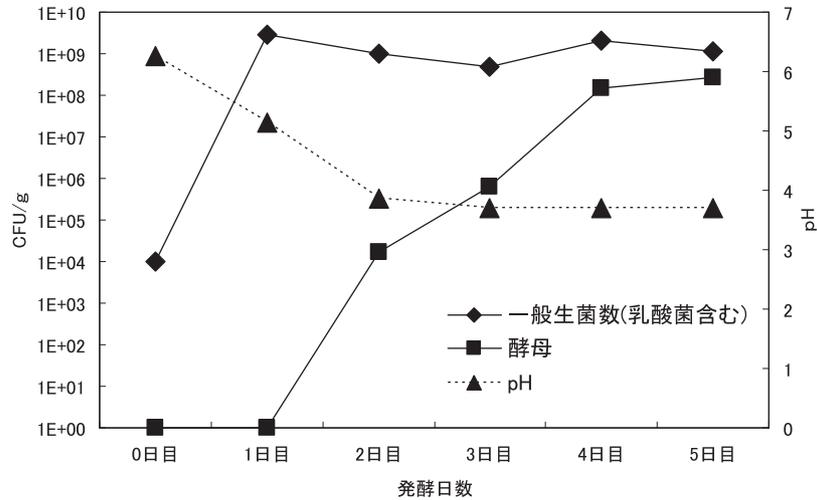


図2. サワー種工程における微生物の挙動

目までその酵母数は増加した。その際の食品成分の変化としては発酵2日目より乳酸が多く生成され、発酵3日目までに遊離アミノ酸が増加する傾向が見られた。発酵4日目以降には酵母の増殖が活発になり、遊離アミノ酸量については著しく減少する傾向を示した(図3, 図4)。サワー種を添加したパンの好ましきには、有機酸に由来するソフトで口溶けの良い食感と遊離アミノ酸に由来する香ばしい焼成香やうまみの付与がある<sup>6)</sup>。発酵2日目以降の種継ぎ工程で安定していた乳酸菌数や乳酸量はパン生地を酸性化させ、パンの食感や保存性などに影響し、種継ぎ工程中で酵母の増殖と共に著しく組成が変動していた遊離アミノ酸はパンの香りや味に影響を与えていると考えられた。

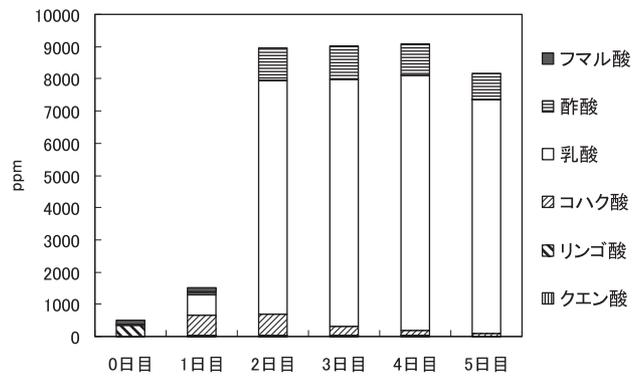


図3. サワー種工程における有機酸組成の挙動

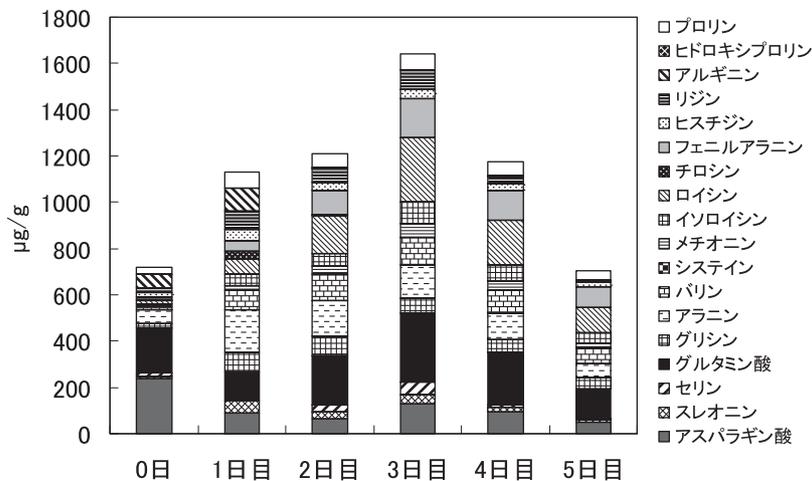


図4. サワー種工程における遊離アミノ酸組成の挙動

種継ぎ工程を経て連続的に変化していくサワー種中の食品成分は直接的にパンの風味や食感を改良すると同時に、乳酸菌と酵母が共生するためにも不可欠な成分になっていると考えている。

サワー種の微生物とおいしさの関わりについては今後さらなる検討が必要であるが、特にロット毎のばらつきや微生物の相互関係などにおいて未知な点が多く、今後の検討が期待される。

### 低温長時間熟成法のおいしさと微生物の関わりについて

街のベーカリーを見渡してみると、手間暇をかけたおいしさを提供できる手作りベーカリーの謳い文句として「自家製天然酵母」「焼きたて」「低温長時間熟成」など多くのキーワードが用いられ、その知名度は高い。しかし、そのパンの風味、食感の特徴についてはあいまいなイメージで利用されているケースも多い。筆者らは手作りベーカリーでよく用いられる低温長時間熟成法(別名:低温長時間中種法,パン種の一つ)に着目し、「手間暇かけた美味しさの追求と低温長時間熟成をとまなう製法のばらつきを調べる目的で風味や微生物の影響などの評価を行った。

低温長時間熟成法とは図5に示したとおり、小麦粉、パン酵母、水をミキシングした前生地を低温条件下で長時間熟成させる工程を経て作成されるのが特徴である。この前生地は低温長時間のパン酵母による発酵・熟成がともなうため、手間隙や時間はかかるが、これも一種の

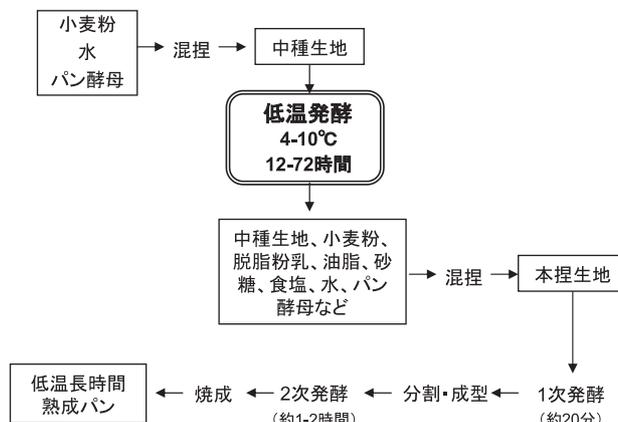


図5. 低温長時間熟成法の工程図

パン種と位置づけられる。

筆者らは小麦粉(1等粉)で作った生地を4°C条件下におき、実験的に熟成時間の異なる低温短時間製法(低温3時間熟成)と低温長時間製法(低温24時間熟成)のパンを作成して、その風味や食感の違いを比較評価した。その結果、低温長時間熟成パンの風味特徴はアルコール臭や酸臭が穏やかになり、甘い香り、呈味が強まることであり、食感の特徴は歯切れがさっくりとし、良好になる点であることが確認できた<sup>7)</sup>。

特に風味については3-hydroxy-2-butanone(バター様の香り)、Benzaldehyde(ナッツ様の香り)、Isoamylalcohol(甘い香り)が寄与しており、呈味の強さ

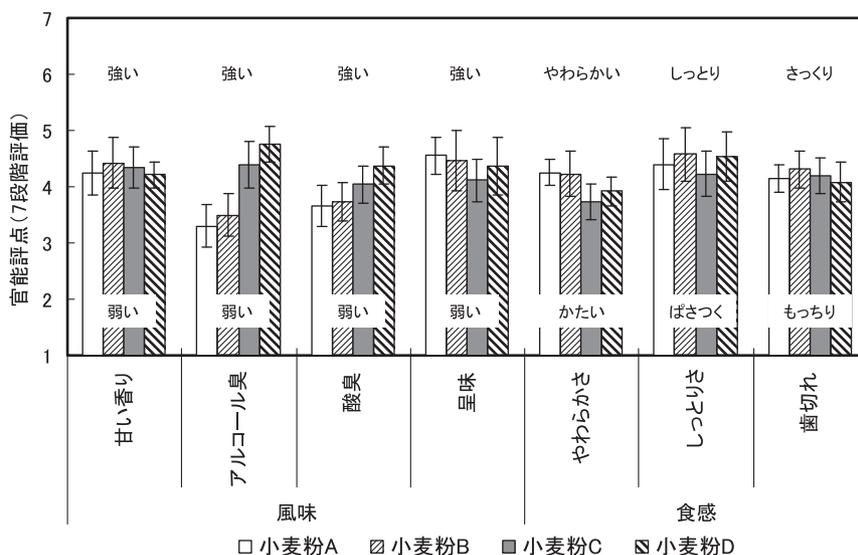


図6. 各種小麦粉を使用した低温長時間熟成パンの官能評価。小麦粉A(X社製1等粉,タンパク質11.0%,灰分0.37%),小麦粉B(Y社製1等粉,タンパク質12.0%,灰分0.37%),小麦粉C(Y社製2等粉,タンパク質12.3%,灰分0.44%),小麦粉D(Z社製2等粉,タンパク質13.1%,灰分0.48%),各小麦粉を使用し、低温3時間熟成パンの官能評点を4点としたときの低温24時間熟成パンの評点を7段階評価で実施した。

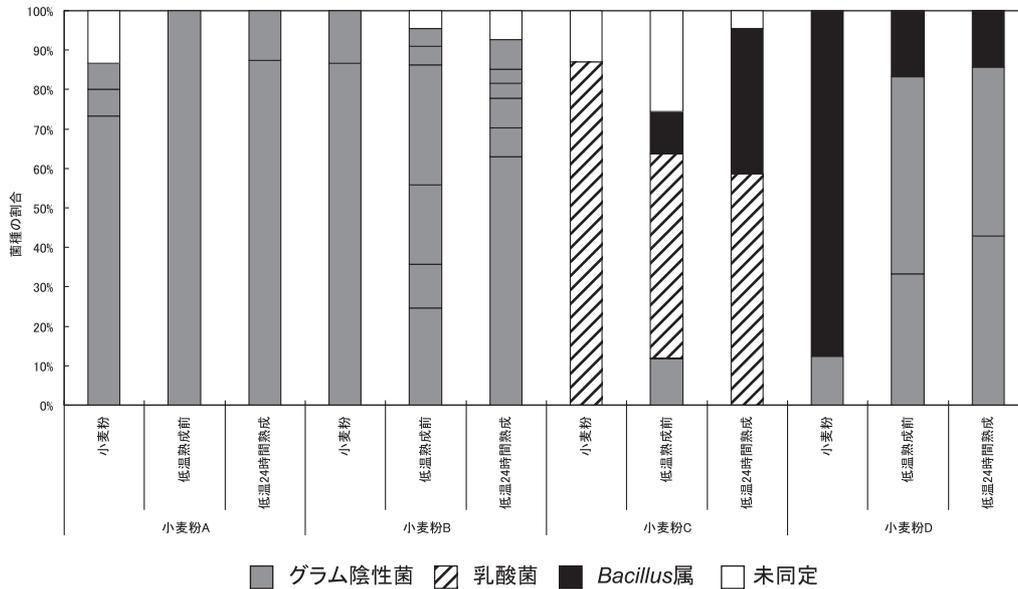


図7. 各種小麦粉を使用した低温熟成生地の菌叢評価. 普通寒天培地25°C培養した際に検出された菌叢を評価した.

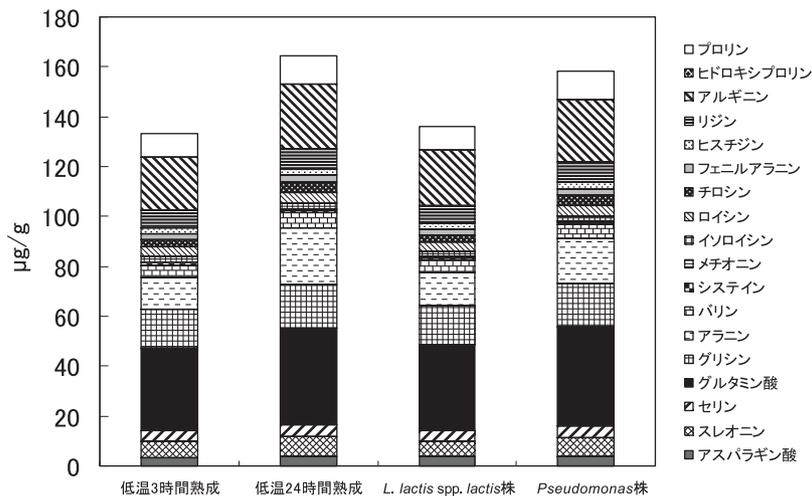


図8. *Pseudomonas*株が低温熟成生地の遊離アミノ酸組成に与える影響. 低温3時間熟成生地<sup>7)</sup>に $10^5$  CFU/gの*Pseudomonas*株を植菌し、製パンした際の影響を示した. 対照区として低温長時間熟成生地から分離した、*L. lactis* spp. *lactis*株を使用した.

には遊離アミノ酸やペプチドが多く含有していることが寄与していると確認した<sup>7)</sup>. さらに食感については、低温熟成中に起こるグリアジンの水和と小麦粉由来の脂肪酸やモノグリセリドの生成が促進されることで、歯切れの良い食感が再現されていることが確認された<sup>8)</sup>.

パンの主原料である小麦粉は多くの種類があり、使用する小麦粉によって風味や食感にばらつきが出てくることが考えられる. そこで低温長時間熟成パンに使用する小麦粉の等級やメーカーを変えて、評価を行った. その結果、低温長時間熟成後の風味、食感は等級の高い小麦

粉で評価が高く、他の等級の小麦粉と特徴が異なることが明らかになった(図6).

低温熟成生地<sup>7)</sup>に2等粉の小麦粉を用いた場合、小麦粉中の灰分といった成分がパン酵母の発酵力を高めたことでアルコール臭や酸臭が強まったと考えられた. 次に異なる低温長時間熟成生地中の細菌について評価を行ったところ、一般生菌数は $10^2$ – $10^3$ CFU/gで等級間に違いが見られないものの、等級の高い小麦粉を用いた生地からグラム陰性菌(*Pseudomonas* sp.)が頻度よく検出されることが確認された(図7).

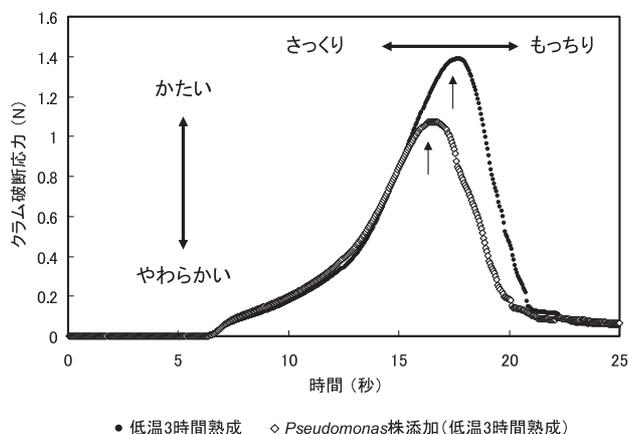


図9. *Pseudomonas* 株が低温熟成パンの食感に与える影響. 低温3時間熟成生地<sup>9)</sup>に $10^5$  CFU/gの*Pseudomonas*株を植菌し, 作成したパンの食感をテンシプレッサーで評価した. 矢印の破断点に達する時間とグラム破断応力に違いが見られた.

また, 低温長時間熟成生地中の主要なグラム陰性菌である*Pseudomonas*株をパン生地に $10^5$ CFU/gになるように添加し, パンを作成したところ, 低温長時間熟成で得られる成分を促進しており, 呈味に關与する遊離アミノ酸(図8)や歯切れといった食感(図9)が改良されていた.

小麦粉生地とグラム陰性菌の關係については, 田村らが生地を熟成させた老麺で生地の品質が改善されることを報告しており<sup>9)</sup>, 低温長時間熟成法を利用したパンについても, 同様な影響が考えられた.

図5のように低温長時間熟成生地はあらかじめパン酵母を加え, 発酵・熟成を促進させる方法である. 意図せずに混入する小麦粉由来のグラム陰性菌と酵母の關係については未知な点が多いものの, *Pseudomonas* sp.から生成される酵素などについてはプロテアーゼ活性, リパーゼ活性, 酵母に影響をあたえる酵素などの報告<sup>10,11)</sup>もあるため, 両微生物が共存することにより, パンの品

質に影響を与えていないのか, 今後の検討が期待される.

また, *Pseudomonas* sp.をはじめとするグラム陰性菌は衛生的に微生物制御の対象になる菌種であるが, *Bacillus*属に比べると耐熱性は低く, 焼成工程を経たパンに対して汚染事例は少ない. だが, 実際にパンの食感といった点で嗜好性に影響しているのであれば, 「手間隙かけて作られるパン」のよさは意図しない微生物で醸し出されている可能性があると考えている.

### おわりに

食の多様化が進むにつれて, パン種の分野においても使用目的や用途などはこれまで以上に広がりを見せている. ここで紹介したサワー種製法における食品成分と微生物との関わりや低温長時間熟成の事例については, 微生物共生の視点からこれまであまり検討されていない事例でもある. また, これ以外にも日頃の何気なく食べている食品や素材などにおいても微生物の共生によって生み出されているよさがあると考えている. 今後もこのような微生物共生に着目し, そのおもしろさを詳細に確かめながら, 製品を通じてお役に立ちたいと考えている.

### 文 献

- 1) Clarke, C. I. *et al.*: *Adv. Food. Nutr. Res.*, **49**, 137 (2005).
- 2) 田中康夫ら: 乳酸発酵の新しい系譜, p.210, 中央法規出版 (2004).
- 3) 志賀勝栄: 酵母から考えるパンづくり, p.10, 柴田書店 (2007).
- 4) 森 治彦: 食品と微生物, p.168, 光琳 (2008).
- 5) Gobetti, M.: *Trend in Food Science & Tecnology*, **9**, 267 (1998).
- 6) 藤本章人ら: 食品と科学, **52**, 80 (2010).
- 7) 藤本章人ら: 特開2011-050378
- 8) 藤本章人ら: 特開2011-050365
- 9) 田村朝子ら: 日本家政学会誌, **54**, 183 (2003).
- 10) 内野昌孝: 日食保蔵誌, **25**, 239 (1999).
- 11) 駒形和男: 食品工業利用微生物データブック, p.81, 東京化学同人 (1994).