

発酵種中の微生物はどこからきている？

(一社)日本パン技術研究所 製パン技術事業部 佐藤 淳

皆さんは、発酵種を使ってパンを作ったことがありますか。写真1は弊所、原田講師が継いでいる小麦粉、ライ麦粉で起こした発酵種です。



写真1. 原田講師が継いでいる小麦粉や
ライ麦粉の発酵種

イーストが普及する前はこのような発酵種を使ってパンを作成していました。しかし、発酵種は生地膨張力が弱い、酸味がある、安定した維持が難しいなどの難点があります。転換点は19世紀後半、イーストが工業的に製造されるようになってからは、主にイーストでパンが作られるようになりました。このイーストは製パンに適したサッカロミセス・セルヴィシエ (*Saccharomyces cerevisiae*) という酵母が培養、濃縮されたものです。これにより、発酵種に頼らなくても安定してパンを製造することができるようになり、発酵種はだんだん使用されなくなりました。しかし、発酵種を用いることで、イーストで作るパンとは異なる独特な美味しさのパンを作ることができま

す。そのため、リテイルベーカリーには自家培養発酵種を売りにしているところが多くあります。また、最近ではホールセールの製品にも発酵種の表示が見られるようになってきました。

この発酵種は、小麦粉やライ麦粉などの穀物に付着している微生物(酵母や乳酸菌)を培養して作るといわれています。ライ麦粉で作るライサワー種の場合は、ライ麦粉と水を合わせて、27℃で一晩置きます。この一晩置いたものと、ライ麦粉、水を合わせ、27℃でまた一晩置きます。これを繰り返すことで、段々と生地の膨らみが大きく、酸臭、酸味が強くなっていきます。生地が膨らむことは、炭酸ガスを発生する酵母が増えている、酸臭、酸味が強くなることは、酸(乳酸・酢酸)を生成する乳酸菌が増えている証拠です。

生地が酸性になることで、雑菌の繁殖を抑え、安定した環境になります。ただし、乳酸菌の中にも、発酵により乳酸のみを生成するもの(ホモ型乳酸菌)と乳酸以外に炭酸ガス、エタノール、酢酸を生成するもの(ヘテロ型乳酸菌)があり、生地膨張に寄与する乳酸菌もいます。この過程で発酵種中の微生物にはどのようなことが起こっているのでしょうか。ライ麦粉には様々な微生物が付着しています。その中で、ライ麦粉に存在するえさ(糖またはデンプン由来の糖)の奪い合いが生じ、その過程で、特定の酵母、乳酸菌が優勢になっていきます。ここで優勢になる酵母や乳酸菌の種類が違えば、発酵種の特徴は変わってくるそうです。では、この発酵種中の微生物は穀物由来のものだけなのでしょうか。発酵種中の微生物について研究した論文があるので、その概要を紹介します。この論文のタイトルは、¹⁾「Influences of Ingredients and Bakers on the Bacteria and Fungi in Sourdough Starters and Bread (発酵種中の細

菌や菌類、また発酵種を用いたパンに原料、パン職人自身が及ぼす影響)」です。以下に概要を記します。

*乳酸菌は細菌（原核生物：遺伝子のある核を持たない）、酵母は菌類（真核生物：核を持つ）に含まれます。

発酵種中に存在する細菌や菌類の供給源は何であろうか。本研究では、様々な国の 18 人のパン職人が同じ小麦粉を使って、発酵種を作り、その後、その発酵種を使ってパンを作った。このパン職人の手と発酵種中の菌類、細菌を調べた。図 1 参照。

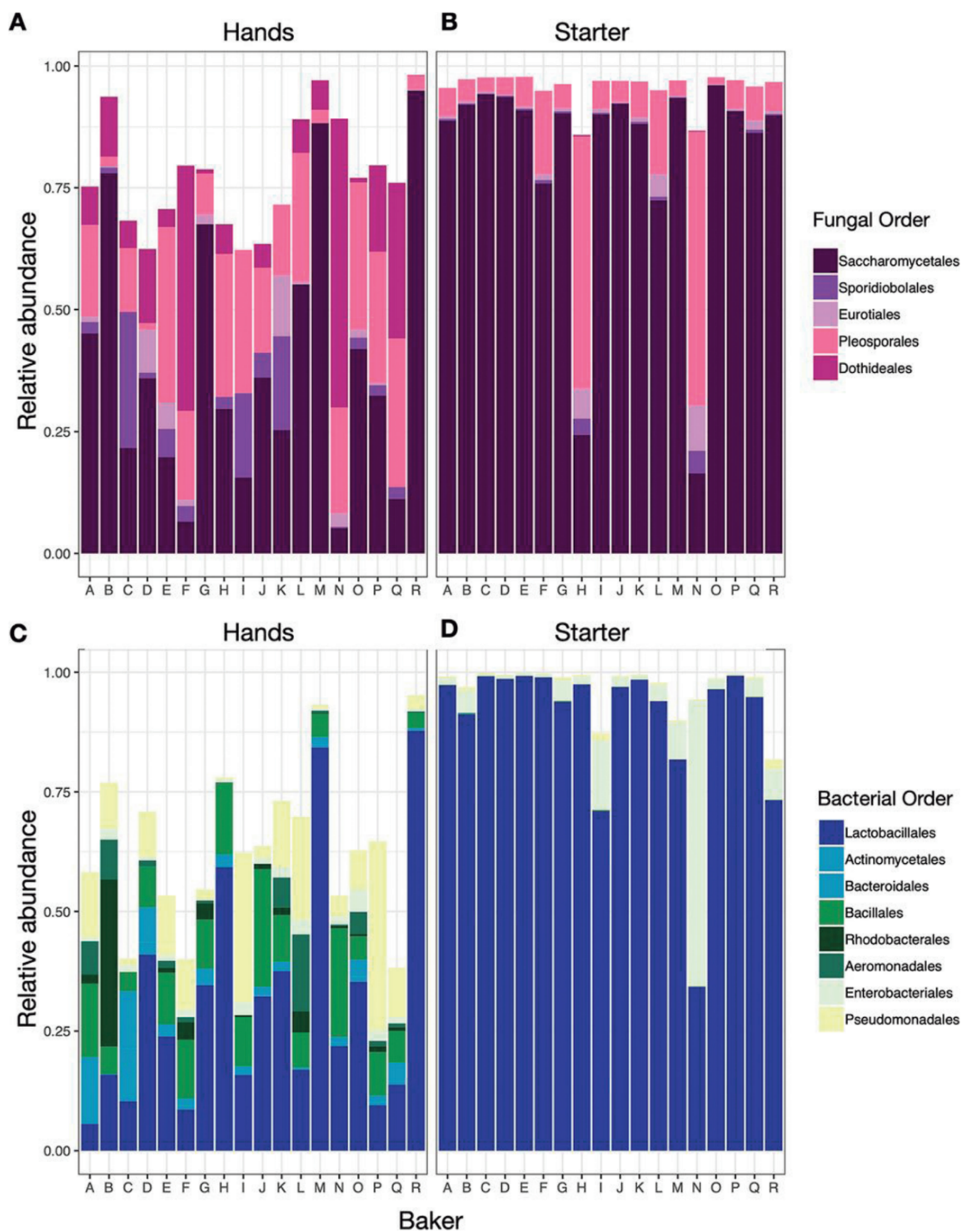


図 1. パン職人の手と発酵種中の菌類、細菌の相対存在量

図 1 は A から R、18 人の手と発酵種の Fungal Order 菌類の種類（サッカロミセス目、スポリディオボルス目、ユーロチウム目、プレオスポラ目、クロイボタケ目）と Bacterial Order 細菌の種類（ラクトバチルス目、アクチノミセス目、バクテロイデス目、バチルス目、ロドバクター目、エアロモナス目、エンテロバクター目、シュードモナス目）の相対存在量を示したものである。手には菌類、細菌共に種類が多く、割合も様々であるが、発酵種では、菌類はサッカロミセス目、細菌はラクトバチルス目の割合が多くなる。また、発酵種中の細菌、菌類とパンの風味に関連があるのかを調べた。これより、以下のことがわかった。

○使用した原料（小麦粉）は同じであるのに、発酵種から発見された細菌や菌類の多様性は高く、一様ではない。
→発酵種中の微生物は小麦粉由来だけではない。

○発酵種に含まれる微生物は小麦粉由来のものだけでなく、パン職人の手由来、もしくは製造現場由来の可能性もある。次頁表 1 参照。

表 1 は ASV という遺伝子解析方法により、小麦粉、手、発酵種中の細菌と菌類の種類を調べ、小麦粉、手、発酵種の間で共通する細菌、菌類の数をあげたものである。

小麦粉には小麦粉由来のみ、手には小麦粉と手由来のものがある。手由来の種類がとても多い。発酵種には小麦粉、手、発酵種由来のものがある。

○発酵種にはパン職人の手由来の微生物が多く含まれるのに、特定のパン職人とそのパン職人が作成した発酵種との一致はなかった。

→製造現場に特有の菌がいるのか？または、パン職人の手の微生物には変化があり、パンを製造しているときに一時的にある微生物群が増えるのか？発酵種を起こしたり、継いだりしているときと、検査したときとでは手の微生物群は異なる？

○発酵種の pH とパンの風味は、ともに発酵種の微生物組成と関連している。特に乳酸菌の組成とパンの風味に関連性が見られる。

○パン職人とそうでない人の手では微生物構成が異なる。パン職人の手にいる細菌の 27%が乳酸菌であり、乳酸菌の割合が高い。
→日々、パン生地や発酵種を触っていることで、手に付着するのだろう。

発酵種を作成する際、パン職人自身に付着している微生物、またその製造現場に漂う、作業台に付着している微生物の影響を受ける可能性があるという見解です。

パン職人自身の発酵種への影響についてですが、パン職人の手には一般の人より多くの乳酸菌がいるということが大変興味深いです。手、体の微生物は洗うことで流されてしまうのではと思い

表 1. 小麦粉、手、発酵種の間で共有する細菌、菌類数

TABLE 1

TABLE 1 All bacterial and fungal ASVs that are shared by sources^a

Source	Flour	Hand	Starter
Flour	44		
Hand	74	1,296	
Starter	79	157	186
Total ASVs	133	1,463	358

^a | Values on the diagonal are unique to that sample type. 64 ASVs were found at least once in each of the three sample types.

ますが、そのようなことはありません。²⁾ 人体に存在する細菌やカビのことを常在菌といい、部位によりほぼ決まった種類が分布しているようです。口の中には 100 億個、大腸などの消化管には約 100 兆個、皮膚には 1 兆個もいるといわれています。これらは我々と共生の関係にあります。常在菌は私たちが排泄する分泌物などを栄養分として発育します。一方、常在菌は私たちが病原菌への感染を防ぐ、また抵抗を高める働きをしてくれます。パン職人ごとに特有の乳酸菌がいて、それによりできるパンのおいしさが異なるとすれば非常に興味深いことになります。

この研究では、発酵種をはじめから起こしていますが、発酵種をある程度の期間、継いだものはどうなのでしょう。ある程度の規模のベーカリーになると、種継ぎを常に同じ人が行っているのではないはずです。また、店舗展開する場合には、使用している発酵種を別の店舗で継ぐということもあるでしょう。発酵種内の微生物はその中の酵母、乳酸菌が優勢になってくれば安定するといわれていることからすると、継ぐ人、環境が変わっても発酵種中の微生物群に影響は出にくいのではと考えてしまいますがどうなのでしょう。

また、製造現場の発酵種への影響についてですが、製造現場にも微生物が漂っているのでしょうか。日本酒製造においては「蔵つき酵母」という呼び方があります。古くから酒造場に住みついた酵母のことをいうようです。パン製造の現場においても、おそらく、オフィスなどの部屋よりも多くの酵母や乳酸菌などの微生物が空間、壁面等に存在しているはずです。「もやしもん」(*微生物を見ることができる特殊能力のある男の子が主人公の漫画)でも発酵が行われている場所には、空気中にたくさんの微生物が漂っている場面ができました。

製パンに使用するホップス種を作成する 1 つの方法で、ホップを煮詰めた煮汁と小麦粉を合わせ、その合わせたものを作業台に細かく分散させ、温度が下がるまで放置するという工程があります。後に、その合わせたものを容器に入れて冷暗

所で保管するので、酵素や雑菌の働きを抑えるために十分冷ますと考えられますが、同時に作業環境にいる微生物を付着させるという考えもあるのではないかと思います。

このように発酵種中の微生物が少しずつ解明されてきていますが、発酵種を使っている私たちにはまだまだ未知の世界です。現場で発酵種の状態を客観的に判断できるのは、種の膨倍度、pH くらいではないでしょうか。風味などは経験に寄るものとなってしまいます。発酵種中の微生物がどのような種類で構成されているかはわかりようがありません。しかし、昔は寒天培地などで培養することによって微生物を特定していたのが、今ではある場所にいる微生物を遺伝子の塩基配列を解読することにより、短時間で特定できるようです。今後、微生物の特定、判別がより身近になり、簡単な計測器でどのような種類の微生物がどれくらいの割合でいるとわかれば、また、その調整方法も明確になれば、発酵種の維持が一層、容易になるはずです。しかし、発酵種、またはその発酵種を使用して作るパンは工業生産品のように、いつも同じ品質であるべきというわけではなく、許容範囲内の品質であれば多少の変化があってもよいでしょう。その変化を調整し、ある程度の品質に仕上げるのがパン職人の腕、技術と考えるのであれば、やや未知である今の状態が消費者、パン職人にとっても面白いのかもしれない。

参考文献

- 1) Aspen T. Reese, Anne A. Madden, Marie Joossens, Guylaine Lacaze, Robert R. Dunn 「Influences of Ingredients and Bakers on the Bacteria and Fungi in Sourdough Starters and Bread」 2020 American society for Microbiology
- 2) 左巻健男「図解 身近にあふれる「微生物」が 3 時間でわかる本」 2019 明日香出版社