

## サワードウの継代過程における微生物叢変化と発酵代謝物に関する研究

大城, 麦人

<https://hdl.handle.net/2324/4060233>

---

出版情報：九州大学, 2019, 博士（農学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）



氏名	大城 麦人			
論文名	サワードウの継代過程における微生物叢変化と発酵代謝物に関する研究			
論文調査委員	主査	九州大学	准教授	中山 二郎
	副査	九州大学	教授	土居 克実
	副査	九州大学	准教授	田代 幸寛

## 論文審査の結果の要旨

サワードウは、パン作りの原料として紀元前から利用されてきた自然発酵食品素材である。サワードウの微生物叢は乳酸菌と酵母を主体に形成され、サワードウに小麦粉、水等の原料を加えて再発酵させる作業を繰り返して継代することで、その微生物活性が維持される。しかしながら、サワードウの継代は製造者の経験則によるところが大きく、サワードウの微生物叢が変化してしまい、発酵の安定化が難しい。サワードウの発酵の変動は、日々焼き上がるサワードウ使用パンの品質の変動に繋がる。この問題の解決のために、継代に伴うサワードウの微生物叢変化の実態を明らかにし、継代サワードウの微生物叢が変化するメカニズムを解明することが望まれている。本研究は、サワードウの継代過程における微生物叢変化と発酵代謝物との関係を明らかにすると共に、サワードウの微生物叢に対する pH の影響、および乳酸菌-酵母間相互作用を明らかにすることを目的としている。

まず、原料小麦粉の異なる 3 種類のサワードウを調製し、2 ヶ月間の継代過程において微生物叢と発酵代謝物の変化を調べている。その結果、出現した乳酸菌種はサワードウによって様々であったが、3 種類のサワードウには乳酸菌叢の規則的変遷「乳酸菌リレー」が共通して観察され、また、いずれの乳酸菌叢も最終的には *Lactobacillus* が優占することを観察している。一方、ヘテロ乳酸発酵を行う乳酸菌が増殖すると、主発酵物の乳酸に加えてエタノールが副生成され、発酵代謝物のバランスに影響することを見出している。また、共存酵母菌種もサワードウによって異なり、*Saccharomyces cerevisiae* はエタノール生成とともに出現し、一方、*Wickerhamomyces anomalus* はエタノール生成を伴わずに出現することを示している。さらに、一部のサワードウでは継代に伴い酵母菌数が減少するなど、酵母の定着性がサワードウにより異なることを示している。以上、2 ヶ月間にわたる継代過程においてサワードウの微生物叢が変化し、これに連動して発酵代謝物が変化することを明示している。

次に、上記の規則的な乳酸菌リレーがなぜ起こるのかを、乳酸発酵の特徴である pH 変化から調べている。まず、pH 4.5、pH 5.5、pH 6.7 の WSSM 液体培地に同一の混合乳酸菌スターターを接種して継代培養を行い、継代過程における発酵代謝物と細菌叢を調べている。同時に、小麦粉と水を混合して調製したサワードウ原料に対しても同様の接種と継代培養を行っている。その結果、pH 5.5 以下の条件にて *Weissella* から *Lactobacillus brevis* への乳酸菌リレーが観察された。一方、サワードウを用いた培養でも、継代に伴い pH が低下し、WSSM 液体培地と同様に乳酸菌リレーが起こることが確認されたが、ここでは継代早期からサワードウ特有の *Lactobacillus sanfranciscensis* の増殖が見られ、乳酸菌リレーの進行が早まっていた。以上のことから、乳酸発酵により生み出される低 pH 環境が *Lactobacillus* の優占化を誘導し、乳酸菌リレーを終結に導くと結論づけている。

最後に、サワードウの継代過程における乳酸菌リレーと酵母の関係に着目している。まず、サワードウ由来の乳酸菌 11 種と *S. cerevisiae* を液体培地で混合継代培養し、*L. sanfranciscensis* および *Lactobacillus fermentum* においては *S. cerevisiae* との共存により増殖が促進されることを示している。また、これらの乳酸菌の酵母による増殖促進を、*S. cerevisiae* との 2 菌の共培養でも確認している。一方、共存する乳酸菌種により、*S. cerevisiae* の増殖抑制が起こることも観察している。そこで、*S. cerevisiae* への増殖抑制効果が小さく、かつ乳酸菌リレーにおける出現時期が異なる 3 菌種 (*Weisella cibaria*, *Pediococcus pentosaceus*, *L. sanfranciscensis*) の乳酸菌を選抜し、*S. cerevisiae* と混合継代培養したところ、*S. cerevisiae* を 17 日間、14 回にわたり継代できることを確認し、乳酸菌の組み合わせ次第では *S. cerevisiae* を長期にわたり維持できることを示している。以上、サワードウの乳酸菌叢とその経時変化が、乳酸発酵だけでなく、酵母によるアルコール発酵にまで影響を及ぼすことを示しており、乳酸菌リレーはサワードウ発酵の進行を左右する極めて重要な役割を担うと結論している。

以上要するに、本研究は、サワードウの継代過程で共通して起きる乳酸菌リレーの存在と、これに連動した発酵代謝の変化、そして乳酸菌リレーの駆動に pH が果たす役割、さらにはサワードウの乳酸菌コミュニティが酵母の定着に影響することを明らかにしたものである。これらは、サワードウ等の複合微生物発酵の制御技術の開発に繋がり、食品微生物学および応用微生物学の発展に寄与する価値ある業績と認める。

よって、本研究者は博士（農学）の学位を得る資格を有するものと認める。