

学 位 論 文 要 旨

ヨーグルトにおける発酵後の加熱処理が及ぼす質的变化に関する研究
Study on qualitative changes caused by heat-treatment after fermentation in yogurt

宮地 一裕
Kazuhiro Miyaji

ロングライフ (LL) ヨーグルトは特に新興国で大きな市場を持ち、その製品の特徴から今後さらなる喫食頻度拡大が期待されている商品である。発酵後に加熱処理(二次殺菌)を行って乳酸菌ごと微生物を死滅させていることにより、常温で長期間保存が可能という特徴を持つ。常温長期保存という特徴により、LL ヨーグルトはホエイ分離などの物性安定性と風味変化が大きな問題となる。また、二次殺菌の工程や常温保存がヨーグルトの生理機能に及ぼす影響が分かっていないという課題もあるなど生菌ヨーグルトと比べて研究が進んでいない。そこで、本研究では二次殺菌や常温保存が及ぼす質的な変化を多方面から解析し、より品質の高い LL ヨーグルトの開発を可能とすることを目的とした。

物性安定性を正確に評価するためには賞味期限と同じ時間を要し、開発期間が長くなってしまうため、市場のニーズに適した商品をタイムリーに提供できないという問題があった。そこで、本研究ではタービスキャンを用いた LL ヨーグルト常温長期保存時の物性安定性に関する迅速判定モデルの開発を行った。サンプルに含まれる分散体すべてに起こった変化を総括する指標 **Turbiscan Stability Index (TSI)**を説明変数としたモデルはドリンクヨーグルトの安定性を評価するために既に使用されている粘度、粒子径、沈殿およびゼータ電位のような物理的測定に基づく他のモデルよりも汎用性が高く、25℃ 48 時間保存後のタイミングにて、25℃ 90 日保存後のホエイ分離状態を高精度に予測することが可能であった。本モデルは、LL ヨーグルトの物性安定性を高めるのに最適な製造条件と最適な処方を選択するのに利用できるだけでなく、不安定化因子の作用機構を解明するための強力なツールになり得る。また、LL ヨーグルトの

製造に必要となる 2 回の殺菌について、一次殺菌は物性安定性に影響を与えないが、二次殺菌は有意に物性安定性に影響を与えるため、物性が安定したヨーグルトを製造するには二次殺菌条件の最適化が必要であることが明らかとなった。この成果は開発サイクルの高速化や製造工程の選定に役立つと考える。

牛乳において冷蔵保存と常温保存では風味変化が大きく異なることが明らかとなっており、LLヨーグルトでもその風味変化を測定する必要があるが、研究はほとんど実施されていない。そこで、本研究では LLヨーグルトを常温保存した際に特異に発生するオフフレーバーの原因物質とそのメカニズムの解明を目的とし、官能評価、ガスクロマトグラフィー、ガスクロマトグラフィー嗅覚検査を用いて研究を行った。結果として、複数の反応が複合的にオフフレーバーの香気強度増加に寄与していることが明らかとなった。第 1 に、耐熱性リパーゼの作用によると思われる脂肪酸の生成により rancid 臭が増加すること、第 2 に、diacetyl のようなヨーグルト様の香気物質の減少が見られ、オフフレーバーのマスキング能力が低下し、結果的にオフフレーバーが強く感じられるようになった可能性があること、第 3 に、メイラード反応が進行し、furanol や sotolon といった良質な香気物質がほぼ完全に分解されていることが明らかとなり、同様にマスキング能力が低下しオフフレーバーが強く感じられるようになった可能性がある。第 4 に、本研究においてヨーグルトで初めて検出され、常温 90 日保存の間に約 10 倍に増加した 4-vinylguaiacol が、オフフレーバーの要因の一つであることが示唆された。

ヨーグルトは生理機能も期待して喫食される食品であるが、LLヨーグルトの生理機能の研究についてはほとんど行われておらず、その喫食意義を明確にするためにも生理機能の検証は必要である。そこで、本研究では LLヨーグルトの製造に必要な二次殺菌が代謝産物を含む生理機能関連物質に与える影響について、キャピラリー電気泳動飛行時間型質量分析装置を用いて測定した。その結果、二次殺菌温度に応じて増減する物質が存在し、二次殺菌が代謝産物へ影響を与えることが明らかとなった。増加、減少、無変化の代表的な物質について報告されている生理機能の全体像からは二次殺菌は好ましい影響を与えていると考えられる。殺菌温度が高いほどこの傾向は顕著になったことから、本研究で検討した殺菌温度帯では二次殺菌温度が高いほど生理機能に良好な影響を与える可能性が示唆された。また、常温保管した際に最も懸念されるのはメイラード反応が進行することによる終末糖化産物 (AGEs) の影響である。本研究で増加が確認されたメイラード反応生成物質を定量したところ、増加してはいるものの、一日摂取許容量 (ADI) の観点から健康に悪影響を与える量であるとはいえず、大きな影響がないことが明らかとなった。

以上より、本研究では発酵後の二次殺菌を行ったヨーグルトの物性面の安定性評価、保存中の風味変化ならびに生理作用の解明に繋がる成分変化を明らかにすることができ、LLヨーグルトの開発・普及を促進することで、より多くの人々の健康に貢献することができると期待される。