

【原著論文(一般論文)】

プロバイオティクス乳酸菌を含有した発酵食肉製品の品質特性

栃原 孝志¹・久保田 真規¹・橋谷田 羅奈¹・鈴木 眸美¹・小林 幸光¹・
宮崎 早花²・竹田 保之¹・舩津 保浩¹

酪農学園大学農食環境学群

¹食と健康学類, ²循環農学類, 北海道江別市 069-8501

(2022.10.8 受付, 2022.11.16 受理)

要 約

プロバイオティクスを摂取するという需要はますます広がる傾向にある。その多くがヨーグルトや飲料, あるいは顆粒として摂取する形態であるが, 食肉製品におけるプロバイオティクスの応用例はかなり少ない。本研究ではプロバイオティクスとして市販されている *Lactocaseibacillus* (*L.*) *casei* TO-A を食肉製品の一つである発酵ソーセージ (サラミ) 製造にスターターとして用いた際の製品の品質特性について調査した。*L. casei* の適切な添加量設定のため, 種々の添加量でサラミを製造したところ, 原料肉に対して 0.13% (w/w) の割合で, サラミ用 *Staphylococcus* スターターと併用して調製したサラミは, 官能試験では色合い, 風味, 香り, 総合的品質で高評価であった。細菌数のプロファイルから, 最終製品において *L. casei* が生育している可能性が示され, プロバイオティクスの摂取媒体としてのサラミへの活用が可能であることが示唆された。

食肉の科学 63(2), 125-132, 2022

キーワード：プロバイオティクス乳酸菌, 発酵ソーセージ, 官能評価, スターター

緒 言

2019 (令和元) 年国民生活基礎調査¹⁾によると, 健康意識は 6 歳以上の調査対象者 (入院者を含まない) のうち, 男性 87.2%, 女性 85% が「健康と思っている」と回答している。一方, 「あまりよくない」と回答している者は同じく 9.9%, 11.9% で, さらに「よくない」という回答に至っては男女ともに 1.7% が回答している。すなわち, 健康に不安を抱えると考えている回答者は, 男性と女性でそれぞれ 11.6% と 13.6% である。同調査では, サプリメントのような健康食品の摂取状況について示されている。男性の 21.7%, 女性では 28.3% が摂取していると回答した。この調査からは, 健康に不安を抱えていなくても, サプリメントのような健康機能を向上させるような食品を摂取している国民が一定数いるという実態が示された。

民間のシンクタンクが行った健康食品を摂取する目的に関する調査²⁾ では, 男性の場合, 20 ~ 30 歳代の 20.5% と 60 ~ 70 歳代の 24.0% が, 女性の場合では,

60 ~ 70 歳代の 24.5% が「免疫力の向上」を目的とし, その目的に合致した食品を摂取していると回答した。昨今, 収束の方向性が見えないコロナウイルスの感染予防を期待する声にダイレクトに応えられるような健康食品はまだ開発されていない。従来から「プロバイオティクス」としての微生物生菌による健康維持に関する強い支持が国民の中にはある。

食肉製品の一つとして, 生肉中に潜在し, あるいは添加した乳酸菌などにより産生した有機酸で pH を低下させて保存性を向上させ, 発酵を伴い肉中のタンパク質を分解して芳醇な風味を形成するものに発酵ソーセージ (サラミ) がある。日本ではサラミはおつまみ感覚で食する傾向にある非加熱乾燥食肉製品の一つである。これまでにサラミ製造時に用いられる発酵スターターに関して, Samelis ら³⁾ はギリシャの自然発酵ドライサラミには, 分離可能な乳酸菌 348 株のうち, 88 株が *Lactobacillus curvatus* (Zheng ら⁴⁾ による *Lactobacillus* 属の再分類後の種名であり, 旧種名 *Lactobacillus cur-*

連絡者：舩津保浩 (fax:011-388-4892, e-mail: funatsu@rakuno.ac.jp)

vatus), 76 株が *Lactocaseibacillus (L.) casei* (旧種名 *Lactobacillus casei*), 5 株が *Latilactobacillus sakei* (旧種名 *Lactobacillus sakei*) または *Latilactobacillus curvatus* であると報じている。また, Samelis ら⁵⁾ は, 発酵初期段階において生肉中に優勢に存在する *Micrococcus* 属菌が発酵 4 日までは乳酸菌へと交代すると報じた。すなわち, 生肉中に存在する優勢微生物種が, いつまでも優勢集落を形成できるわけではない。言い換えると, サラミに食肉製品向けでない乳酸菌をスターターとして加えることで原料中にスターターが定着できる可能性があると考えられる。事実, 長谷川ら⁶⁾ はサラミ製造に適する乳酸菌スターターの選抜過程で, 一般食品から分離した *Latilactobacillus sakei* を原料肉に混合して熟成させたサラミの実験結果から低温増殖性, 遊離アミノ酸生成の観点で *Latilactobacillus sakei* は優れたスターターであると報じている。小澤ら⁷⁾ は, チーズ製造に用いる *Lactobacillus helveticus* をスターターに用いたサラミの品質を調査したところ, 最終製品の pH が熟成によって大きく低下し, 酸味やうま味が強まる食味特性がみられると報じている。

人の健康に有益性をもたらすと考えられるプロバイオティクス効果⁸⁾をもつ乳酸菌をスターターに用いてサラミを製造した適用例は, *Limosilactobacillus reuteri* (旧種名 *Lactobacillus reuteri*)⁹⁾, *L. rhamnosus* (旧種名 *Lactobacillus rhamnosus*)^{10, 11)}, *Latilactobacillus curvatus* (旧種名 *Lactobacillus curvatus*)¹²⁾ などがあるが, その報告事例は少ない。一般にサラミスターターは, 食塩に対する耐性能が求められる。Reale ら¹³⁾ は *L. casei* 8 菌種, *L. rhamnosus* 68 種, および *L. paracasei* 108 種に対する塩耐性を評価し, すべての菌株が 4% 食塩存在下で良好に, また, 6% 食塩存在下では 4% のそれに比べると弱いながらもすべての菌株が生育可能であると報じている。

本研究では, サラミ製造のスターターを基本にして, 塩耐性を有すると考えられる市販プロバイオティクス乳酸菌 *L. casei* TO-A をサラミ製造のスターターとして使用した場合の, 熟成中の物理化学的および微生物学的特性の変化, 最終製品の食味特性について調査することを目的とした。

材料および方法

主原料

豚もも肉 (北海道産) はホクレン苦小牧支所畜産販売課から購入し, 冷蔵状態で輸送し直ちに酪農学園大学 (北海道江別市) 食品加工実習室で成形し, 赤肉と脂肪をそれぞれ真空包装して, サラミ製造実験開始日ま

で -20°C で保管した。

スターター細菌

原料肉に添加するスターター菌は *L. casei* TO-A (東亜薬品工業, 製品名: LC TO-A¹⁴⁾, 以下, LC と略す) を用いた。本菌株は製造者の公開情報によると, 牧草が分離源であり, L-乳酸を生産するホモ型発酵をする乳酸桿菌である。また, 消化管における pH3 ~ 9 環境下に生残性を持つプロバイオティクス機能を有し, また単回経口投与毒性試験 (マウスに対する最大投与可能量 6,000 mg/kg/day) において, 異常が認められないなど, 安全性が確認されているものである。供給時の形態は乾燥菌体で, 生菌濃度は 10^9 colony forming units (CFU)/g である。また, 本研究では LC 添加による製品の食味特性を評価するための対照として, サラミ用スターター (Auracarn CX-1, Aurapa, 以下, CX-1 と略す) を用いた。なお, CX-1 は *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus vitulinus* の混合物である。

サラミ製造

小澤らの方法⁷⁾ に準じて, 次のように行った。冷凍した原料肉を冷凍状態のまま, もも肉と脂肪をそれぞれ 1.5 ~ 2.0 cm 角にカットした。その後, 脂肪 (200 g) と, もも肉 (400 g) を卓上フードカッターで混合し, 挽肉にした。この挽肉に対し, D-グルコース 10 g, 発色剤 (ニュー硝精 S, 第一化成) 3 g, 岩塩 19 g, ホワイトペッパーパウダー 6 g, オニオン末 3 g, ガーリック末 1 g, ブラックペッパー 4 g, L-アスコルビン酸ナトリウム 1 g を加えた。また, 氷水 15 g に溶解したプロバイオティクス乳酸菌スターター LC をサラミ原料の最終重量の 1% (w/w) となる 10.6 g (菌量は 1×10^{10} CFU) 加え, 5 ~ 6 mm 角の大きさになるようカッティングを行った。カッティングの際に, 摩擦熱による練り肉の温度上昇を防ぐため, 温度を $-5 \sim -1^{\circ}\text{C}$ の範囲になるよう装置全体を放冷した。本研究では, LC の添加量を低減させた際の食味特性との関連を探るため, LC の原料肉に対する添加量を 1/2 量, 1/4 量および 1/8 量としたサラミも調製した。なお, 本研究では, LC の効果を評価するため対照スターターである CX-1 がサラミ製造に用いられる際には, 原料肉 1 kg に対し 0.1 g (原料肉重量に対し, 0.01%) 添加することに統一した。

スターターが混合された原料肉を人工ケーシング (BSK 1SK, 株式会社タイムベックスケミカルス謙信洋行) に充填した。充填した原料肉は直径約 3.5 cm で, 1 本あたり約 180 g となるよう調整した。両端を結紮した内容物が同じ試料をそれぞれ 4 本ずつ調製した。こ

表1 サラミ熟成庫内の設定温度と湿度

製造日数 (日)	1	2	3	4	5	6	7	8~22
温度 (°C)	20	20	20	20	20	18	18	17
湿度 (%)	95	93	91	88	86	83	80	75

これらの試料は、冷燻 (20°C, 40 ~ 60 分間) を行った後、恒温恒湿庫 (20°C, 湿度 90%) の中にフックで吊り下げて熟成を開始した。熟成中の温度と湿度は、いずれも熟成期間を通して、徐々に調整しながら 21 日間の間、庫内のサラミ水分を徐々に取り除いた。なお、熟成期間中における、温度と湿度設定については表 1 のとおりである。

熟成開始後から 1 週間ごとにサラミをサンプリングし、水分量、水分活性の測定、色調、残留亜硝酸根量、細菌数 (一般細菌, 乳酸菌, *Staphylococcus* 属菌) の測定, pH, 塩分量, ボランティアによる食味検査, 味覚センサ分析を以下のとおり行った。なお、試験に供するためにサンプリングした試料は、各実験の開始までの間、10°C 以下で保管した。

水分量

常圧加熱乾燥法によって測定した。細断した試料を約 3 g 秤量皿に入れ精秤し、試料と海砂をよく混和して、105°C で 2 時間乾燥させた。その後デシケーターに移して放冷し、精秤して試料中の水分量 (n = 2) を算出した。

水分活性

水分活性計 (Lab MASTER-aw NEO (ケツト科学研究所)) を用いた。試料セルに細切した試料を 6 割程度詰め、キャリブレーションのための校正用湿度標準塩 (ISAL-T) は、84%RH (0.84 aw) と 97%RH (0.97aw) を使用した (n = 2)。

色調

色調の測定は色差計 (SA4000, 日本電色工業) を用いて測定した。測定セルに試料をつめ、測定の際にセルを回転させ、明度 (L*), 赤色度 (a*), 黄色度 (b*) を数値化した (n = 3)。

残留亜硝酸根量

試料 5 g を 80°C の純水 50 ml が入ったビーカーに加え、ホモジナイズした。蒸留水で共洗いたうでで液量を 75 ml とし、これに 0.5 mol/l 水酸化ナトリウム溶液を 5 ml, さらに 12% (w/v) 硫酸亜鉛溶液を 5 ml 加えた。なお、本実験の対照試料として、純水 50 ml とを加

えたものを用いた。これら溶液をウォーターバスで湯せん加温し、80°C, 20 分間保持した。その後、氷水で冷却してから、酢酸アンモニウム緩衝液 (pH 9.0) を 10 ml 加え、100 ml に定容した。この溶液をよく混和して 10 分間静置し、ろ過をした。ろ液 20 ml を 25 ml メスフラスコに量りとり、0.5% (w/v) スルファニルアミド溶液 1 ml, 0.12% (w/v) N-(1-ナフチル) エチレンジアミン二塩酸塩水溶液 1 ml を加えて混合した。発色が安定する 20 分後に 540 nm の吸光度を測定 (n = 2) した。なお、定量に際しては亜硝酸ナトリウムを標準物質として用いた。

細菌数

サラミ中の細菌数測定のため、標準寒天培地 (日水製薬, 以下, SPC) を用いた。また、乳酸菌数の測定には MRS 寒天培地 (Oxoid, 以下, MRS), 乳酸桿菌に対して選択性を有する Rogosa 寒天培地 (Oxoid, 以下, Rogosa)¹⁵⁾ を用いた。サラミ中の CX-1 生育を確認するため、マンニット食塩培地 (日水製薬) を 121°C で 15 分の滅菌処理後、無菌的に 50% 卵黄液を混合して調製する 3% 卵黄加マンニット食塩寒天培地 (以下, MSEY)¹⁶⁾ を用いた。経時的に採取したサラミは無菌環境下で細切し、フィルターが付いたストマッカー袋に 10 g 秤量し、滅菌生理食塩水 90 mL を加えて、ストマッカー (400-T, Seward) で攪拌混和した。その後、この懸濁液を袋内のフィルターを通過させ 1 ml を分取し、滅菌生理食塩水 9 ml と混和して 10 倍希釈液とした。同様に希釈を行い、各培地に表面塗抹して、SPC は 35°C で 48 時間、Rogosa と MSEY は 37°C で 48 時間培養した。培養後に出現したコロニー数から、試料 1 g あたりの当該培地による細菌数を算出した。

pH と塩分濃度

細切したサラミ 2 g を 15 ml 遠心チューブに秤量し、蒸留水 8 ml を加えてホモジナイズした。その後、3000 × g で 15 分間 (4°C) の遠心分離を行い、上澄み液の pH を pH メーター (堀場製作所) で測定した (n = 2)。また、塩分量は塩分計 (SO-304, タニタ) を用いて懸濁液の塩分を測定し、希釈率を乗じて算出した (n = 2)。

食味検査

大学生ボランティアに実験実施者による実験趣旨の説明を聞き、自らの意思で参加承諾したうでで食味してもらい、質問紙方式で調査した。試食したサラミは熟成 3 週間を過ぎ、水分活性、残留亜硝酸根量がそれぞれ

0.87 未満, 0.070 g/kg 以下であることを確認した。試料を厚さ 3 mm に切断し, 一検体につき 2 枚提供して評価した。なお, この本研究での食味検査は, 酪農学園大学における人を対象とする医学系研究倫理審査委員会による研究承認 (承認番号 20-4) を得て実施した。

味覚センサによる呈味性分析

味覚センサに供するにあたっての前処理は, 試料を約 30 g 採取し, これに 60°C の純水を 5 倍 (w/w) 希釈となるよう加え, 粉碎, 遠心分離を行い, 冷却後に不織布にてろ過を行い, そのろ液を味覚センサ分析用試料とした。本研究ではマルチチャンネル味覚センサ (味認識装置 TS-5000Z; インテリジェントセンサーテクノロジー, 神奈川) を用いた呈味分析を行った。6 種類の先味と 4 種類の後味の合計 10 軸 [食品系苦味, 薬品系苦味, 渋味, うま味 (これら 4 軸は先味と後味の各 2 軸), 塩味, 酸味 (これらの 2 軸は先味の各 1 軸)] で味の解析を行った。

結果および考察

サラミ製造用スターターとして LC の可能性を探るため, スターターを使用しない無添加区, サラミ製造用スターター CX1 添加区, LC を肉 1 kg に対して 10.6 g 使用した LC 添加区, CX1 と LC を併用した LC&CX1 添加区の計 4 種のサラミを製造した。これら試料の熟成 3 週間後の各パラメーターの測定結果を表 2 に示す。pH は, LC がスターターに加わる 2 試料では, 他の 2 試料と比べ, 概ね 1 程度低かった。これは LC が乳酸などの酸性代謝産物を積極的に熟成中に生産し, 製品内に蓄積された結果と考えられる。また, 同様に色調についても特に赤色度 (a* 値) は, LC が入るか否かで数値に偏りがみられた。残留亜硝酸根量はいずれの試料も, 食品衛生法にもとづく「食品, 添加物等の規格基準 (昭和 34 年 12 月 28 日, 厚生省告示第 370 号)」における食肉製品成分規格の一般規格 (0.070 g/kg 以

下) に適合していた。サラミや生ハムなど非加熱の食肉製品の色はヘム中心部に 2 価の鉄イオンあり, そのヘム鉄の第 6 配位座に一酸化窒素 (NO) が配位したニトロシルミオグロビンであることが知られている^{17, 18)}。NO は, 硝酸塩や亜硝酸塩が肉中の還元酵素や微生物, 発色助剤の還元作用により変化する。塩せき肉の熟成に関する乳酸菌が肉中の pH を低下させ, pH 6 を下回ると酸化窒素化合物の還元速度が低下する報告¹⁹⁾があるが, 本研究の LC 添加試料においては, pH が比較的低値 (4.50 ~ 4.65) であったが, 赤色度は LC 無添加の試料の値 (5.59 ~ 5.70) よりもやや高かった。この原因については目下調査中である。

サラミの熟成期間における SPC 培地による一般細菌数の推移を図 1 に示す。製造時にスターターを入れた 3 種 (LC 添加区, CX1 添加区, LC & CX1 添加区) の試料の一般細菌数は, 熟成直後からいずれも 7 log₁₀ CFU/g 程度であり, このうち, LC 添加区と LC & CX1 添加区は 1 週間で 9 log₁₀ CFU/g 程度まで増加し, その後熟成 3 週間まで菌数が変わらなかった。一方, CX1 添加区は初発菌数のレベルを維持したままであった。

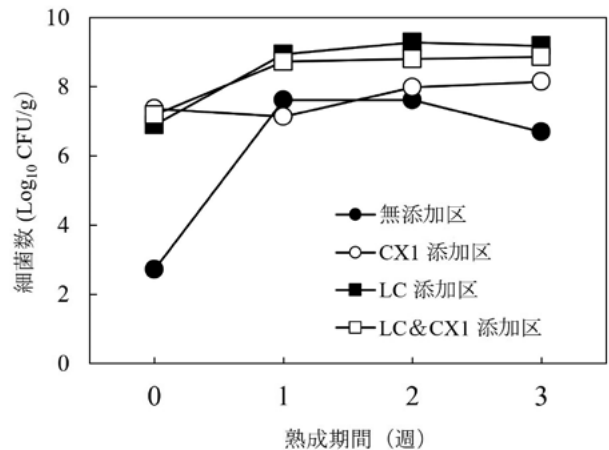


図 1 サラミ試料の熟成期間における一般細菌数の消長
サンプリングしたサラミ試料を滅菌生理食塩水で懸濁し, 標準寒天培地 (SPC) を用いて 35°C で 48 時間培養し, 測定した。

表 2 サラミ試料 (熟成 3 週間後) の各種パラメーター

試験項目/試験区	無添加区	CX1 添加区	LC 添加区	LC&CX1 添加区
水分 (%)	27.4	25.8	26.9	29.7
水分活性	0.805	0.818	0.827	0.823
L* (明度)	30.2	30.8	31.0	31.1
a* (赤色度)	0.35	0.43	0.56	0.68
b* (黄色度)	6.08	6.17	5.80	5.93
亜硝酸根残存量 (mg/kg)	8.65	1.91	1.46	4.94
pH ¹⁾	5.70	5.59	4.50	4.65
塩分 (%)	4.40	3.90	4.70	4.20

¹⁾ 蒸留水で 10 倍希釈したホモジネートの遠心分離後の上清の値

プロバイオティクス乳酸菌を含有した発酵食肉製品の品質特性

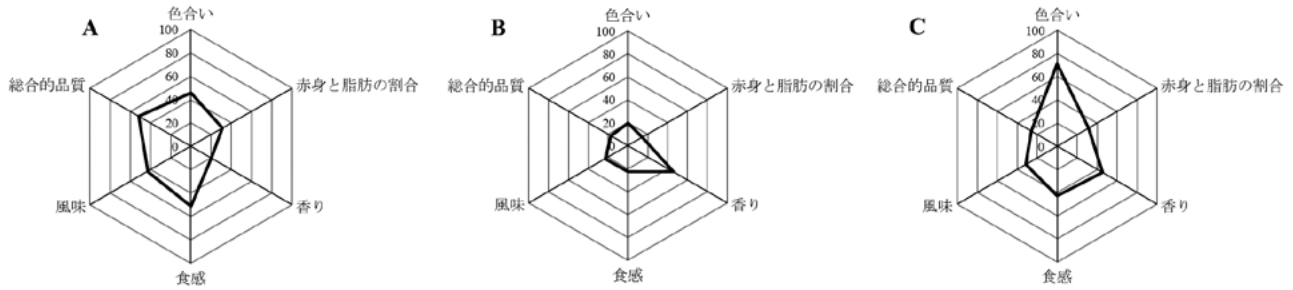


図2 サラミ試料に対する官能試験において高評価とした回答の割合 (%)
 [試料] A: 無添加区 B: LC 添加区 C: LC&CX1 添加区

無添加区は、 $3 \log_{10}$ CFU/g 程度から熟成 1 週間では他のものと試料と同程度まで増加した。

これらの試料について実施した食味検査の結果を図 2 に示す。熟成 3 週間目の試料をボランティア学生 (20 ~ 22 歳, 男性 14 名, 女性 21 名) に試食してもらい、その食味についての評価を行った。試食による官能評価は、色合い、赤みと脂肪のバランス、香り、食感、風味、総合的評価について 5 段階 (非常に良い「5」、良い「4」、普通「3」、悪い「2」、非常に悪い「1」) で実施した。なお、評価の基準となる試料は CX1 添加区 (サラミ用スターターを用いた製品) とし、この基準品を普通「3」としたときの各項目について、普通より高い結果 (「5」と「4」) と回答した群を高評価回答とし、それ以外の回答をその他回答としてまとめた。

LC 添加区試料について、色合いを高評価回答した割合は 71.4% であった。色調測定による赤色度の高いものが高評価であることとよく一致していた。風味については、特に LC 添加区で高評価と答えた群は 5.7% に留まり、LC と CX-1 を併用した試料 (LC&CX1 添加区) では 28.6% に上昇した。このことからサラミ用スターターである CX-1 には LC と比べて風味を向上させる効果があり、その効果は共存下でも有効であるということが推察された。LC 添加区の風味の低評価を、味覚センサーで分析し、そのデータを解析したところ、LC 添加区、およびこれと同じく LC を用いた LC&CX1 添加区

はともに先味としての酸味が突出しており、他の味覚の違いが判別しにくい結果が示された (データは図示せず)。そこで、サラミに加える LC が熟成中に生成する乳酸等の酸性代謝物質によって、官能評価に影響を与えていると考え、サラミ調製時の LC の添加量を減少させ、サラミを調製し、食味試験を実施した。すなわち、原料肉 1 kg に対して、CX-1 を用法通りに加え、LC を前述した用量の 1/2 量 (5.3 g)、1/4 量 (2.6 g)、および 1/8 量 (1.3g) 加えたサラミ試料 (それぞれ 1/2LC 添加区、1/4LC 添加区、1/8LC 添加区と略す) を調製した。熟成 3 週間のサラミ中の細菌数、水分活性および pH については表 3 で示す。

Rogosa は乳酸桿菌に対する選択性を有する培地であり、乳酸桿菌である LC は予備的実験において、乳酸菌全般に用いられる MRS 培地による細菌数と同程度の生育が認められた。なお、CX-1 は MSEY においてコロニーは確認されるが、すべて卵黄反応陰性であった。加えて、本研究におけるサラミ試料懸濁液による MSEY 上のコロニーはすべて卵黄反応陰性であった。CX-1 は、MSEY と MRS による生育の程度の比較では、MSEY の方が約 $1.0 \log_{10}$ CFU/g 高い細菌数を認めた。しかし、Rogosa においてはその生育が認められなかった。このことから、サラミ試料に含まれる LC の細菌数は SPC, Rogosa, および MESY によって細菌数を測定することで推測できると考えた。なお、熟成開始直後の

表 3 スターターとしての LC 使用量を調節したサラミの細菌数, 水分活性および pH

試験区	細菌数 (検出培地)			水分活性	pH*
	SPC	Rogosa	MSEY		
LC 無添加区	8.44	5.39	7.84	0.863	5.89
1/2LC 添加区	8.22	8.19	7.40	0.878	4.90
1/4LC 添加区	8.24	8.24	7.06	0.881	4.71
1/8LC 添加区	8.11	8.13	7.34	0.871	5.04

各試験区試料は、3 週間熟成したものである。細菌数はサラミ 1 g あたりの菌数を対数值 (\log_{10} CFU/g) で示す。

* 試料を蒸留水で 10 倍希釈したホモジネートの遠心分離後上清液を測定した値。

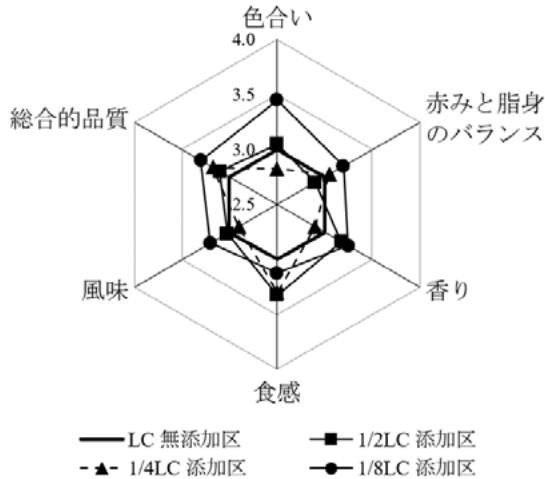


図3 LCの添加量を変えて調製したサラミの官能評価結果

LC 無添加区試料の Rogosa 培地における細菌数を測定したところ、SPCと同程度の細菌数が計測された。このことから、原料肉あるいは副材料等を由来とする乳酸桿菌が、潜在的に含まれていることは否定できない。なお、図1でも無添加区試料におけるSPCの細菌数は、開始直後の段階で計測できる程度の存在が認められる。しかし、表3では、すべての試料においてSPC培地による細菌数が対数値で8.11～8.44の範囲であり、LCをスターターとして含む試料のRogosaにおけるそれが同じく8.13～8.24の範囲であるのにも関わらず、CX-1のみをスターターとして用いた試料(LC無添加区)では、熟成3週間においてRogosa培地の細菌数(対数値)が5.39であった。対数レベルでは約3程度低い値であり、これらを総合的に考察すると、LCが入った試料においては、CX-1も細菌数全体の1割程度含まれるが、その他は概ねLC由来であると示唆される。今後、この点については、各試料における菌叢解析が必要である。

また、表3から培地、水分活性はいずれの試料も0.88前後であった。またpHは、LCを含む試料はいずれも5前後であったのに対し、LC無添加区だけ5.89と比較的高い値であった。この原因は単にLCがスターターとして含まれていないことによる、つまり乳酸蓄積の少なさが一因と考えられる。これらの試料に対して官能評価、および食味センサによる味分析を行った。

図3に1/2LC添加区、1/4LC添加区、および1/8LC添加区に対する官能評価結果を示す。なお、LC無添加区に対する評価を基準(スコア=3)とした。1/8LC添加区は色合い、赤みと脂身のバランス、香り、風味、および総合的品質において、他の試料より優れていると

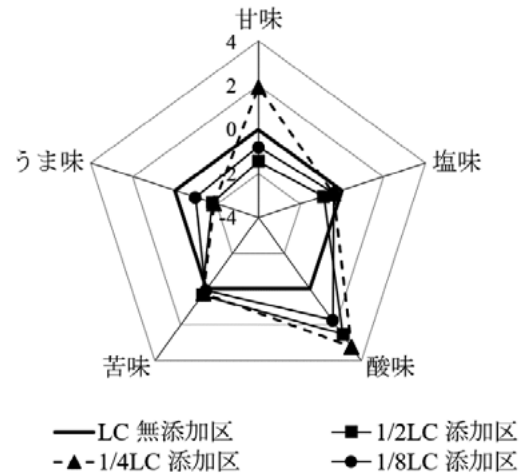


図4 LCの添加量を変えて調製したサラミの味覚センサー分析結果

評価された。特に色合いについては基準試料に比べ0.5ほど高値が示された。表3で示されたpHが他の2試料(1/2LC添加区、1/4LC添加区)に比べ高いため、発色物質の還元作用を促進し、そのことによる色鮮やかさが評価された可能性がある。これらの試料の味覚センサによる評価を図4に示す。LC無添加区の評価を±0(基準試料)とした時の甘味、塩味、酸味、苦味・うま味の推定値を示した。なお、この数値は人間が異なる味わいと感じる濃度差を1目盛りとして表示した。乳酸蓄積による酸味発現はLCを用いたサラミの特徴ともいえるが、味覚センサでもその事実が確認された。すなわち、甘味は1/4LC添加区が基準試料に比べ2高い値を示していた。官能評価では甘さに直接対応する項目がないので単純な比較はできないが、総合的品質という観点では、1/4LC添加区は基準試料の値を0.2程度上回る値を示していたことも甘さを感じたということの要因の1つと考えられる。なお、いずれの試料もうま味が基準を下回る結果であるのに、塩味は同程度、1/4LC添加区では甘味が上昇していた。

以上の結果から、プロバイオティクス機能を持つLC生菌体の添加量を調整する試みを行うことで、酸味発現の完全な抑制はできないものの、スターターとして添加したサラミにLCの存在が示唆され、食味特性が比較的高いサラミの製造が可能であることが示唆された。一方で、官能評価の結果などから、サラミ内での乳酸などの酸性代謝産物の生成・蓄積が食味特性、改良の余地があることが示唆された。サラミを摂食することにより何らかの健康効果を得ることを目的とした開発研究ではこれまでにプレバイオティクス効果をもつラクチュロース²⁰⁾、フルクトオリゴ糖²¹⁾などを加えた事例があり、この

ような健康に關与する物質の人体内への輸送担体としての応用が進みつつある。本研究はプロバイオティクス乳酸菌のサラミスターへの適用の可否を主眼としたが、我々はこの結果を踏まえ、気兼ねなく手軽にプロバイオティクス乳酸菌を摂取できる食肉製品の開発への一考察となると考えている。

謝 辞

本研究は酪農学園大学共同研究助成金の助成を受けたものであり、ここに謝意を表します。本研究を遂行するにあたり、味覚センサ分析にご助言、ご協力いただいた(株)味香り戦略研究所早坂浩史氏に厚く感謝します。

参考文献

- 1) 厚生労働省, インターネット掲載日 2020年7月17日, URL <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa19/index.html> (閲覧日 2022年9月24日)
- 2) 矢野経済研究所(プレスリリース) No.2674, 「健康食品に関する消費者アンケート調査を実施」更新日 2021年3月25日, 掲載 URL https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2674 (閲覧日 2022年9月24日)
- 3) Sameris, J., Maurogenakis, F. and Metaxopoulos, J., *Int. J. Food Microbiol.*, **23** (2), 179-196 (1994)
- 4) Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M. A. P., Harris, H. M. B., Mattarelli, P., O'Toole, P. W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Felis, G. E., Gänzle, M. G. and Lebeer, S., *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **70** (4), 2782-2758 (2020)
- 5) Samelis, J., Stavropoulos, S., Kakouri, A. and Metaxopoulos, J., *Food Microbiol.*, **11**, 447-460 (1994)
- 6) 長谷川隆則, 奥村朋之, 森松文毅, 高橋俊幸, 食肉の科学, **56**, 25-27 (2015)
- 7) 小澤知加, 小林幸光, 佐藤理紗子, 梶原孝志, 竹田保之, 船津保浩, ニューフードインダストリー, **60** (6), 13-20 (2018)
- 8) FAO/WHO. Joint FAO/WHO working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. Food and Agriculture Organization of the United Nations/ World Health Organization, London Ontario, Canada (2002)
- 9) Muthukumarasamy, P. and Holley, R. A., *Int. J. Food Microbiol.*, **111**, 164-169 (2006)
- 10) Erkkilä, S. and Petäjä, E., *Meat Sci.*, **55**, 297-300 (2000)
- 11) Erkkilä, S., Suihko, M.-L., Eerola, S., Petäjä, E. and Mattila-Sandholm, T., *Int. J. Food Microbiol.*, **64**, 205-210 (2001)
- 12) Papamanoli, E., Tzanetakis, N., Litopoulou-Tzanetaki, E. and Kotzekidou, P., *Meat Sci.*, **65**, 859-867 (2003)
- 13) Reale, A., Renzo, T. D., Rossi, F., Zotta, T., Lacumin, L., Preziuso, M., Parenta, E., Sorrentino, E. and Coppola, R., *LWT Food Sci Technol.*, **60** (2), 721-728 (2015)
- 14) 東亜薬品工業, パンフレット URL: https://www.toabio.co.jp/cms/toa/img/healthfood/TOA_SF_LC_LP.pdf (閲覧日 2022年10月21日)
- 15) Rogosa, M., Mitchel, J.A. and Wiseman, R.F., *J. Bacteriol.*, **62**, 132-133 (1951)
- 16) 日本食品衛生協会, 食品衛生検査指針・微生物編〈細菌〉注解(五十君静信監修), 08黄色ブドウ球菌, pp. 82-88, 公益社団法人日本食品衛生協会, 東京(2017)
- 17) 西邑隆徳, 乳肉卵の機能と利用(阿久津良造, 坂田亮一, 島崎敬一, 服部昭仁編著), 肉色の発現, 固定, pp. 233-237, アイ・ケイコーポレーション, 川崎(2005)
- 18) 若松純一, 畜産物利用学(斎藤忠夫, 根岸晴夫, 八田一編), 第2章 肉の科学, 4) 色調, pp. 138-141, 文永堂出版, 東京(2011)
- 19) Pfeil, E. and Liepe, H. U., *Fleischwirtschaft*, **54** (11), 1717-1718 (1974)
- 20) Coelho, S. R., Lima, I. A., Martins, M. L., Benevenuto, A. A. J., Filho, R. A. T., Ramos, A. L. S. and Ramos, E. M., *LWT Food Sci. Technol.*, **102**, 254-259 (2019)
- 21) Bis-Souza, C. V., Penna, A. L. B. and Barretto, A. C. S., *Meat Sci.*, 108168 (web版) (2020)

Characteristics of fermented meat products containing probiotic lactic acid bacteria

Takashi TOCHIHARA¹ • Masaki KUBOTA¹ • Rana HASHIYADA¹ • Hitomi SUZUKI¹ • Yasuyuki TAKEDA¹ • Yukimitsu KOBAYASHI¹ • Sayaka MIYAZAKI² • Yasuhiro FUNATSU¹

¹ Department of Food science and wellness, College of Agriculture, Food, and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University

² Department of Sustainable Agriculture, College of Agriculture, Food, and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University

Abstract

Probiotics are live microorganisms that are beneficial to human health. The demand for probiotics has continued to grow in Japan; however, while probiotic bacteria are often consumed as yogurt, beverages, or granules, their application in meat products is limited. In this study, we investigated the quality characteristics of fermented sausage (salami) using *Lacticaseibacillus casei* TO-A (LC), a commercially available probiotic, as the starter. In sensory evaluation, salami prepared using a combination of the addition of 0.13% (w/w) LC powder added to a commercial starter culture for meat (*Staphylococcus (S.) carnosus* and *S. vitulinus*, Auracarn CX-1) scored the highest in terms of color, flavor, aroma, and overall score. In microbial profile analysis, Lactobacilli was the predominant species present in the final product. These results suggest that it may be possible to produce salami containing LC as a source of probiotics.

Japanese Journal of Meat Science and Technology, **63**(2), 125-132, 2022

Key words: probiotic lactic acid bacteria, fermented sausage, sensory evaluation, starter