

手作りおやき消費期限延長の試み - 平成 20 年度包括的連携・協力に関する協定の事例報告 -

大越 香代子¹ 小澤 昌雄² 山岡 義卓³ 片平 理子⁴

本学と西武信用金庫が締結した包括的連携・協力に関する協定に基づく事業の一つとして、檜原村の企業から相談を受けた「おやきの消費期限延長」に卒業研究として取り組んだ。基礎データ集積の後、紫外線照射や包装方法の改変による期限延長を試みた。脱酸素剤封入包装により、春季及び秋季の常温流通下での消費期限を約 3 日延長することが可能となった。

キーワード：産学連携，手作りおやき，消費期限，脱酸素剤

緒言

平成 19 年 7 月、本学は西武信用金庫と中小企業に対する支援体制構築のための包括的連携・協定に関する協定書を締結した¹⁾。この協定は、実践的課題への取り組みを通して、大学の持つ専門的知識や技術、学生の発想が大学周辺企業の活性化に生かされ、本学が社会に開かれた大学となると共に学生の教育効果を高めることを目指して結ばれたものである²⁾。

一方、東京都檜原村に所在する(株)一村逸品は、同地域の伝統的特産品である「おやき」の製造・販売を行っている。この「おやき」は、地元のおばあちゃんたちの手作業により作られ、薄皮の中に餡を入れ薄く平たくのばしたもので、砂糖の使用を控えた素朴な味わいが特徴である。しかし、保存料等の食品添加物を使用しないため、保存中の微生物増殖による品質劣化が早く、販売地域と期間が限定されるという問題があった。

昨年の協定締結を契機に、(社)首都圏産業活性化協会(TAMA 産業活性化協会)の産学連携コー

ディネーターにより、本学にこの課題に関する相談が持ち込まれた。今回、この協定に基づく産学連携事業の一つとして、販路拡大や生産調整の実現を目標とした、手作りおやき消費期限延長に卒業研究テーマとして取り組んだ結果を報告する。

連携の流れ

連携の流れの概要を表 1 に示した。平成 19 年 7 月、コーディネーターにより、企業と大学側(家政学部微生物研究室)のマッチングが行われ、11 月に翌年の卒業研究テーマとして取り組むことが決定した。本取り組みは、「おやきプロジェクト」として、(株)一村逸品、卒業研究生 1 名とプロジェクトへの参加を希望した 3 年生 4 名、卒業研究指導教員 1 名、産学連携コーディネーターからなる実施体制で進めた。平成 20 年 2 月には檜原村の製造施設の見学と連携実施方法の話し合いを行い、消費期限延長に向けての実験を開始した。6 月までに得られたお焼き製造の現状に関する基礎データを 7 月の中間報告会で報告し、その後の期限延長方法についての話し合いを行った。10 月には早朝 7 時から行われる製造の現場を見学し、製造に従事するおばあちゃんたちと意見交換をし、平成 21 年 3 月に最終報告会を開き、取り組みを終了した。

1 東京家政学院大学家政学部家政学科 2008 年度卒業

2 (株)一村逸品

3 (社)首都圏産業活性化協会

4 東京家政学院大学家政学部家政学科

連携を進める中での話し合いで、(株)一村逸品より、「無添加・素朴な味わい」という商品コンセプトを損なうことなく、保存中の一般細菌と真菌類増殖による品質劣化を防ぎたい、という希望が伝えられた。このため、本取り組みでは添加物使用や原料配合比率の調整等により製造条件を変えるのではなく、包装条件の工夫により微生物制御を試みることにした。

表1. 連携の流れ

| | | 実施内容 |
|-------|-----|-------------------------------|
| 平成19年 | 7月 | マッチング (企業×研究室) |
| | 11月 | 卒業研究テーマとしての実施決定 |
| 平成20年 | 2月 | 製造施設見学(檜原村)、連携方法の相談 予備実験開始 |
| | 3月 | 連携の締結(企業×大学) |
| | 7月 | 中間報告会 |
| | 10月 | 製造工程見学(檜原村) |
| | 12月 | 学内交流会での報告 |
| 平成21年 | 2月 | 実験終了 |
| | 3月 | 最終報告会 |

実験材料と方法

1. 実験材料

従来の方法で製造した、1) 製造の各工程の試料(原料, 加工済原料, 成型非加熱生地, 加熱直後の製品), 2) 冷却済製品, 3) 30 あるいは 25 で一定期間保存したおやきを微生物検査用試料とした。従来は両端がカットされている PE 製の袋(厚さ 30 μm , 以下有孔フィルム包装)を使用する包装形態で、常温流通・販売されていたため、3) の保存も同様の形態で行った。4) 以下の 2. に示す方法で処理を施し、一定期間保存したおやきも、同様に試料とした。1) 2) 4) の試料は、製造当日にクールボックスで冷却した状態で檜原村から大学に搬送した。

2. 微生物制御の検討対象と実施方法

一般に、微生物による変敗を防止するためには、殺菌, 除菌, 静菌, 遮断の 4 つに区分される方法が利用されている³⁾。本取り組みでは、このうちの遮断の部類に入る「包装方法」の検討を中心に実施することとなった。包装による微生物の二次汚染防止や水分・酸素遮断に基づく変敗防止効果を上げるためには、包装前の食品中の残存微生物を

できるだけ減少させ、保存中の静菌効果も維持することが必要になる。そこで、殺菌方法として製品への紫外線照射, 静菌方法として真空包装と脱酸素剤の利用による脱酸素を行い、微生物の増殖抑制効果を検討した。

2 1. 製品への紫外線照射

大学と企業間の相談により、安価で作成可能な紫外線照射箱の型式を決定し、(株)一村逸品により設計及び製作された木製殺菌箱を使用した。紫外線照射処理は、15W の紫外線殺菌灯を 20cm の距離からおやきの表と裏に各 60 秒間行った。

2 2. 真空包装

(株)一村逸品所有の真空包装機(SQ 202, シャープ社, ノズル式脱気法)により、10 秒間吸引, 熱圧着により真空包装を施した。包装材は、延伸エパール(15 μm)/L LDPE(50 μm)を用いた。

2 3. 脱酸素剤封入包装

脱酸素剤は無機系水分依存型タイプのワンダーキープXA 50(パウダーテック社製, 水分依存型)を使用した⁴⁾。脱酸素剤の効果を維持する包装材として、OPP(20 μm)/ドライ(1 μm)/CPP(40 μm)を使用し、必要に応じて酸素検知剤(パウダーテック社製ワンダーセンサー: 酸素濃度 0.1%以下で青色から桃色に変化)を使用した。

3. 微生物検査方法

おやきの皮及びあん, 製造工程の各試料約 30 g を無菌的に測りとり、0.85%滅菌生理的食塩水 200 ml を加え、ストマッカーで均質化したものを試料原液とし、10 ~ 10⁵ 倍の段階希釈液を調製した。また、試料原液を遠心分離し(3000 \times g, 10 分), 10 倍濃縮液を調製した。平板培養法により、標準寒天培地を用いて一般細菌数を(培養条件: 35 \cdot 2 日), 50 mg/L クロラムフェニコール含有ポテトデキストロース寒天培地を用いて真菌類数を(培養条件: 25 \cdot 7 日), それぞれ測定した。尚, ストマッカーでの均質化は 1 分または 2 分間行った。

4. 水分活性及び水分含量の測定

製品をミキサーで均質化した試料について、水

分含量は常圧加熱乾燥法（105℃）により，水分活性は水分活性測定器（LabMaster aW，Novasina社）を用いて測定した。

5. 経時的変化の測定

有孔フィルム包装と脱酸素剤封入包装した製品について，経時的に一般細菌数及び真菌類数を測定した。製品は，真夏を想定した30℃，春及び秋を想定した20℃，冷蔵保存を想定した5℃の3温度帯で1週間保存した。

結果及び考察

1. 製造各工程の微生物汚染

手作りおやきの製造工程を図1に示す。おやきの皮の生地は小麦粉を湯と共にこねて調製する。小麦粉のみを使用する「プレーンおやき」に加え，よもぎ（冷凍よもぎを解凍したもの），しそ乾燥粉末を練りこんだ製品も製造している。あんは，小豆，砂糖，塩を原料とする小豆餡で，製造後1日以上（最長5日）5℃で冷却したものを使用していた。餡を皮生地で包み，木型で成型したものを，ホットプレートで加熱，送風冷却し包装，品質表示ラベルを貼り製品となる。

図2に製造の各工程で検出された一般細菌と真菌類数を示した。小豆や小麦粉などの原料からは

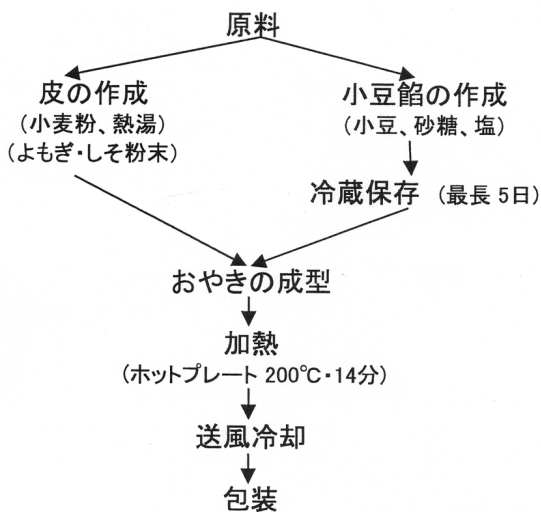


図1. おやきの製造工程

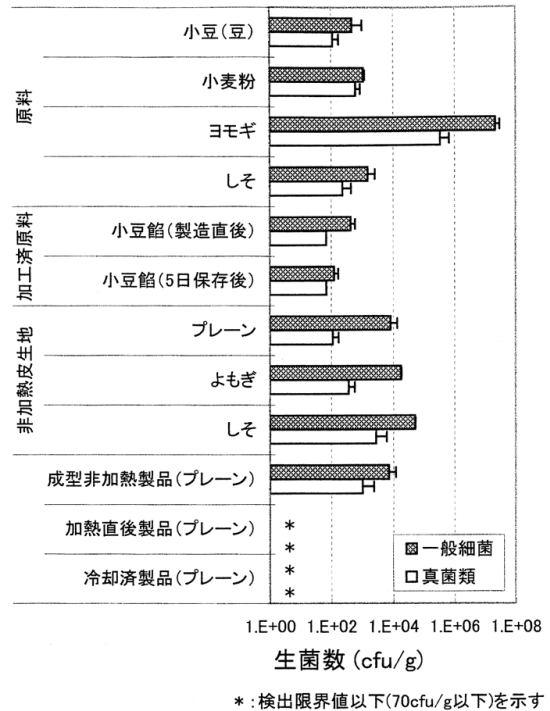


図2. 製造各工程の微生物検査結果

10² ~ 10³ cfu/g の一般細菌と真菌が検出された。一般に小麦粉からは 10² ~ 10⁵ cfu/g 範囲で生菌が検出され，食用するものは 10⁴ cfu/g 以下が目標とされている⁵⁾ため，今回使用した原料小麦粉は良好な衛生状態にあったと判断される。加工途中の非加熱皮生地や餡を皮で包んだ非加熱成型生地からは 10⁴ cfu/g レベルで一般細菌が検出されたが，加熱直後と冷却済製品では検出限界値（70 cfu/g）以下を示した。よもぎ原料からは 10⁷ cfu/g レベルの一般細菌が検出されたが，皮への配合比率が5%と低く，また，皮の作成時に加えられる熱湯で殺菌されるため，生地には調製された時点で，他の生地と同程度の生菌数に減少した。よもぎ及びしそおやきにおいても，小麦粉のみを使用するプレーンおやきと同様に，加熱後の微生物数は検出限界値以下となった（データは示していない）。以上の結果から，製造に使用されていた原料や製造工程には，食品衛生上，改善の必要な問題点は無いと考えられた。

2. 製品の水分含量・水分活性と製品貯蔵中の微生物増殖

おやき製品の水分含量は 44 ~ 52%、水分活性は 0.96 ~ 0.97 であり、食品衛生法により定義されている生菓みに分類される高水分食品に相当した。

製造直後のお焼きの一般細菌および真菌類は、検出限界値 (70) から 400 cfu/g の範囲で検出されたが、有孔フィルム包装形態で常温保存 (25・2.5 日, 30・1.5 日後) すると、一般細菌数が皮と餡で 10^7 cfu/g 以上と初期腐敗 (10^6 cfu/g) に達し、真菌数は皮で最大 10^5 cfu/g まで増殖した (図 3)。系引きや悪臭の発生も認められ、常温保存での消費期限が極めて短いことが確認された。製造直後に僅かにおやきに残留した微生物や、有孔フィルムの開放部分から再汚染した微生物が、高水分活性食品のおやき中で増殖したものと推察される。有孔フィルム包装は、流通中の異物混入の原因となることに加え、酸素の出入りが自由な

ため、好気性の細菌や真菌類の増殖に適した環境となっていたことが容易に考えられる。

3. 包装条件の検討

従来の方法で製品を常温で保存すると、一般細菌と真菌類が著しく増殖することが確認された。そのため、製品に存在する初発菌数を減少させるための紫外線照射の効果と、初発菌の増殖抑制のための包装条件の改変効果を検討した。

3.1. 製品への紫外線照射効果

冷却したおやきの包装前に紫外線 (UV) 照射を施し初発菌数を減少させることで、保存中の一般細菌、真菌類の増殖抑制効果を期待したが、UV 照射により増殖を抑えることはできず (図 4)、若干ながら未処理のおやきに比べ生菌数が多い傾向を示した。これは、冷却後に UV 照射を行い、包装を施すため、人の手がより多く加わることとなり、この間に再汚染が起きたためではないかと考えら

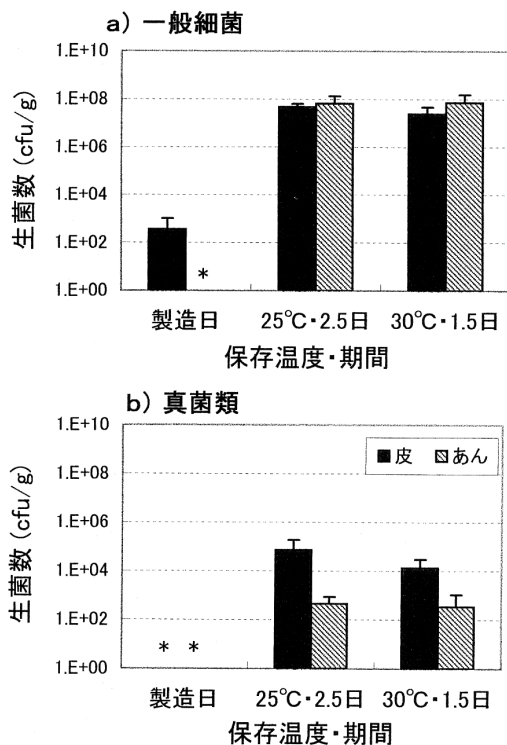


図3. 有孔フィルム包装保存したおやきの微生物検査結果

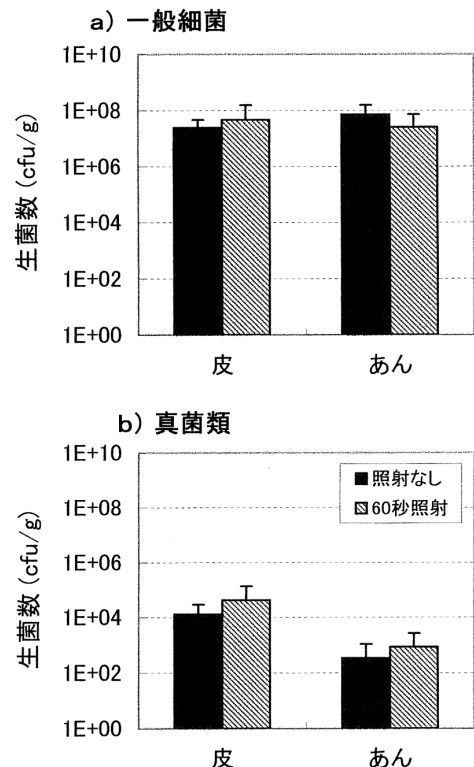


図4. UV 照射の微生物増殖に及ぼす影響

れる。また、紫外線の殺菌効果は照射された表面に限定される⁶⁾。常温保存後の餡が初期腐敗に達したことから、食品表面のみに効果がある紫外線殺菌は効果的に初発菌数を減少させられなかったと考えられる。

3 2. 酸素遮断による微生物増殖抑制

3 2 1. 真空包装

真空包装を施し 25℃ 2.5 日保存すると、皮及びあんの両部位で従来の有孔フィルム包装に比べ、一般細菌数の増殖が約1桁抑えられたものの、既に初期腐敗値に達していた(表 2)。あんの真菌類は従来法に比べ約 2 桁の抑制効果が得られた。しかし、一般細菌の結果から判断すると真空包装した製品は食品衛生上安全に食せるレベルではなく、さらなる増殖抑制法の検討が必要であると考えられた。

食品の保蔵を目的として真空包装を施すと、袋内は通常 5 ~ 10 Torr の減圧状態となるが、食品自体に含まれる酸素を完全に除去することは難しい⁷⁾。今回使用した真空包装機の使用時にも、おやきに残存した一般細菌や真菌類の増殖に必要な酸素が袋内に残存し、保存中に微生物の増殖が見られたと推察される。

表2. 真空包装の微生物増殖に及ぼす影響

| 保存日数 | 部位 | 包装条件 | 一般細菌 | 真菌類 |
|-----------|----|----------|-------------------|-------------------|
| 製造直後 | 皮 | 有孔フィルム包装 | 3.7×10^2 | — |
| | あん | | 7.3×10^1 | 7.1×10^1 |
| 25℃・2.5日後 | 皮 | 有孔フィルム包装 | 4.7×10^7 | 7.3×10^4 |
| | | 真空包装 | 9.2×10^6 | 6.8×10^4 |
| | あん | 有孔フィルム包装 | 6.5×10^7 | 7.3×10^4 |
| | | 真空包装 | 2.0×10^6 | 4.5×10^2 |

単位: cfu/g

—: 検出限界値以下(70cfu/g以下)を示す

3 2 2. 脱酸素剤封入包装

脱酸素剤封入包装を施し 30℃ 1.5 日保存すると、製品の一般細菌は従来の方法に比べ 2 ~ 3 桁の増殖抑制効果が得られた。真菌類では 1 ~ 2 桁増殖が抑制され、検出限界値に近い値で検出される結果となり、脱酸素剤封入包装により期限延長が期待できた(データは示していない)。

そこで、従来の包装方法である有孔フィルム包装と脱酸素剤封入包装をした製品の生菌数の変化

を詳細に調べ、脱酸素剤封入包装の有効性を検討した。結果を図 5 に示す。

5 保存時には、有孔フィルム包装及び脱酸素剤封入包装のいずれの条件でも一般細菌数、真菌類数は製造直後の値から増加せず、7 日保存後まで食品衛生上、安全に食することができる判断された(図 5a)。

20 (図 5b), 30 (図 5c) 保存時における真菌類数は、有孔フィルム包装の皮及びあんでは、日を追うごとに増殖したが、脱酸素剤封入包装によって 7.5 日まで増殖を持続的に抑えることができた。

一般細菌は、30℃ 保存時の有孔フィルム包装で、皮とあんの両部位で 0.5 日から 1.5 日の間で急速に増殖し初期腐敗に達したが、脱酸素剤封入包装によって初期腐敗に達するまでの期間を 1 日遅延させることができた。20℃ 保存では、従来の方法では 2.5 日後に 10^6 cfu/g に達したのに対し、脱酸素剤封入包装では、このレベルに達するまでの日数を皮では 5.5 日後に、あんでは 6.5 日後に延長することが可能となり、4.5 日後まで可食できると判断された。

以上の結果から、脱酸素剤を使用しても、30℃ 保存時の消費期限の効果的な延長は実現できなかったが、春季と秋季の流通温度付近の 20℃ では消費期限を 4.5 日と設定でき、従来法の期限(1.5 日)から 3 日間の延長が期待できた。

酸素遮断の 2 方法のうち、真空包装よりも脱酸素剤が増殖抑制に効果があったのは、脱酸素剤使用により保存中の袋内の残存酸素レベルを、より低く維持できたためと考えられる。

炭水化物を多く含む食品の変敗原因として知られる *Aspergillus* 属、*Penicillium* 属の生育は、酸素ガス濃度が 1.0% まではほとんど影響を受けないが、0.1% 以下になると生育が停止する⁸⁾。一般に、脱酸素剤の使用により袋内の酸素ガス濃度は 0.01% 以下(v/v)になり、密封後に包材を透過して袋内に侵入する酸素も持続的に吸収される⁹⁾。今回使用した脱酸素剤も、酸素検知剤の変色濃度から判断すると、袋内の酸素濃度を少なくとも 0.1% 以下に保持していたことになる。このため、好気性微生物の増殖を効果的に抑制したと考えられる。

今後は、真夏の流通温度帯に相当する 30 保存時の、一般細菌の増殖抑制方法をさらに検討する必要が出てきた。酸素遮断による増殖抑制ができなかったことから、30 付近を増殖の至適温度とする通性嫌気性細菌が変敗原因となっていることが推察される。今後、原因微生物を同定し、当該微生物の汚染源の特定や生育に及ぼす環境要因（酸素、温度、pH、水分活性など）の影響を明らかにする必要がある。今回の結果から、脱酸素剤封入包装による増殖抑制には限界があることが明らかとなったため、pH 調整剤や保存料などの添加も視野に入れることも必要であろう。

脱酸素剤の効果により消費期限が延長されると、小麦粉を多く含む食品では、保存に伴いデンプンの老化（硬化）が進行し、テクスチャーや美味し

さが低下していくことが指摘されている⁸⁾。今回は、微生物制御の観点から消費期限を検討したが、今後は、保存後期のおいしさの変化についても官能検査や物性測定により確認し、総合的に品質変化を捉える必要がある。

要約

手作りおやきの消費期限延長方法として、微生物制御の観点から包装条件の改変を中心に検討した。脱酸素剤封入包装により、20 保存条件下において一般細菌及び真菌類の増殖抑制が可能となり、従来よりも 3 日長い 4.5 日という消費期限を設定することができた。今後、期限内においしさが保持されることを確認すると共に、夏季の流通温度（30 ）下における一般細菌の増殖抑制方法

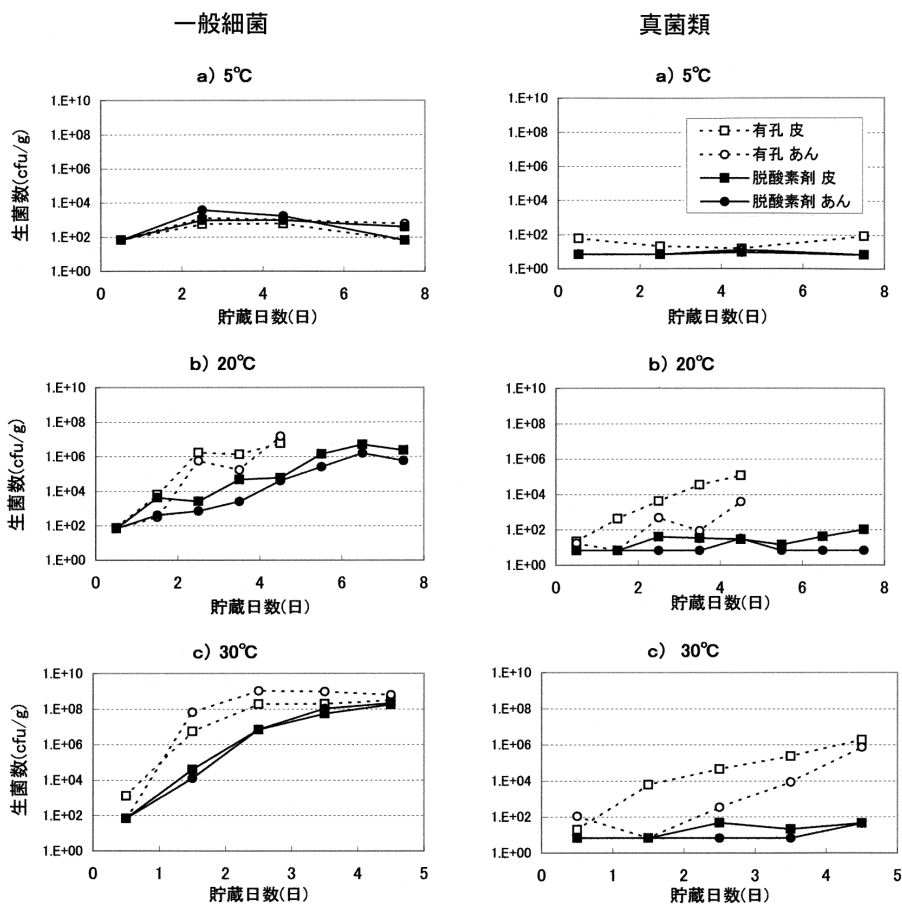


図5. 脱酸素剤封入包装による微生物増殖抑制効果

を検討する必要がある。

連携を終えて

一般に、和菓子製造業は小規模なものが多く、財政的・人的制約から科学的根拠に基づいた衛生管理の徹底が難しい現状にある¹⁰⁾。今回の連携を通し、企業側は大学側からデータ提供を受け、手作りお焼き製造・保存時の生菌数の消長現状を把握し、製造から販売までの取り扱い上の注意点や、販売促進に向けての今後の検討課題を明確に捉えることができた。一方、卒業研究としてこのテーマに取り組んだ学生にとっては、製品コストや実験費用の制約、実験と就職活動の両立等の困難を乗り越えながら、製品を前にして食品の微生物制御について総合的に学ぶ機会となった。また、企業との連絡（実験系の組み立て、サンプル条件の指示、搬送計画、結果報告、諸々の相談等）や報告会を行う中で、強い責任感が生まれ、製品に対する企業の思いを肌で感じ取る等、産学連携の取り組みによって初めて学ぶ点も多く、実践的学びの好機となった。この経験が、卒業後、食品メーカーでの仕事の中で活かされることが期待される。

今回の大学と企業の連携を円滑に進めるためには、随所でのコーディネーターによる助言や提案が不可欠であった。今後は、本学の連携体制（実施組織や費用面の取り扱い等）の整備を進め、多くの教員がコーディネーターのサポートを受けながら連携に参加することで、本学が真に社会に開かれた大学となることが望まれる。

謝辞

本取り組みに参加し、実験補助を担当下さった磯部雅子さん、手塚雅子さん、飛川由梨絵さん、古山靖菜さんに感謝いたします。また、食品製造

現場における微生物制御の実情についてご助言くださった、テクノ・サイエンスローカル事務所代表 小宮山美弘様に感謝いたします。

文献

- 1) 西武信用金庫ホームページ。
http://www.seibushinkin.jp/info/tokyo_kasei-gakuin_univ.htm 2009/3/21
- 2) オーセンティックリポート13:1-3 (2007)
- 3) 芝崎勲, 横山理雄: 新版・食品包装講座. 61-62 (秀栄印刷, 東京, 2007)
- 4) 児玉隆一: 脱酸素剤ワンダーキープと酸素検知剤ワンダーセンサーを用いた食品の鮮度管理 (特集食品の鮮度保持技術). ジャパンフードサイエンス47: 57-62 (2008)
- 5) 森下秀明: 食品鮮度・食べ頃事典. 506-510 (サイエンスフォーラム, 東京, 2002)
- 5) 藤井建夫: 食品微生物 制御編食品の保全と微生物. 220-224 (幸書房, 東京, 2001)
- 6) 横山理雄: 実務食品衛生. 174-175 (中央法規出版, 東京, 1987)
- 7) 宇田川俊一: 食品のカビ 基礎編食品のカビ汚染と危害. 212-213 (幸書房, 東京, 2004)
- 8) 小宮山美弘: 食品微生物 制御編食品の保全と微生物. 184-190 (幸書房, 東京, 2001)
- 9) 仲川和秀: 脱酸素剤による干し柿の保存技術 (特集果実の流通・貯蔵の先端技術を探る). 果実日本 59: 58-66 (2004)
- 10) 藤川浩, 和宇慶朝昭, 新井輝義, 関根整治, 諸角聖, 内藤義和, 小野聖子, 白石正樹, 塩見久章: 和菓子「最中」における微生物汚染の解析事例. 食品衛生学雑誌 42: 262-268 (2001)

(2009.3.25 受付 2009.5.20 受理)