

論文内容の要旨

氏名 村上 ゆかり

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 生第31号

学位授与の日付 平成24年9月13日

学位授与の要件 学位規程第5条該当

学位論文題目 ウメおよびカキ果実の栽培から一次加工における微生物制御に関する研究

論文審査委員 (主査) 教授 泉 秀 実

(副主査) 教授 阿 野 貴 司

(副主査) 教授 尾 崎 嘉 彦

本研究は、和歌山県の特産品であるウメおよびカキ果実を対象として、原料果実の栽培から収穫、並びに一次加工果実の製造から貯蔵、流通中の微生物制御の確立を目的として行った。第1章では、ウメ果実を対象に、ウメ果実の栽培から収穫および収穫後から一次加工(塩蔵)における微生物制御を検討し、第2章では、カキ果実を対象に、カキ果実の栽培から収穫、一次加工(カット果実)およびカット果実の貯蔵・流通中における微生物制御の検討を行った。

ウメ果実栽培中の最も重要な汚染源である農業用水の塩素殺菌は、微生物数および微生物種の低減に効果的で、塩素水から微生物は未検出であった。さらに塩素水を用いて溶解した農薬でも塩素殺菌の効果は確認された。栽培中、ウメ果実から検出される微生物は少なく、対照区および塩素水区との差は見られず、農業用水および農薬の塩素殺菌の効果は果実にまでは影響を及ぼさなかった。栽培から収穫にかけて、対照区および塩素水区の果実からは、農業用水および農薬からの移行菌は少なく、土壌および草からの移行菌の方が多いことが確認され、さらに収穫時には、果実が落下する際に接触する収穫用ネットからの移行菌も確認された。農業用水の塩素殺菌により、農業用水および農薬からウメ果実への微生物汚染は制御されたので、今後は土壌、草および収穫用ネットからウメ果実への微生物制御の検討が必要である。

栽培から収穫にかけて、環境接触物および果実から食性病原菌は陰性を示し、ウメ果実の微生物的安全性は確立されたが、収穫時の果実からは植物病原菌、腐敗原因菌、産膜酵母が検出されており、これらは腐敗果を発生させる原因となる。したがって、これらの微生物を減少させる目的で、収穫後のウメ果実は、一次洗浄の後に、選果工程を経て塩蔵を行う。一次洗浄水(貯水)を農業用水と同様に塩素殺菌すると、一次洗浄水(塩素水)の微生物数および微生物種数は、大幅に減少したが、洗浄後の果実の微生物数および微生物種までは影響を及ぼさなかった。続く選果工程では、選果機からの交差汚染が考えられるので、選果機を有効塩素濃度50ppmの弱酸性次亜水で洗浄した。洗浄前後の選果後果実の微生物数および微生物種は差はなく、むしろ選果工程を経て果実の微生物数は増加した。しかし、塩蔵前に塩素水区の果実を有効塩素濃度50ppmの次亜水に5分間浸漬すると、果実の微生物数および微生物種は低下し、特に産膜酵母の減少に効果的であった。その

後、果実を塩蔵すると、塩素水区の果実の一般生菌数は塩蔵2週目まで、真菌数は塩蔵期間8週を通して対照区よりも微生物数が低く推移した。また、天日干し工程から二次加工工程にかけては、ウメ果実から微生物は検出されなかったため、最終的な二次加工ウメ果実の微生物的安全性の確保は確認された。

ウメ果実と同様に、カキ果実を対象として栽培から収穫にかけての微生物制御の検討を行った。栽培時の重要な汚染源である農業用水を塩素殺菌すると、検出された微生物種数には差は見られなかったが、微生物数は減少した。農業においても塩素水区では検出された微生物は少なく、農業用水と農薬の殺菌は、微生物の低減に効果的で、農業用水および農薬から農薬散布後の果実への移行菌の抑制にも有効であった。これに対して、栽培時の果実および収穫後の果実からは土壌および草からの移行菌が多く、土壌、草からの微生物移行に対する制御の検討も必要である。

収穫時の果皮から微生物の存在が確認されたので、それらを除去するために収穫後果実の洗浄殺菌を試みた。果皮（赤道面）では、有効塩素濃度 50ppm の強酸性電解水および5%アルコール製剤ともに微生物数を検出限界値以下または未検出まで減少させた。果皮（果梗部）では、5%アルコール製剤のみが微生物数を検出限界値以下まで低下させたことから、カキ果実の洗浄殺菌には、5%アルコール製剤が有効であることが明らかになった。

カキ果実の一次加工では、ナイフを介した果皮から果肉への微生物汚染が懸念されるため、ナイフを使用しない酵素剥皮技術を用いた。カットカキ製造に適している品種を検討するために、2つの品種カキ‘富有’果実およびカキ‘刀根早生’果実を用いたが、酵素剥皮処理工程（果梗部除去、角皮貫通処理、熱水処理、冷却処理、酵素処理、流水処理）中の微生物叢の変動は、2品種とも類似し、いずれの品種も熱水処理により果皮および果肉の微生物数は検出限界値以下または未検出まで低下した。カキ‘刀根早生’果実では流水処理後の果肉の微生物数も測定したが、流水処理後も検出限界値以下が維持された。‘富有’および‘刀根早生’のいずれの品種においても、ナイフ剥皮カットカキよりも酵素剥皮カットカキの方が微生物数および微生物種が低下し、特にカキ‘刀根早生’果実では微生物数を検出限界値以下または未検出まで低下させた。品質を見ると、カキ‘富有’果実では、酵素剥皮カットカキはナイフ剥皮カットカキに比べて L*値および C*値が低く、褐変が見られ、外観品質は維持しなかった。しかし、カキ‘刀根早生’果実では、酵素剥皮カットカキは、L*値の低下は見られたが、C*値には差はなく、褐変も観察され

なかった。したがって、酵素剥皮カットカキの製造には、カキ‘刀根早生’果実が適しており、酵素剥皮カットカキにおける微生物的安全性の高さも確認された。

酵素剥皮カットカキの貯蔵、流通中の微生物増殖を抑制し、品質を保持するために、カットカキに最適な高 CO₂ ガス条件を見出す目的で、10℃で6日間の CA 貯蔵を行った。微生物数は 20% CO₂ による静菌効果が貯蔵期間を通して見られたが、高 CO₂ CA 貯蔵は微生物種数には影響を及ぼさなかった。品質においては、剥皮面の C*値は、高 CO₂ 区の方が空気区に比べて低い値を示したが、切断面では高い値を維持した。pH、硬度および糖含量は貯蔵中ほぼ一定の値を示し、総アスコルビン酸含量は貯蔵中減少したが、貯蔵期間を通して pH、硬度、糖含量および総アスコルビン酸含量は処理区間に差は見られなかった。これら微生物制御および品質保持の点から、酵素剥皮カットカキの貯蔵には 20% CO₂ が適していることが判明した。

空気または 20% CO₂ をフィルム包装内に充填する active MAP 貯蔵は、10℃で4日間行い、酵素剥皮カットカキの対照としてナイフ剥皮カットカキを用いた。OPP フィルム内の CO₂ 濃度は、空気区は貯蔵1日目に5%となり、20% CO₂ 区は貯蔵3日目には10%まで低下した。酵素剥皮+20% CO₂ 区は、酵素剥皮+空気充填区よりも一般生菌数および大腸菌群数において高い静菌効果を示したが、乳酸菌数および真菌数には影響せず、さらに微生物種数においても2処理区間に差は見られなかった。酵素剥皮カットカキとナイフ剥皮カットカキを比較すると、酵素剥皮+20% CO₂ 区は一般生菌数および大腸菌群数では貯蔵4日目に低い値を示したが、真菌数ではむしろ高い値を示した。品質を見ると、剥皮面の C*値はいずれの処理区も低下し、貯蔵期間を通して酵素剥皮区の方がナイフ剥皮区よりも低い値を示したが、切断面では C*値の低下はわずかで、処理区間に差も見られなかった。pH、硬度および糖含量は貯蔵中ほぼ一定の値で、総アスコルビン酸含量のみが貯蔵中減少し、酵素剥皮区の方がナイフ剥皮区よりも低い値であった。本研究では、ナイフ剥皮処理に対する品質面での優位性は確認されなかったが、10℃貯蔵条件下では、酵素剥皮カットカキの微生物制御および品質保持には、20% CO₂ active MAP 貯蔵により、4日間の酵素剥皮カットカキの品質保持期間が確保された。

論文審査結果の要旨

本研究は、文部科学省・都市エリア産学官連携促進事業（一般型）「和歌山の特産果実と独自技術を活用した新機能的食品・素材の開発」の一テーマである「一次加工果実のための新規安全性獲得・管理技術の開発」に関連して実施された。和歌山県の特産品であるウメ果実およびカキ果実を対象とし、栽培から収穫、並びに一次加工果実の製造から貯蔵・流通中の微生物制御を確立することを目的としている。

ウメ果実では、最初に栽培中の重要な潜在的汚染点である農業用水および農薬から果実への微生物汚染を防ぐ目的で、農業用水への塩素系殺菌剤（ケミクロン G）の投与を試みている。その結果、農業用水の塩素系殺菌剤が、農業用水および農薬の微生物数および微生物種数の減少に有効で、これらの環境接触物から果実への微生物汚染が制御されることを見出した。栽培から収穫にかけての果実および環境接触物（農業用水、農薬、土壌、草、収穫用ネット）からは食性病原菌は検出されず、ウメ圃場の微生物的安全性は立証されたが、収穫時のウメ果実からは、収穫後または加工中の腐敗果の発生原因となる植物病原菌や産膜酵母が検出され、これらの微生物制御についての検討の必要性も判明した。

続いて、ウメ果実の収穫後から一次加工（塩蔵）にかけての微生物制御技術を確立するために、一次洗浄水（貯水）への塩素系殺菌剤（ケミクロン G）の投与および弱酸性次亜水による選果環境接触物や果実の塩素系殺菌剤を試みている。塩素処理された一次洗浄水の微生物数および微生物種数は減少し、殺菌効果が認められたが、洗浄後の果実の微生物数には影響を与えず、また弱酸性次亜水で洗浄した選果機で選果した場合でも、果実の微生物制御にまでは至らなかった。しかし、塩蔵前に果実を弱酸性次亜水で直接殺菌することで果実の付着微生物数を大きく減少させ、続く塩蔵中の微生物数の抑制にも効果を示すことを明らかにした。その後の天日干し工程から二次加工工程にかけて、ウメ果実からの微生物は未検出で、最終的な二次加工ウメ果実の微生物的安全性の確保についても確認されている。

一方、カキ果実の栽培から収穫にかけての微生物制御を目的とした研究では、栽培時の汚染源である農業用水に塩素系殺菌剤（ケミクロン G）の投与および収穫果実の洗浄殺菌（強酸性電解水またはアルコール製剤）を試みている。農業用水の塩素系殺菌剤は微生物の低減に効果的であることがウメ圃場と同様に認められ、収穫カキ果実の殺菌にはアルコール製剤が有効であることが確認された。

次に、栽培から収穫にかけて衛生管理されたカキ果実を用いて、カットカキの製造（一次加工）

と貯蔵・流通中の微生物制御技術が検討されている。従来の一次加工では、ナイフを介した果皮から果肉への微生物汚染が懸念されるので、ナイフを使用しない酵素剥皮技術の利用が試みられた。カキ‘富有’果実および‘刀根早生’果実を対象として、酵素剥皮処理工程中の微生物叢の調査、酵素剥皮とナイフ剥皮したカットカキの微生物汚染度および品質の比較、さらに2品種間でカットカキ製造に適した品種の検討が行われている。いずれの品種も、酵素剥皮処理工程中の微生物叢の変動は類似し、熱水処理後に菌数は検出限界値以下にまで低下した。切断後のカットカキでも、特に‘刀根早生’果実では微生物が検出限界値以下または未検出のままであることが確認された。ナイフ剥皮カットカキと酵素剥皮カットカキで微生物叢を比較すると、ナイフ剥皮カットカキよりも酵素剥皮カットカキの方が微生物数が低下していることが認められた。カキの品質においては、‘富有’果実では剥皮面の褐変により外観品質の劣化が見られたが、‘刀根早生’果実では褐変は観察されず、ナイフ剥皮果実と品質に差のないことが確認された。これらの結果から、酵素剥皮カットカキの製造には、微生物的安全性および外観品質の点からカキ‘刀根早生’果実が適していることが判明した。

そこで、酵素剥皮カットカキ‘刀根早生’製造後の実用的な貯蔵・流通技術を確立する目的で、カットカキの貯蔵・流通中の微生物増殖の抑制と品質保持に最適な高 CO₂ ガス条件を CA 貯蔵により見出し、その最適な CO₂ ガスをフィルム内に充填する active MAP 貯蔵を試みている。貯蔵・流通温度を 10℃ と想定した場合、CA 貯蔵の結果から、カットカキの微生物制御および品質保持には 20% CO₂ が適していることが判明した。このため、フィルム内に 20% CO₂ を充填した active MAP 貯蔵が有効と考えられたが、本実験ではフィルム内 CO₂ 濃度が貯蔵 3 日目に 10% まで低下した影響により、静菌効果は細菌数のみにしか見られなかった。品質面では、pH、硬度、糖含量は貯蔵中一定で、剥皮面の C* 値および総アスコルビン酸含量は減少した。ナイフ剥皮カットカキと比較した場合、active MAP 貯蔵では、酵素剥皮カットカキの品質面での優位性は確認されなかったが、10℃ 貯蔵条件では、20% CO₂ 充填の active MAP 貯蔵により、酵素剥皮カットカキの 4 日間の品質保持期間が確保された。

以上のように、本論文は、ウメ果実およびカキ果実を対象として、栽培から収穫並びに一次加工から貯蔵・流通にかけての微生物制御技術のための有意義なデータを提供しており、日本の果樹の栽培から加工に至るまでの一連の衛生管理法の確立に寄与する内容であることから、博士（工学）論文として価値あるものと認める。