

博士論文要約 (Summary)

平成 25 年 4 月入学
連合農学研究科 生物資源科学 専攻
氏 名 村山大樹

タイトル	physicochemical properties and processing of tuber and cereal crops (イモ類および穀類の物理化学的特性と高度加工利用に関する研究)
<p>(English)</p> <p>Both projects included in this thesis focused on the effects of Ca^{2+} on texture of the plant-based foods, i.e. French fries and corn starches, and these effects were investigated to provide insights into further development and improvement of the plant-based foods.</p> <p>Chapter 2</p> <p>The objective of the study in Chapter 2 was to investigate whether calcium absorbed by potato tuber concomitantly increases calcium concentration in cell wall and how calcium concentration influences on the formation of cross-linking of pectin via Ca^{2+}. Thus, for the purpose of this study, each tuber was individually analyzed. Their properties were compared between the low-calcium and high-calcium tubers on the three harvest dates, from immature to mature stages. The results indicated that an increased absorption of calcium by a potato tuber concomitantly increased the calcium concentration in the cell wall on 99 days after planting or later, and that there were linear correlations between the calcium concentration in the cell wall and the formation of cross-links between pectin molecules via Ca^{2+} throughout tuber bulking and maturation stages. The degree of methylation was not found to be a limiting factor on the formation of cross-links between pectin molecules. Furthermore, a higher calcium concentration of a mature potato tuber contributed to the enhancement of resistance of pectin-calcium networks in the parenchyma cell wall against water and HEPES buffer washing.</p> <p>Chapter 3</p> <p>The study in Chapter 3 was conducted to evaluate the effect of calcium fertilization on the tuber, starch and pectin properties of three different varieties of processing-type potatoes, and their influence on the processing properties and storability of frozen French fries. For this purpose, three processing varieties of potatoes, namely Toyoshiro, Kitahime and Snowden, were cultivated either with or without calcium fertilizer application. Harvested tubers were subjected for French fry preparation and isolation of starch and cell wall. The results showed that considerable improvement of the hardness of French fries prepared from three processing-types of potatoes, as a result of calcium fertilizer application. French fries prepared from Toyoshiro and Kitahime grown with calcium fertilization showed significantly greater hardness as compared with non-calcium treated counterparts even after frozen storage ($p < 0.05$). In addition, the significant effect of calcium fertilization in hardness of French fries was confirmed by two-way ANOVA. Calcium fertilization significantly increased the calcium contents of cell wall materials of all varieties, while a significant increase in chelating-agent soluble pectin content was observed in</p>	

Toyoshiro ($p < 0.05$). The oil content of French fries was not significantly affected by calcium fertilization. Therefore, results of this study suggest that calcium fertilization may be an effective method to improve the processing properties and storability of French fries made from processing-type potato varieties.

Chapter 4

A combined use of calcium fertilization and low-temperature blanching may be the promising way to control the texture of plant-based foods by effectively utilizing endogenous calcium absorbed naturally during cultivation as well as pectin methylesterase in the cell wall. Thus, in Chapter 4, the objective was to evaluate effects of calcium fertilization and low-temperature blanching on hardness of French fries with possible modification in cell wall pectin characteristics. In order to achieve this, potato samples were cultivated under the fertilizer application with or without calcium during tuber bulking period, and two different blanching methods of low-temperature longer time and high-temperature shorter time was employed during French fry preparation with comparing with control condition as without blanching treatment. Calcium fertilization enhanced Ca^{2+} availability within pectin chains for formation of the cross-links, while low-temperature blanching increased Ca^{2+} affinity of pectin chains for the cross-links by facilitating demethylesterification of pectin molecules. Combination of calcium fertilization and low-temperature blanching showed the highest increase in the hardness as compared with French fries prepared from potato tuber cultivated under the an ordinary fertilization without blanching treatment. The significant changes in the pectic polysaccharides as well as the cell wall were confirmed by pectin methylesterase activity measurement, pectin composition analysis and atomic force microscopy for complementing the hardening effect of calcium fertilization and low-temperature blanching in French fries. Thus, controlling texture of French fries through effective use of endogenous Ca^{2+} and pectin methylesterase in potato tuber improves the final product quality.

Chapter 5

In Chapter 5, the effects of calcium salts addition were examined for two major types of corn starches with and without hydroxypropylation to further evaluate starchy foods with desirable characteristics of physicochemical properties. The starches subjected in this study were different in botanical source such as normal and waxy corns, and chemical modification such as native and hydroxypropylated. For pasting properties, the effects of the calcium salt additions depended on the type of the salt as well as hydroxypropylated or not. On the other hand, T_0 , T_p , T_c and ΔH were increased by the calcium salts additions regardless the salt type, starch botanical source and chemical modification.

(和文)

本論文で行った2つの研究では、植物性食品の更なる発達と改良に向けた知見の蓄積を目指し、カルシウムがフライドポテトのテクスチャー及びコーンスターチの物理特性に及ぼす影響について検討した。

第2章

第2章では、馬鈴薯塊茎に吸収されたカルシウムが細胞壁のカルシウム含量も上昇させるかどうか、細胞壁に含まれるカルシウムがどのようにペクチンにおける架橋構造の形成に影

響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。そこで、未成熟時から成熟時まで異なる生育期間で馬鈴薯を収穫し、個々の塊茎を分析に供した。得られた特性値は、低カルシウム群と高カルシウム群に分けて比較した。播種後99日及びそれ以降では、馬鈴薯塊茎のカルシウム吸収量が上昇すると、同時に塊茎細胞壁のカルシウム含量も上昇することが明らかとなった。また、塊茎肥大期及び成熟期において、塊茎細胞壁中のカルシウム含量とペクチンにおけるカルシウムイオンを介した架橋構造の形成量の間には有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$)。ペクチンのメチルエステル化度は、ペクチンにおける架橋構造形成の制限因子ではなかった。更に、成熟塊茎中の高濃度のカルシウムが、細胞壁のペクチンの水/HEPES バッファーへの可溶性を低減させることが、原子間力顕微鏡で観察された。

第3章

第3章では、カルシウム施肥が加工用馬鈴薯三品種の塊茎、澱粉及びペクチンの特性にどのような影響を及ぼし、それらが冷凍フライドポテトの加工特性及び冷凍貯蔵性に与える影響を明らかとすることを目的とした。慣行施肥又は慣行施肥+カルシウム施肥の下で栽培した馬鈴薯三品種(トヨシロ、キタヒメ、スノーデン)は、収穫後にフライドポテトの製造及び澱粉・細胞壁分析に供試された。カルシウム施肥により、全品種で細胞壁中のカルシウム含量の有意な増加が認められたが、架橋構造の形成量の指標となるキレート剤可溶性ペクチン含量はトヨシロでのみ有意な増加が認められた ($p < 0.05$)。フライドポテトの油含量は、カルシウム施肥の影響を受けなかった。カルシウム施肥の下で栽培したトヨシロ及びキタヒメから調製したフライドポテトは、有意に高い硬度を冷凍貯蔵後も示した ($p < 0.05$)。従って、本研究の結果は、カルシウム施肥が加工用馬鈴薯から調製したフライドポテトの加工特性及び冷凍耐性を改善する有効な方法であることを示唆した。

第4章

原料栽培時のカルシウム施肥と加工時の低温ブランチングの併用によって、栽培中に自然に吸収されたカルシウムと内在性ペクチンメチルエステラーゼを有効に活用することで、植物性食品のテクスチャーを制御できる可能性がある。従って第4章では、カルシウム施肥と低温ブランチングが、フライドポテトの硬度と馬鈴薯塊茎の細胞壁におけるペクチンに与える影響を検討することを目的とした。そこで、馬鈴薯サンプルは塊茎肥大期にカルシウム施肥を行い、カルシウム無施肥を対象として比較を行った。フライドポテト製造時には、低温ブランチングと高温ブランチング2つの処理区を設定し、ブランチングを施さない対象区との比較を行った。カルシウム施肥により、ペクチン鎖における架橋構造の形成に関わるカルシウム含量が上昇し、一方で低温ブランチングにより、ペクチン分子が脱メチルエステル化され、架橋構造形成に関わるペクチン鎖のカルシウムイオンへの親和性が上昇した。カルシウム施肥と低温ブランチングの併用により、カルシウム無施肥でかつブランチング処理を行っていない試料と比較して、最も高いフライドポテトの硬度の上昇が認められた。ペクチン多糖類及び細胞壁における変化は、ペクチンメチルエステラーゼ活性の測定、ペクチン組成の分析及び原子間力顕微鏡観察によって明らかとなった。これらの測定は、カルシウム施肥と低温ブランチングによるフライドポテトの硬化現象の原因を明らかとするために行った。従って、馬鈴薯内在性カルシウムとペクチンメチルエステラーゼを有効に利用することで、フライドポテトのテクスチャーを制御することが可能であることを示した。

第5章

第5章では、物理特性において望ましい特徴を持つ澱粉性食品の製造に寄与することを目的とし、塩化カルシウム及び乳酸カルシウムの存在が、4種のコーンスターチの糊化特性及び熱特性に与える影響を評価した。アミロース/アミロペクチン比の異なる原料品種から抽出された澱粉試料を使用し（ノーマルコーン及びワキシーコーン）、かつヒドロキシプロピル化の有無の影響も検討した。糊化特性において、カルシウム塩の添加による特性値への影響は、カルシウム塩の種類及びヒドロキシプロピル化の有無によって異なった。一方で、熱特性の測定で得られた糊化開始・ピーク・終了温度及び糊化エンタルピーは、カルシウム塩の種類、コーンスターチの原料品種、ヒドロキシプロピル化の有無に関わらず、カルシウム塩の添加により上昇した。

※注1 博士論文要約はインターネットの利用により公表されるので、記載内容については十分注意してください。

※注2 公表できない「やむを得ない事由」(特許、知的財産等に係る部分)は記載しないでください。

※注3 全体で4頁～5頁程度を目処にしてください。