

	サンチャゴ デニス マービン オペニャ
<b>氏 名</b>	<b>SANTIAGO, Dennis Marvin Opena</b>
本籍（国籍）	フィリピン
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 659 号
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物資源科学
<b>学位論文題目</b>	<b>Utilization of colored non-cereal energy crops in food processing （食品加工への非穀物生カラフル作物の利用特性）</b>
学位審査委員	主査 帯広畜産大学 教授 山内 宏昭 副査 小疇 浩(帯広 教授)、永井 毅(山形 教授)、三浦 靖(岩手 教授)

### 論文の内容の要旨

過去 20 年において、機能性食品の開発は、非常に一般的になった。今日、食品に対する消費者の要求は、空腹を満たすだけでなく、栄養に関する病気、人々の幸福度の改善も包含している。紫ポテト、ヤム、スイートポテトのような非穀物性カラフル作物が機能性食品の生産のために利用されており、それは、それらが安定な色とアントシアニン、カロチノイド類、フェノール酸、必須アミノ酸類のような固有の生理活性物質を含有しているからである。機能性食品として、これらの非穀物性作物は、栄養素類、風味、色が付与された特殊パンやペーストリー、人々の健康に関して効果が明らかになっているファイトケミカル類が付与されたカラフル麺の開発を可能にする。

本研究では、パンと生パスタの加工に紫スイートポテト粉末（P S P P）を利用し、その製パン、製麺性に対する効果が評価された。

これらの研究から、P S P P の添加によって暗いクラストと明るい紫色のクラムを持ったパンが得られることが判った。そして、それは、P S P P 中に含まれる還元糖、アントシアニン色素のナチュラルな紫色に関係していた。しかしながら、P S P P の添加は、低い生地的气体保持性（GRD）とパンの比容積（SLV）をもたらし、それは、P S P P 中の高い損傷デンプン量と繊維含量に伴うグルテンタンパク含量の低下に関係していた。更に、P S P P 添加によって速い硬化（老化）を示すパンが製造され、それは、P S P P 中の高濃度の損傷デンプン含量に伴う強固な糊化デンプンとグルテンタンパク質の相互作用によって引き起こされた。P S P P 添加パンの水分ロスと破断力は、対照のパンと同様であり、それは、P S P P 中の糖類の高い水分保持性に関係していた。これらのことから、

P S P P 添加は、パン製造において、製パン性、やや硬いパンのテクスチャー、中程度の弾性や凝集性に影響することが明らかになった。

P S P P 添加生地を  $\alpha$ -アミラーゼ (AM) やヘミセルラーゼ (HC) で処理することによって、GRD、生地ガス発生量 (GP)、SLVが改善され、それには、パン生地中の損傷デンプンやヘミセルロースが、パン生地の形成時のグルテンネットワーク形成を阻害しない単糖、二糖、オリゴ糖に分解された結果によっていた。AMとHCの作用によって、生地中の可溶性糖、還元糖、全糖が増加し、損傷デンプン、アミロース含量、中性溶媒繊維、酸性溶媒繊維、ヘミセルロース含量が低下することが明らかになった。また、AMとHCの処理によって、パン保存中の低い老化速度、デンプンの老化エンタルピー、アミロース含量、破断力、破断エネルギー、水分ロスを示すパンが得られた。これらの改善は、AMとHCによって引き起こされる抗老化特性と加水分解特性に関係しており、それは、水分ロスとデンプン老化を抑制するAMとHCの作用で生産される糖とデキストリン等の生産物が関係していると考えられる。P S P P 添加酵素処理パンにおける良好な紫色の色相、強固なテクスチャー特性、老化特性、パン構造の結果は、製パン工業における紫スイートポテトの効果的な利用拡大を推進することを可能にする。

P S P P 添加生パスタは、超強力粉の生パスタに対して、わずかから非常に強い紫色、極わずかからわずかなスイートポテトフレーバー、わずかにソフトからソフトな硬さ、中程度の弾性と凝集性を示した。この色相は、P S P P のナチュラルでダークな紫色に関係しており、一方、P S P P 添加生パスタのソフトで中程度の弾性と凝集性は、改善された水保持性、吸水性に関係していると考えられ、このことは、生パスタの水分含量と硬さ、破断力、破断エネルギーとの間に逆相関の関係があることから裏付けられる。更に、P S P P は、よりソフトで弾力的な生の生パスタ特性に関係する高濃度の糊化デンプンを包含している。最終的に、総合的な5%、10% P S P P 添加生パスタの品質は、対照と比べ同程度であり、7.5% P S P P 添加生パスタの品質は、対照よりやや良好であった。これらの結果から、P S P P 添加は、製麺プロセスにおいて、P S P P の効果的な利用拡大の推進を可能にする。

これらの研究から、紫スイートポテトは、パンや生パスタに適当な色を付与するナチュラルで安定的な色素素材であることが明らかになった。P S P P の添加は、製パン性や製麺特性に影響するが、酵素処理のようないくつかの加工技術によって、適当な品質を維持することが可能である。この点において、ケーキ、菓子類、蒸しパンのような他の焼成食品における更なる紫スイートポテトの利用が可能になるであろう。更に、焼成や麺食品における紫ポテトや紫ヤム添加に関する評価が研究され、紫スイートポテトの評価と比較されるべきである。最終的に、カラフル非穀物性作物添加のパンや麺製品の抗酸化性とその他の機能性についても、消費者へのこれらの製品の健康に関する有用性が確立されるべきである。

## 論文審査の結果の要旨

本研究において、著者は、色素の加熱安定性の高い鮮やかな色相の紫スイートポテト粉末（P S P P）のパンと生パスタの加工への利用に関し種々の研究を行い、主に、その製パン、製麺性に対する効果が評価した。その結果、以下の研究成果が得られた。

最初に、適当量のP S P Pをパン製造に用いると明るい紫色のクラム（内相）のパンが得られるが、低い生地ガス保持性（G R D）とパンの比容積（S L V）をもたらし、それは、P S P P中の高い損傷デンプン量と繊維含量に伴うグルテンタンパク含量の低下に関係していることが判った。更に、P S P P添加パンは、速い硬化（老化）を示し、それは、P S P P中の高濃度の損傷デンプン含量に伴う強固な糊化デンプンとグルテンタンパク質の相互作用によって引き起こされることが判った。P S P P添加パンの水分ロスと破断力は対照のパンと同様であり、それは、P S P P中の糖類の高い水分保持性に関係していた。これらの結果から、P S P P添加は、生地の製パン性をやや低下させるが、良好な紫色のクラム（内相）のカラフルなパンの製造を可能にした。

次に、P S P P添加生地の製パン性の向上を目的として、 $\alpha$ -アミラーゼ（A M）やヘミセルラーゼ（H C）添加効果について検討した。その結果、G R D、生地ガス発生量（G P）、S L Vが改善され、その主な理由が、パン生地中の損傷デンプンやヘミセルロースの分解に起因することが明らかになった。また、A MとH Cの併用添加によって、生地の製パン性が飛躍的に改善され、比容積が大きく、内相が良好で、老化の低いパンが得られることが判った。この結果から、製パン用酵素を有効に利用することによって、P S P Pの製パンへの利用拡大が可能になることが判った。

また、P S P P添加超強力粉生パスタの品質特性について検討した結果、対照の超強力粉の生パスタと比較して、適当量のP S P P添加により、適度な紫色で、わずかなスイートポテトフレーバーを呈し、ややソフトで適度な弾性を持った生パスタが製造できることが判った。官能評価結果から、総合的に7.5% P S P P添加生パスタは、対照よりやや良好なであった。これらの結果から、P S P Pは、製麺プロセスにおいても、有効に利用できることが明らかになった。

以上のように、本論文では、P S P Pの各種小麦粉食品への利用特性について詳細に実験が行われ、パン類、麺類において、その利用法を工夫することによりP S P Pの鮮やかな紫色を生かした高付加価値の良好な製品が製造可能であることを明らかにし、その要因についても詳細な検討が行われ、多くの成果が得られている。これらの結果から、本審査委員会は本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1. **Santiago, D.M.**, Matsushita, K., Noda, T., Tsuboi, K., Yamada, D., Murayama, D.,

- Koaze, H., and Yamauchi, H. (2015)  
Effect of purple sweet potato powder substitution and enzymatic treatments on bread making quality  
*Food Science and Technology Research*, **21**, 159-165
2. **Santiago, D.M.**, Matsushita, K., Tsuboi, K., Yamada, D., Murayama, D., Kawakami, S., Shimada, K., Koaze, H., and Yamauchi, H. (2015)  
Texture and structure of bread supplemented with purple sweet potato powder and treated with enzymes  
*Food Science and Technology Research*, **21**, 537-548

#### 参考論文

1. Murayama, D., Kasano, M., **Santiago, D.M.**, Yamauchi, H., and Koaze, H. (2014)  
Effect of pre-gelatinization on the physicochemical properties of dry flours produced from 5 cassava varieties of the Philippines  
*Food Science and Technology Research*, **20**, 1131-1140
2. Yamauchi, H., Yamada, D., Murayama, D., **Santiago, D.M.**, Orikasa, Y., Koaze, H., Nakaura, Y., Inouchi, N., and Noda, T. (2014)  
The staling and texture of bread made using the Yudane dough method  
*Food Science and Technology Research*, **20**, 1071-1078
3. Murayama, D., Kimura T., Tsuboi, K., Yamada, D., **Santiago, D.M.**, Koaze, H., and Yamauchi, H. (2015)  
Applicability of dry flours produced from a table potato variety (*Solanum tuberosum* L. cv. May Queen) in bread making  
*Food Science and Technology Research*, **21**, 285-290
4. Yamada, D., Iseki, T., Inoue, S., Yoshino, S., Tsuboi, K., Murayama, D., **Santiago, D.M.**, Koaze, H., and Yamauchi, H. (2015)  
Effect of gelatinized wheat starch on bread-making qualities of Yudane dough  
*Nihon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* **62**, 547-554 (in Japanese)