

令和2年2月9日

十文字学園女子大学大学院  
人間生活学研究科 研究科長  
志村 二三夫 殿

学位論文審査報告書

学位論文審査願いが提出された下記の論文について、厳正に審査した結果、論文審査結果の要旨に示されたように合格と判定した。

記

学位論文の題目：雑穀粉を使用したグルテンフリーパンの創製  
学位申請者：石井 和美  
指導教員：小林 三智子

学位論文審査委員

主査 井手 隆 教授

副査 小林 三智子 教授

副査 中村 禎子 教授



## 論文審査結果の要旨

学位申請者氏名：石井 和美

論文題目：雑穀粉を使用したグルテンフリーパンの創製

### 研究の背景と目的

かつて日本の主食であったあわ、ひえなどの雑穀は、米の普及に伴い消費量・生産量が減少し、現在日本の雑穀の食料自給率は 10%程度となっている。しかし、雑穀はタンパク質やビタミン類、特にミネラルを豊富に含み、優れた栄養機能を持つものである。それに加えて有用な生体調節機能を有する機能性成分についても少しずつ明らかになってきた。このことから、近年雑穀は生活習慣病の増加や食物アレルギー患者の増加に伴って見直され、注目されている。このように雑穀は食素材として注目されてはいるものの、日常用いられる素材としては定着していないのが現実である。そこで、本研究ではその用途開発を目的として、雑穀粉を用いてパンを調製することを試みた。雑穀は、小麦粉と比較して現代人に不足しがちなカルシウムや鉄分、食物繊維を多く含んでいる。また、雑穀はグルテンを構成するタンパク質を含まないため、グルテンフリー食品としてアレルギー対応食品への展開も期待できる。

本研究ではホワイトソルガム粉およびキヌア粉を用いたパンの調製に関して検討を行った。雑穀粉のみの使用では製パン性が良好ではないとの従来までの著者の経験から、メチルセルロース、ヒドロキシプロピルメチルセルロースなどの増粘多糖類やコーンスターチ、サツマイモでんぷんなどを併用し、製パン生地の諸特性の改良や製パン性向上などを達成することができた。

本論文は序論と第 1 章、第 2 章、第 3 章および総括で構成される。序論は研究の背景・意義等について筆者の今までの関連研究での成果を含めた過去の知見を紹介しながら、簡潔・的確にまとめられている。第 1 章ではホワイトソルガム粉を用いたパンの創製に関し、増粘多糖の添加が製パン生地の特性、製パン性に与える効果に関して記載されている。第 2 章ではキヌア粉を用いたパンの創製に関し、同様に増粘多糖の添加による製パン生地の特性、製パン性に与える効果に関して記載されている。第 3 章では総括では研究の結果・意義等が的確・簡潔に記載されている。ここでは第 1 章～第 3 章の内容の要約と評価を記載し、最後に論文全体の評価について述べる。

(第 1 章)

(要約と評価)

ホワイトソルガム粉を使用してパンを調製した。増粘多糖類として、メチルセルロース標

品であるメトローズ MCE-4000 および 2 種のヒドロキシプロピルメチルセルロース標品メトローズ SFE-4000 およびメトローズ SE-50 の添加が製パン性に与える効果について検討した。この 3 つの増粘多糖標品の中で MCE-4000 を添加すると膨らみは大きく増加し、クラムの軟らかいパンを調製できた。生地のかたさを示す、初期の貯蔵弾性率  $G'_0$  とパンの比容積との間に有意な相関が認められ、 $G'_0$  が大きいほど膨らみのよい軟らかいパンが調製できることが明らかになった。また、糊化特性値の最低粘度が高い、つまり、澱粉粒が崩壊した後に粘度が大きく低下せず、ブレークダウンの値が小さいことが必要だと考えられた。最終粘度と製パン性との間にも関係性が認められ、回帰式を得ることができた。

以上のように、メチルセルロース標品である MCE-4000 の添加がホワイトソルガム粉を使用した、良質のパンの創製に有効であることを明らかにした。この結果は雑穀粉パンの実用化に道を開くもので大きく評価できる。さらに、製パン生地の動的粘弾性と製パン性の相関性についても、興味深い知見を得た。

## (第 2 章)

### (要約と評価)

キヌア粉を使用して調製したパンにおいては、使用した 3 種の増粘多糖類のうち、MCE-4000 を添加したパン以外は、ケービングを起こした。MCE-4000 は 1.0% 以上添加するとケービングを起こさなかった。ホワイトソルガム粉パンとは対照的に、MCE-4000 を添加するとクラムは硬化した。また、発酵終了後の生地の高さと焼成後のパンの高さを比較すると 1.5 cm 程度低下した。ホワイトソルガム粉で調製したパンのように、焼成中に生地の伸びはなかった。

このように、ホワイトソルガム粉を使用したパンの場合とは異なり、増粘多糖添加の有効性を必ずしも見出すことはできなかった。キヌア粉はホワイトソルガム粉と比較し、澱粉含量が少ないため、パンの骨格が維持できず、その高さを保持できないものと推論し、第 3 章でこの点について検討した。

## (第 3 章)

### (要約と評価)

製パンの過程で、澱粉は骨格を維持する役割をするといわれていることから、キヌア粉の一部を澱粉で置換して製パン性を検討した。コーンスターチとさつまいも澱粉で段階的に置換して製パンしたところ、比容積はそれぞれ 30% 置換すると増加傾向を示した。クラムは軟らかくなる傾向を示し、さつまいも澱粉では 30% 置換すると有意に軟らかくなった。生地の動的粘弾性を検討したところ、キヌア粉に MCE-4000 を添加して生地を調製すると  $G'_0$  はキヌア粉のみで調製した生地の 5 倍程度に増加したが澱粉で 30% 置換すると  $G'_0$  の値は減少した。糊化特性値や動的粘弾性と、製パン性の指標の間には、ホワイトソルガムパンのような関係性は認められなかった。また、雑穀粉の種類によって、調製した生地が膨化するのに丁度よいかたさには違いがあることが示された。ホワイトソルガム粉で調製した生地の場合、かたさを示す  $G'_0$  は 2000 Pa 程度、30% を澱粉で置換したキヌアパンの場合、500~600 Pa であることが示された。

以上のように、澱粉と増粘多糖の併用がキヌア粉を用いたパンの創製に有効であることが示され、澱粉の種類によっても効果が異なることが示された。このような成果はキヌア粉を用いた、パンの実用化・製品化に寄与するものとして高く評価できるものである。また、用いる雑穀粉の種類によって、製パンに適した生地の特徴が異なる事実も示され、今後の雑穀粉パン等の創製のための研究に大きな示唆を与えるものである。

#### 全体の評価と結論

本論文では雑穀粉の中でもホワイトソルガム粉およびキヌア粉を用いたグルテンフリーのパンの創製に関し、検討を行った。ホワイトソルガム粉を用いた検討では増粘多糖類としてメチルセルロース標品 MCE-4000 の添加がパン生地の特性を改良し、良質のパンの調製に極めて有効であることを明らかにした。さらに、製パン生地の動的粘弾性と製パン性の相関性についても、興味深い知見を得た。一方、キヌア粉を使ったパンの調製では、MCE-4000 の添加のみでは良質のパンの調製はできなかったが、澱粉特にサツマイモ澱粉を併用することによりやわらかい良質のパンを調製することができることを示した。雑穀は栄養性・機能性に優れるものの、食素材としての用途が限られ、消費量も限られている。本研究の成果は食素材としての雑穀の消費拡大に道を開くものであり、ひいては健康な食生活へも大きく貢献するものである。さらに、雑穀で調製したパンはグルテンフリーであることから現在大きな社会問題となっている食物アレルギーの低減にも貢献するものである。本論文の中で第 1 章の部分（ホワイトソルガムを用いたパンの創製）については日本家政学会誌に掲載が受理され、学会でも本研究の妥当性・重要性が認められているところである。

以上より、審査委員会は、研究課題としての社会的・学術的重要性、研究手法の妥当性、分析・考察の深さ・的確性、さらに、独創性について審査した結果、本論文はすべてにおいて高く評価でき、博士論文としての要件を十分に満たすものと全員一致で判断した。