

氏名	片桐実菜 (かたぎり みな)
学位の種類	博士 (学術)
学位記番号	乙第 7号
学位授与年月日	平成27年3月14日
学位授与の要件	学位規則第4条第3項該当
学位論文題目	Studies on Wheat Dough and Wheat Products in Food Processing (小麦粉生地ならびに小麦粉製品の食品加工特性に関する研究)
論文審査委員	
主査教授	北 島 直 文
副査教授	松 村 康 生 (京都大学大学院農学研究科)
副査教授	谷 史 人 (京都大学大学院農学研究科)
副査教授	菊 永 茂 司

## 論文の内容の要旨

小麦は世界で最も重要な穀物のひとつであり、小麦粉は麺やパン、菓子類をはじめ、様々な食品の原料として用いられている。小麦粉には、でんぷん、たんぱく質、非でんぷん性多糖、脂質など多数の成分が含まれる。小麦粉加工食品の特性は、小麦粉生地（ドウ、バター）の物性に強く依存し、たんぱく質の約8割を占めるグルテンたんぱく質がドウやバターの物性に重要な成分であることは知られている一方、他の成分の役割や物性に対する寄与については不明な点が多い。本論文は、ドウ、バターの物性発現に対するグルテンたんぱく質の役割を検証するとともに、非でんぷん性多糖や小麦粉内在性の酵素の役割等について新たな知見を提示している。論文は5章からなり、各章の内容は以下の通りである。

第1章では、小麦種子の発熱過程における小麦たんぱく質の各サブユニット成分の発現と蓄積を検証している。すなわち、発熱過程における各サブユニットのmRNA量ならびにたんぱく質の変化を調べ、開花後2～3週間にこれらが劇的に変化することを見出している。また、発熱過程にある種子から調製した小麦粉と、成熟期の種子から調製した小麦粉とではドウの物性が顕著に異なることを明らかにし、たんぱく質の量および組成が小麦粉の物性を決定する重要な因子であることを新たな観点から示している。

第2章は、ドウの構造緩和現象の機構を、小麦粉に内在する酵素であるキシラナーゼとアミラーゼに着目し検討している。ドウは調製直後から物性が変化し、時間とともに抗張力が減少して、伸展性が増加する。様々な処理を施した小麦粉を用いて、この構造緩和現象を調べた結果、予め一定時間以上穏やかな条件で加熱した小麦粉では、構造緩和が抑えられることを見出している。この構造緩和の抑制は、外部からキシラナーゼ、アミラーゼを添加することにより回復する。さらに、加熱小麦粉と比較して、非加熱の小

小麦粉では構造緩和過程でドウの可溶性糖類が継時的に低分子化することを見出し、アラビノースおよびキシロースはより低分子側に移行することを確認している。これらの結果は、ドウの構造緩和現象 対して、これらの内因性酵素が関与することを強く示唆している。これは構造緩和現象に関する新たな機構提示である。

ドウよりも多水分の系であるバターにおいては、通常、調製後の時間経過に伴って粘度が低下する。第3章では、バターの粘度低下に関与する因子を検討し、小麦粉の上清に含まれる特定のたんぱく質成分がこの因子に関与することを明らかにした。加熱した小麦粉にキシラナーゼ、アミラーゼを添加すると、バターの粘度は添加量依存的に低下したことから、この因子のひとつは内在性酵素、とりわけキシラナーゼであると推論している。

上記の結果を踏まえて、新たな観点からわが国の伝統的食品の一つである素麺について研究を展開している。第4章では製造法の異なる素麺（機械麺と手延べ麺）の物性の比較を行い、破断強度試験により手延べ麺と機械麺の違いが明確に示され、手延べ素麺の優れた食感が機器分析によって定量性をもって確認された。また、電子顕微鏡観察により、手延べ素麺（乾麺）には断面に複数の空隙が観察され、これが物性の違いの一因であることを示している。さらに、手延べ素麺は製造後の貯蔵期間に、物性が変化することが経験的に知られており、第5章で詳細に検証した。その結果、手延べ素麺保管中に明らかに物性変化が生じることを機器分析によって確認し、その因子として、先の内因性の酵素の影響に加え、グルテンたんぱく質の変化の関与を提起している。

## 論文審査の結果の要旨

### 〔審査結果の要旨〕

小麦粉生地であるドウの物性は、麺やパンなどの小麦粉製品の特性に大きな影響を与え、極めて重要であるが、ドウの物性についての研究は、小麦たんぱく質以外の成分に関してはほとんどなされていない。本論文は、まず、小麦登熟過程におけるたんぱく質の生合成を検討し、たんぱく質組成の異なる小麦粉を調製して、ドウ物性に対する小麦たんぱく質の各サブユニットの役割を検証している。この研究手法は新規なものであり、新たな結果と物性改良の可能性を示している。続いて、ドウの構造緩和現象について、小麦粉に内在するキシラナーゼとアミラーゼに着目し検討した結果、これらの酵素が構造緩和に関わっている可能性を強く示唆する結果を得ている。これは、新規な構造緩和機構を提示するとともに、ドウの物性を調整する手法を与え、小麦粉加工の分野に新たな展開を導くものである。

さらに、ドウより多水分の系の生地であるバターについても検討している。バターは、通常、調製後の時間経過に伴って粘度が低下するが、この現象も内在性のキシラナーゼとアミラーゼが影響していることを明らかにしている。このことは、上記の構造緩和機構を支持する結果となっている。また、この知見はバターの安定化をもたらす技術開発を可能にするものであり、応用的にも評価できる。

最後に、わが国の伝統的小麦粉加工品である手延べ素麺について、上記の知見をもとに解析を行っている。手延べ素麺についての食品科学的研究はこれまで少なく、本論文においては、小麦粉から素麺に至るまでの経過の各段階の標品について、手延べ素麺と機械麺

の違い、並びに手延べ素麺製造後の貯蔵に伴う物性変化を、物理的解析手法と化学的解析手法を駆使し、その実体を明らかなものとしていて、伝統食品の製造の特徴を科学的に説明している。

以上の結果から、本論文は、小麦粉ドウ及びバターの物性を多面的に捉え、最終製品の様々な特性をもたらす機構に新たな知見を見出し、この分野の進展に寄与している。本論文の成果は、小麦、小麦粉の科学のみならず、食品開発の基礎となる食品製造学、食品学、食品加工学、食品機能学の進展に資するところが大きい。また、わが国の伝統食品である手延べ素麺の特性を食品科学の観点で解析しており、食文化に対しても与える影響は大きい。

よって、片桐実菜氏は、博士（学術）の学位を受ける資格があるものと結論した。

#### 〔審査結果〕

2015年1月13日、審査委員全員出席のもとに、当該論文の審査及び最終試験を行い、論文、最終試験ともに合格と判定した。

#### 〔結論〕

片桐実菜氏は、論文の審査及び最終試験に合格し、博士の学位を受ける資格があるものと認定する。