

氏名	岩城 全
学位の種類	博 士 (農 学)
学位記番号	博 甲 第 10459 号
学位授与年月日	令 和 4 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査学術院	理工情報生命学術院
学位論文題目	非共有結合を介した小麦タンパク質の挙動解析に基づく新規生地形成モデル

主査	筑波大学准教授 (連係大学院)	博士 (農学)	松井 勝弘
副査	筑波大学教授 (連係大学院)	農学博士	乙部 千雅子
副査	筑波大学教授 (連係大学院)	博士 (農学)	田中 淳一
副査	筑波大学教授	博士 (農学)	北村 豊

論 文 の 要 旨

小麦粉に水を加えミキシングすると、タンパク質が水和しグルテンとなり生地が作られる。このミキシングは加工適性に影響する重要な工程であるが、生地形成メカニズムについては不明な点が多い。多くの研究者が、タンパク質のジスルフィド結合を中心とした生地形成モデルを提案しているが、生地中の分子サイズの観察結果とは矛盾する点があった。本論文において著者は、知見の少ないタンパク質の非共有結合に着目し、生地形成過程におけるその挙動を解析することで、新たな生地形成メカニズムを提案した。

まず著者は、2種類の外国産強力小麦粉の生地から抽出されるタンパク質のサイズ変化を、サイズ排除高速液体クロマトグラフィー (SE-HPLC) 及びフィールドフローフラクネーションを用いて分析し、ミキシング中にはタンパク質凝集体のサイズが減少する一方、タンパク質単量体の凝集がおこることを明らかにした。また、凝集する単量体は主に ω -グリアジンであることを、二次元ディファレンスゲル電気泳動 (2D-DIGE) で明らかにした。

次に著者は、非共有結合を切断するSDSバッファー (0.5%、0.3%、0.1%) を用いてタンパク質を抽出し、SE-HPLC分析を行った。その結果、ミキシングピークまでは強い非共有結合による凝集体量が減少する一方、中程度の非共有結合による凝集体量が増加し、ピーク以降は中程度の非共有結合による凝集体量が減少する一方、弱い非共有結合による凝集体量が増加することが明らかになった。この結果は、ミキシング中にタンパク質凝集体の非共有結合が弱くなることを示唆しており、このことが凝集体のサイズ減少の一因であると、著者は推察した。

小麦タンパク質の35%以上は疎水性アミノ酸で、非共有結合の中でも疎水性相互作用の重要性が示唆される。そこで著者は、疎水性相互作用を弱める1-プロパノール (10%、30%) を用いてタンパク質を抽出し、SE-HPLC分析及び2D-DIGE分析を行った。その結果、ミキシング中にはタンパク質の疎水性相互作用が弱まる一方 ω -グリアジンが凝集すること、加水時には弱い疎水性相互作用によりLMW-グルテニンや α 、 γ -グリアジンが凝集することを明らかにした。この挙動は非共有結合の挙動と似ており、疎水性相互作用が非共有結合の中で重要な役割を担っていると、著者は結論付けた。

さらに著者は、疎水環境下及び凝集環境下で蛍光を発する試薬を生地に添加してミキシング中の挙動観察を行い、表面疎水性はミキシングピークまで増加しその後わずかに減少すること、表面凝集性はミキシング中に増加しピークより少し後からわずかに減少することを明らかにした。また、生地強度の異なる国産小麦3品種の強力小麦粉を用いた補足実験により、外国産小麦2種で見られた非共有結合及び疎水性相互作用の挙動は、強力小麦粉に共通の現象であることを確認した。

これらの結果を総合し著者は新たな生地形成モデルを提案した。即ち「加水時には、タンパク質凝集体の非

共有結合（主に疎水性相互作用）が弱くなる一方、弱い疎水性相互作用でLMWグルテニンや α 、 γ -グリアジンが凝集する。ミキシング前半、タンパク質凝集体の非共有結合（主に疎水性相互作用）は弱くなりタンパク質の分子サイズが小さくなると同時にタンパク質の疎水基が露出する。一方で、タンパク質単量体（主に ω -グリアジン）が疎水性相互作用で凝集する。タンパク質凝集体の分子サイズが小さくなる一方で ω -グリアジンが凝集する動きはミキシング後半にも続く。分子サイズが更に小さくなるため生地の弾性は低下する。」というものである。

以上のように、本研究は従来着目されてこなかった小麦粉生地形成における非共有結合の役割に焦点をあて、その評価手法を開発した上でミキシング中の挙動解析を行い、その結果から新たな生地形成モデルを提案したもので、独創性があり、且つ、製パン技術や育種技術への応用・展開が期待されるものである。

審 査 の 要 旨

本論文は、小麦粉のミキシング工程における生地形成メカニズムについて、従来着目されず知見も少なかった非共有結合の役割に焦点をあてた解析を行い、ミキシング中のタンパク質の挙動に対し非共有結合の働きが重要であること、その中でも疎水性相互作用が中心的な役割を果たしていることを明らかにした上で、従来モデルの矛盾点を解消した新たな生地形成モデルの提案を行ったものである。これらの内容は高い学術的価値を持つほか、小麦粉利用食品の開発や育種による小麦の生地物性改良に新たな展望を開くものであり、独創性に優れた研究として高く評価できる。

令和4年1月19日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。