| | |
|---|---|
| 氏名 | Li Xinyue |
| 学位の種類 | 博　士（生物工学） |
| 学位記番号 | 博　甲　第　8375　号 |
| 学位授与年月日 | 平成　29年　9月　25日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第４条第１項該当 |
| 審査研究科 | 生命環境科学研究科 |
| 学位論文題目 | Study on the Bioactive Phospholipids of Komatsuna (*Brassica rapa* var. *perviridis*) Juice Processed by Micro Wet Milling<br>（マイクロ湿式粉砕法による小松菜（*Brassica rapa* var. *perviridis*）ジュースの生理活性リン脂質化合物の研究） |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 主査 | 筑波大学教授 | 博士（農学） | 北村　豊 |
| 副査 | 筑波大学教授 | 博士（農学） | 張　振亜 |
| 副査 | 筑波大学教授 | 博士（生物工学） | 楊　英男 |
| 副査 | 筑波大学教授 | 農学博士 | 宮崎　均 |

## 論　文　の　要　旨


コマツナ（*Brassica rapa* var. *perviridis*）は、古くから日本の食生活に馴染みのある葉物野菜であり、生のままで、あるいは加熱調理して喫食されている。コマツナに含まれるリン脂質（ホスファチジルコリン、PC）の約44％を占めるとされるホスファチジン酸（PA）は、経口投与されると胃のホスホリパーゼA2（PLD-A2）によりリゾホスファチジン酸（LPA）に分解される。LPAは胃潰瘍などの消化管疾病の治癒に効果があるとされているため、コマツナは食品由来PAの重要な供給源であると言える。一方、コマツナの一部のPAは自身の細胞に内在するPCとPLD-A1が接触・反応することにより生成するので、それを促進する粉砕操作は、PAを増量させるのに有効であると考えられる。本論文は、PAを豊富に含有するコマツナジュース加工のための基礎資料を得るために、微細化湿式粉砕（MWM）システムと呼ばれる新しい粉砕技術を適用したコマツナの粉砕やPAの生成特性を、理論的かつ実験的に明らかにしたものである。

第１章で著者は、研究の背景を述べ、乾式の石臼を改良して構築したMWMシステムのメカニズムや粉砕特性を詳細に説明するとともに、研究の目的を明らかにしている。

第２章で著者は、コマツナの湿式粉砕時におけるPA生成の機序を調べるために、異なる条件で粉砕されたコマツナについて、得られた葉汁の固形物粒径とPA含有量の関係を求めている。これにより、①粉砕時間が長くなるに従いコマツナ葉汁の固形物粒子は小さくなり、その時間と粒子径の関係は指数式で表されること、②PLD-A1を不活性化した状態においてもコマツナの微細化に伴い多くのPAが生成され、その粒子径とPA含有量の関係は線形式で表されること、③在来のミキサー粉砕およびMWMシステム粉砕で得られるコマツナ葉汁の粒子径はそれぞれ約120 μm、21 μmであり、またそのPA含有量はPLD-A1の不活性下あるいは活性下それぞれにおいて、ミキサー粉砕の場合で8 μg/mLと37 μg/mL、MWM粉砕の場合で30 μg/mLと70 μg/mLになること等が示された。これらによりコマツナ葉汁のPA増加は、細胞破砕によるコマツナ細胞からの天然PAの放出と内因性PCのPLDによる分解に由来することが明確にされた。

第３章で著者は、MWMシステムにおける粉砕時間(0～60 min、10 min間隔)、石臼回転数(10～50rpm、10rpm間隔)、原料投入量(10～40 mL/min、10 mL/min間隔)、石臼隙間(60, 200, 300, 400 μm)等の操作パラメータがコマツナ葉汁の固形物粒径とPA含有量に及ぼす影響を調べ、MWMによる粉砕特性を実験的に検証した。その結果これらの操作パラメータは、コマツナ葉汁の固形物粒径の減少にそれぞれ異なる程度の影響を与え、またパラメータ間の相互作用が粒径を大きく減少させることを示した。さらに、粗粉砕されたコマツナ葉汁中のPA含有量の増加のために、MWMシステムによる固形物のさらなる微細化は有効であり、回転刃を使用する在来のミキサー粉砕と比較して、固形物粒子が小さくかつPA含有量の高いコマツナ葉汁を得られることが示された。

第４章で著者は、小粒径・高PA含有量のコマツナ葉汁を加工するためのMWMシステムにおける最適な操作条件を得るために、操作パラメータ相互の関係を実験計画法に基づく直交配列により解析した。その結果、粉砕回転速度、石臼間隙、材料供給速度が、コマツナ葉汁の粒径低減に対して有意な効果を有すること、最適操作条件は石臼回転数20rpm、石臼間隙60 μm、供給速度10 mL/minであること等が示された。またこの条件でコマツナを粉砕したところ、その葉汁の粒径は約20 μm、PA含有量は約70 μg/ mLとなることが示された。

第５章で著者は、以上の研究結果を総括し、MWMシステムを適切に制御することによって、官能的かつ健康的に品質の高いコマツナジュースを加工できると結論した。すなわちMWMシステムによって得られるコマツナジュースは飲みやすく、消化器疾患の予防または回復のための有益な飲料となり得ることが明らかにされた。またMWMシステムの操作パラメータは、材料の物理的化学的条件により異なるため、ここで得られた粉砕時間、粉砕回転速度、材料供給速度および石臼間隙等のデータは、本研究で着目したコマツナを原料とするジュース加工の基礎資料として有用であることが示された。

## 審　査　の　要　旨

アブラナ科コマツナは、その細胞が破砕されると内在するリン脂質（PC）と植物酵素（PLD）が反応してホスファチジン酸（PA）が生成される。体内に摂取された PA は胃腸内消化酵素により胃潰瘍等の予防や治療に効果があるとされるリゾホスファチジン酸（LPA）へと加水分解される。LPA の基質となる PA の生成はコマツナの細胞破砕の程度により変化するが、それらの特性は詳細に検討されていない。本論文はコマツナの細胞破砕による PA の生成特性を微細化特性との関係から解明するとともに、PA 増量と官能性向上を目的とするコマツナ加工における微細化湿式粉砕（MWM）システムの適用性を評価した。ここで得られたコマツナの粉砕特性および PA 生成特性は、植物の細胞破砕と酵素分解における反応工学的解析に資する基礎資料として有用であると同時に、MWM システムによるコマツナ加工の操作条件の策定あるいは装置開発に資するものである。以上から、本論文は高い学術的価値を有するのみならず、食品関連産業の発展にも寄与する優れた学位論文であると判断された。

平成29年8月1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（生物工学）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。