

学位論文審査の結果の要旨

氏名	藤川 護
審査委員	主査 田村 啓敏
	副査 米倉 リナ
	副査 山内 聡
	副査 島村 智子
	副査 高田 悟郎

論文名

ニンニク及びニンニク加工品の高付加価値化に資する研究

審査結果の要旨

第1章序論では、日本社会の高齢化に伴い、医療や医薬品に頼らない健康機能食品への関心が高まる中、古くから民間薬として世界中で広く利用されているニンニクに焦点を当て、国内のニンニク品種や系統間と機能特性の関係や加工品の健康機能評価について紹介した。特に、cycloalliinには血小板凝集阻害活性等が報告されており、ニンニク中にcycloalliin含量が高いとニンニクの高付加価値化が果たせると考え、機能性成分を増加する新たな加工方法の探索の意義を述べた。

第2章ではメタボローム解析を用いて新系統ニンニクの優位性を評価した。メタボローム解析による品種や系統差に関与する成分の選抜とHPLCにより選抜した成分の定量を組み合わせることにより、新系統の金郷の優位性を明らかにした。生ニンニクではメタボローム解析により金郷ではglutamic acid, 2-aminobutyric acid, threonine及びcycloalliinが他のニンニクと比較して高濃度に含まれることが示唆された。生ニンニクを72℃で2週間処理した黒ニンニクにおいては、金郷ではglutamic acid, cycloalliin及びsuccinic acidが他のニンニクと比較して高濃度であることが示唆された。

CycloalliinをHPLCにより定量した結果、生ニンニクにおけるcycloalliin含量は金郷が327.0 mg/100g dry wt.であったのに対して、大倉、嘉定及び福地ホワイトはそれぞれ107.1 mg/100g dry wt., 124.0 mg/100g dry wt.及び140.7 mg/100g dry wt.であり、新系統の金郷は既存の栽培品種や系統と比較して2倍以上多くcycloalliinを含有していた。次に、黒ニンニクについてもcycloalliinの定量を行った結果、cycloalliin含量は金郷が420.3 mg/100g dry wt.であったのに対して、大倉、嘉定及び福地ホワイトはそれぞれ163.1 mg/100g dry wt., 146.7 mg/100g dry wt.及び188.4 mg/100g dry wt.であり、生ニンニクと同様に黒ニンニクの金郷は既存の栽培品種や系統と比較して2倍以上多くcycloalliinを含有していることが明らかとなった。また、金郷を2週間、加温処理することで、cycloalliinが93.3 mg/100g dry wt.増加したのに対して、既存の栽培品種や系統は22.7-56.2 mg/100g dry wt.の増加であり、金郷は他の品種や系統と比較して加温処理時のcycloalliinの増加量が大きいことが明らかとなった。

ニンニクの加温処理時のcycloalliinの増加量が金郷では、他品種と比べ、高い理由を明らかにするため、cycloalliinの前駆物質であるisoalliin含量の加温処理前後の増減を調べた結果、金郷は他の栽培品種や系統と比較してisoalliinが多く、加温処理時により、cycloalliinに変換される事が分かった。Isoalliin標準物質のcycloalliinへの変換効率は加温処理条件下において、およそ70%であり、黒ニンニクのcycloalliin含量を高めるためには、加温前のニンニクに含まれるisoalliin量が高い事が重要であることが判明した。

第3章では、発芽処理による黒ニンニクの高品質化について検討した。具体的には、cycloalliinの前駆物質であるisoalliinの定量を行った結果、isoalliin含量は生ニンニクでは310 mg/100 g dry

wt.であったのに対して発芽ニンニクでは580 mg/100 g dry wt.であり、発芽処理によりisoalliin含量が約1.9倍増加した。また、加温処理後は全ての試験区でisoalliinが検出できなかった。以上の結果より、まず発芽処理によりcycloalliinの前駆物質であるisoalliinが増加し、その後の加温処理によりisoalliinがcycloalliinに変換することが判明した。Cycloalliin含量が最も高かったのは発芽処理を施した70°C、14日間処理区の1,100 mg /100g dry wt.であり、これは加温処理前の生ニンニクの430 mg /100g dry wt.と比較すると約2.6倍、同じ加温処理を施した生ニンニクの70°C、14日間処理区の680 mg /100g dry wt.と比較すると約1.6倍高かった。Cycloalliinを増加させるためには発芽処理と続く加温処理の両方が重要であることが明らかとなった。

機能性成分として知られている*S*-allyl-L-cysteine含量は発芽処理により増加するものの、加温処理後は発芽処理の有無による有意な差は認められず、発芽処理による悪影響は確認されなかった。また、風味に影響を与える可能性があるalliin含量は発芽処理により増加したが、続く加温処理により大きく減少した。Cycloalliin含量が最も高かった70°C、14日間処理区では発芽ニンニクのalliin含量が有意に低くなった。発芽処理は機能性含硫化合物を増加させ、刺激臭の少ないニンニクが必要なら、発芽ニンニクを70°C、14日間処理すれば、ニンニク特有の刺激臭を減少し、風味の改善効果が期待できることが示された。

その他の機能性評価として、総ポリフェノール含量を調べたところ、80°C、14日間の加温処理により生ニンニクでは加温前の460 mg/100 g dry wt.が2500 mg/100 g dry wt.に、5.4倍増加し、発芽ニンニクでは560 mg/100 g dry wt.から2400 mg/100 g dry wt.と4.3倍増加した。Cycloalliin含量が最も高かった70°C、14日間処理区では発芽ニンニクの総ポリフェノール含量は生ニンニクと比較して有意に低く、発芽ニンニクでは1340 mg/100 g dry wt.であったのに対し、生ニンニクでは1470 mg/100 g dry wt.であった。しかし、両者の差は約9.0%であることから、本条件下において発芽処理が総ポリフェノール含量に与える悪影響は軽微であることが示唆された。

食味に影響を与える糖は発芽により組成が変化し、主要な糖が生ニンニクではsucroseであったのに対して発芽ニンニクではfructoseであった。しかし、加温処理後はニンニクにおける糖の貯蔵物質であるfructanの分解に起因すると考えられるfructoseの増加により全ての試験区においてfructoseが主要な糖となった。Cycloalliin含量が最も高かった70°C、14日間処理区では発芽ニンニクにおいて有意にsucrose含量は減少したものの、fructoseとglucoseの含量は生ニンニクと発芽ニンニクとの間で有意な差は認められず、fructoseとglucose及びsucroseをそれぞれ合計した全糖量についても有意な差は認められなかった。

以上の結果より、発芽処理後に加温処理を行う簡便な方法により黒ニンニク中のcycloalliinが増加し、特に70°C、14日間処理を行うことで最もcycloalliin含量が高くなることが明らかとなった。また、cycloalliin含量が最大となる処理条件では、黒ニンニクの代表的な機能性成分である*S*-allyl-L-cysteineのほか、風味や味に影響を与えられるalliinや糖への負の影響は認められず、抗酸化能の指標となる総ポリフェノール含量への負の影響も僅かであることが確認された。山崎らが低温条件下で12週間貯蔵後に加温処理を施すとcycloalliinが増加すると報告しているが、本研究においてニンニクの鱗片を水に7日間浸漬し発芽させた後、70°C、14日間の加温処理を施すことにより同等の効果が得られた。

第4章では、市販黒ニンニク中のcycloalliin含量を比較し、新系統ニンニクや新規加工方法の導入の是非について検討した。市販黒ニンニクにおいても、新系統ニンニクの金郷は大倉や嘉定と比較してcycloalliin含量が高いことが判明し、新系統ニンニクの金郷を導入する利点を示した。また、市販黒ニンニクではcycloalliin含量が最大660 mg/100 g dry wt.であったのに対し、第3章において調製した発芽黒ニンニクのcycloalliin含量は最大1,100 mg/100 g dry wt.であったことから、発芽ニンニクを用いる新規加工方法を導入する利点は非常に大きいことを示した。当該手法は山崎らの方法と比較して、水に浸漬する簡便な手法で、かつ発芽処理の期間も7日間と短期間であることから非常に効率的であり、また、特別な装置を導入することなく実施可能であるため、普及し易く波及効果は大きいと考えられた。

学位論文の公開審査会は令和3年7月31日リモートシステムを利用して実施され、口頭発表と質疑応答が行われた。続いて学位論文審査委員会を開催して本論文の内容を審査した。その結果、審査委員全員一致して本論文が博士（農学）の学位を授与するに値するものと判定した。