

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 HAN Baoxiang  
 学位 博士 (農学)  
 学位記番号 新大院博 (農) 第 202 号  
 学位授与の日付 令和 2 年 3 月 23 日  
 学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当  
 博士論文名 麴菌を利用した新たな穀類加工食品開発のための基礎研究

論文審査委員 主査 教授・城 斗志夫  
 副査 教授・西海 理之  
 副査 教授・藤村 忍  
 副査 准教授・原 崇

博士論文の要旨

日本は世界有数の長寿国であり、長寿を支える要因として日本特有の和食が挙げられる。和食を支えているのは、味噌、醤油、日本酒、泡盛、みりん、食酢などの発酵食品であり、これらの発酵食品は全て「麴菌」を用いて調製した「麴」を使用している。

麴は、蒸して殺菌した米・麦・大豆などの穀類に麴菌を繁殖させて発酵・熟成させたものであり、この麴に塩と水を混ぜて発酵・熟成させた日本の伝統的な調味料が塩麴である。古くから野菜や魚の漬物床として利用されてきたが、近年マスコミで色々な使い方が紹介されたことをきっかけに、様々な塩麴が多くメーカーから販売されるようになった。そこで本研究では、最初に、異なる 9 種類の市販の塩麴を分析し、特性の違いの解明を試みた。市販の塩麴の水分含量、塩分濃度、アルコール濃度、pH、少糖類、グルタミン酸、糖化力、 $\alpha$ -アミラーゼ活性、中性プロテアーゼ活性、一般細菌数、乳酸菌数を測定したところ、塩分濃度と pH に大きな違いはなかったが、他の項目においては商品により大きく異なっており、同じ塩麴でも多様な商品が販売されていることがわかった。市販の麴の微生物を分析したところ麴には多くの細菌が存在し、これを原料に研究室で作った塩麴では高い酵素活性が検出された。一方、市販塩麴では一般細菌や乳酸菌は一部の商品でしか検出されず、酵素活性が検出されないものの多かった。塩麴の利用法として肉を浸け置くと軟らかくなることがあるが、プロテアーゼ活性のない商品にはそのような効果は期待できない。メーカーに問い合わせたところ、酵素活性のない商品は加熱殺菌されており、消費者の誤解を招くことがないよう多様な市販塩麴に一定の規格を定める等の対応が必要であると考えられた。

続いて、有用成分を豊富に含む糠やふすまを副生されず穀類の利用効率を向上させるため、3 種の麴菌 *Aspergillus oryzae* (AO), *Aspergillus sojae* (AS), *Aspergillus luchuensis* (AL) を利用して糠層や外皮を含む玄米、小麦、大麦で麴と塩麴を調製し、その抗酸化活性を評価した。調製した麴の糖化力を測定したところ市販の生麴とほぼ同程度であり、糠層を含む玄米でも実用に堪え得る麴調製できた。玄米麴や玄米塩麴の抗酸化活性およびポリフェノール含量は原料の玄米より高く、特に AL の玄米麴と玄米塩麴に著しく高かった。

穀類に含まれる代表的なポリフェノール的一种であるフェルラ酸を測定した結果、玄米麴のフェルラ酸は原料の玄米より多く、特に AL 玄米麴のフェルラ酸含量は原料の玄米の約 250 倍も増加していた。植物に含まれるフェルラ酸の大部分は細胞壁に結合して存在している。3 種の麴菌について結合型フェルラ酸を遊離するフェルロイルエステラーゼ (FAE) 活性を測定したところ、AL のみが非常に高い活性を示し、玄米麴のフェルラ酸含量と一致していた。このことから AL 玄米麴に多量に含まれるフェルラ酸は AL の FEA の働きにより細胞壁から遊離したことが明らかにされた。FAE 活性に及ぼす食塩の影響を調べた結果、FAE は食塩により活性を大きく阻害された。AL 玄米塩麴中のフェルラ酸含量は原料である AL 玄米麴より少なかったが、これは本研究で使用した AL にはフェルラ酸を代謝する酵素が存在し、その働きにより玄米塩麴中のフェルラ酸が減少するとともに、食塩による FAE 活性の阻害により、玄米からの新たなフェルラ酸の遊離が阻害されたためと推測された。また、3 種の麴菌を利用して小麦と大麦でも麴と塩麴を調製した。その結果、小麦と大麦のいずれにおいても AL で調製した麴、塩麴の抗酸化活性とポリフェノール含量は AO, AS で調製したものより非常に高く、玄米麴、玄米塩麴と同様であった。

#### 審査結果の要旨

本論文は、多様な商品が市販されている塩麴を分析し、それらの特性の違いの解明を試みるとともに、米糠を有効に活用して米の機能性を向上させるために、3 種類の麴菌を用いて玄米麴と玄米塩麴を調製し、抗酸化活性を調べたものである。その結果、保存性を高めるためにアルコールを添加したり、加熱殺菌した商品があることがわかり、それらの商品では塩麴本来の酵素の働きが全く期待できないことを明らかにした。また、3 種類の麴菌を用いて調製した玄米麴と玄米塩麴の分析により、玄米麴の抗酸化活性は玄米より高く、中でも *Aspergillus luchuensis* (AL) の玄米麴では抗酸化成分であるフェルラ酸を玄米の約 250 倍多く含み、これは使用した AL が高いフェルロイルエステラーゼ (FAE) 活性を持つことに起因することを明らかにした。その結果は、高い抗酸化活性を始め様々な機能が報告されているフェルラ酸を豊富に含む玄米加工食品の開発につながるものであり、その成果は高く評価できる。

また、本論文の主な内容は、申請者を筆頭著者として「3 種類の麴菌を用いて調製した玄米麴と玄米塩麴の抗酸化活性とフェルラ酸含量」と題する論文として日本食品科学工学会が発行する学会誌に掲載が決定している。

よって、本論文は博士（農学）の博士論文として十分であると認定した。