

学位論文の要旨

金糸瓜の加熱による糸状剥離とペクチン質の関係

石井 香代子

金糸瓜（ソウメンカボチャ）の果肉を煮熟するとそうめん状に剥離する。金糸瓜を煮熟、または各種キレート剤に浸漬した時の剥離状態を観察し、糸状の果肉の接着に関わるペクチン質との関係を研究し、剥離の原因を解明した。

第1章では金糸瓜を煮熟した際の糸状剥離とペクチン質の関係について検討した。金糸瓜を2 cm厚さの輪切りとし、皮部と内瓢を除いた果肉の部分を試料とした。果肉100gを1Lの沸騰水中で攪拌しながら15、30分煮熟後、果肉の剥離状態を観察した。15分煮熟で糸状に剥離したが、30分煮熟しても煮崩れせず、糸状組織を維持していた。光学顕微鏡で観察すると、糸状組織の中心に維管束があり、その周辺は丸い細胞からなり、最外層の糸状組織どうしを接着している細胞は細長い形状であった。食物繊維を定量した結果、セルロースが比較的多かった。

生および煮熟後の組織からペクチン質をエステル化度別に分別抽出した。すなわち、35°Cの0.01N塩酸溶液（pH2.0）、続いて0.1M酢酸塩緩衝液（pH4.0）で、24時間4回抽出を繰り返し、最後に2%ヘキサメタリン酸ナトリウム溶液（pH4.0）で90°C3回抽出し、抽出液をPA、PB、PCとした。生100g中のPA、PB、PCの量（割合）は237.4 mg（69.0%）、99.6 mg（28.9%）、7.3 mg（2.1%）でPAの割合が大であった。15分煮熟で約50%のペクチンが煮汁中に溶出し、特にPAの減少（237.4 mg→73.8 mg）が著しかった。30分煮熟しても煮汁へのペクチンの溶出量は増加しなかった。生のPA、PB、PCのエステル化度は67.4%、61.5%、55.6%で、レンコン、ゴボウなどよりエステル化度が高かった。金糸瓜はエステル化度の高いペクチンを多く含むため、煮熟するとペクチンが β -脱離により分解し溶出した。

生及び15分煮熟後の組織から抽出したPA、PB、PCの性質を詳細に比較するため、DEAEセルロースカラムクロマトグラフィーを行った。0.02M酢酸緩衝液（I）では中性多糖類が溶出し、酢酸塩緩衝液濃度を0.1→1.0Mに直線的に増加させると（II）、弱酸性多糖類が溶出する。高エステル化度ペクチンが早く溶出し、エステル化度が低下するにしたがって遅く溶出する。最後の0.1N NaOHでは（III）ペクチン酸（エステ

ル化していないポリガラクトロン酸)が溶出する。生のPA、PBはⅡに多く溶出したが、PCはⅢに溶出した。15分煮熟するとPBはⅡの後方とⅢに溶出した。高メトキシルペクチンが煮汁中に溶出し、低メトキシルペクチンが組織中に残存していた。中性糖組成ではガラクトース、アラビノース、ラムノースが多く、煮熟後にガラクトースの割合が増加するため、ガラクトンの側鎖をもつ低メトキシルペクチンが糸状組織に残存し硬さを維持していることが示唆された。Sepharose CL-6Bによるゲル濾過の結果、PAの分子量の方がPBより大きかったが、煮熟後は高分子のPA、PBのみが残り、比較的 low molecular weight 区分が煮汁中に溶出した。煮汁のペクチンの分子量は小さかった。

第2章では金糸瓜を煮熟、または各種キレート剤に浸漬した時の剥離状態をクライオ走査電子顕微鏡で観察し、ペクチン質やカルシウムの溶出の状態を比較した。すなわち、金糸瓜の果肉100gを1Lの沸騰水中で攪拌しないで15、30分煮熟、または35°Cの0.01N塩酸溶液(pH2.0)、0.035Mシュウ酸・シュウ酸アンモニウム(A0)溶液(pH4.0)、2%ヘキサメタリン酸ナトリウム(HMP)溶液(pH4.0)に24時間浸漬したときの剥離の状態を比較した。煮熟・浸漬後の各組織からアルコール不溶固形物を作製し、ペクチン質を分別抽出した。また、7日間浸漬中の硬さの変化を測定した。

生の金糸瓜の細胞壁は強固に接着していた。煮熟時間が長くなると細胞壁に緩みが生じた。また、pH2.0の希塩酸溶液に浸しただけで糸状組織の周辺の細長い細胞が剥離し、残っている細胞壁に緩みが生じた。シュウ酸アンモニウム溶液に浸したものはわずかに剥離し、ヘキサメタリン酸ナトリウム溶液に浸すと試料周辺のみが溶解し、剥離は起きず、細胞壁も生と変わりなかった。希塩酸浸漬が最も早く軟化し、次いで、A0、HMPの順であった。1週間後にはすべて軟化した。ペクチンの溶出量は30分>15分煮熟>希塩酸>HMP>A0浸漬の順に多かったが、攪拌しなかったため第1章の結果より少なかった。生果肉100g中に15.72mgのカルシウムが存在するが、希塩酸溶液に浸したときの溶出量が15.40mgと最も多く、そのため剥離が起こったものと思われる。すなわち、カルシウムによって不溶性になっている高メトキシルペクチンが、希塩酸溶液に浸したとき溶出し、接着力を失って糸状に剥離したものと思われる。

煮熟により糸状に剥離するのは、周辺の細長い細胞には高エステル化度のペクチンが多く含まれており、これが β -脱離により分解して煮汁中に溶出するためと思われる。しかし、そうめん状に剥離した果肉中に低メトキシルペクチンやセルロースは残存し、これが糸状組織を維持し独特の食感を与えていると考えられる。

石井香代子氏 博士学位論文審査委員会 報告書

石井香代子氏 博士学位論文
審査委員会

主査 井ノ内直良

副査 瀧上 倫子

副査 岩本 博行

石井香代子氏より平成26年11月15日に予備審査出願のあった同氏の学位論文について、本人の履歴書、発表論文、学位論文（予備審査用）、学位論文の要旨、学位論文の概要などを資料として、平成26年12月9日に予備審査委員会を開催して審査出願資格（学歴、研究歴、及び研究業績）について、予備審査を行った。また、平成26年12月16日に予備公聴会を開催して学位論文内容（研究内容、及び質疑応答）について予備審査を行った。同日開催した第2回予備審査委員会で総合的審査を行い、審査を進めるに値するとの結論を得た。平成27年1月23日に学位論文審査出願書類一式が提出された。平成27年2月16日および2月26日に公聴会を行い、2月26日の公聴会終了後に開催した審査委員会で次の結論を得ましたのでご報告申し上げます。

1) 審査出願資格

本人は平成9年3月に岡山県立大学保健福祉学部栄養学科科目等履修生を修了し同年8月に学位授与機構より栄養学学士を、平成12年3月に岡山県立大学大学院保健福祉学研究科栄養学専攻を修了し栄養学修士を授与された。平成14年4月～平成20年3月に瀬戸内短期大学食物栄養学科助教授として勤務した後、平成20年4月に福山大学生命工学部生命栄養科学科准教授として教育・研究に従事し、現在に至っている。大学院修士課程修了後、現在まで14年11ヶ月となり、大学院工学研究科における博士課程を経ない者の学位に関する内規の第2条の三からみて、博士論文の審査を受ける資格を有している。

本人はこれまで5編の欧文論文（そのうち2編が第一著者）と7編の和文論文（そのうち4編が第一著者）、著書1編を発表している。また国際学会のプロシーディング3編（そのうち1編が第一著者）、国際学会のポスター発表が11編ある。このうち、今回の学位論文に関連する発表論文は欧文論文が2編、国際学会のプロシーディングが1編（いずれも第一著者）ある。従って、博士論文の提出に関わる生命工学専攻内規（平成19年3月）からみて、論文博士の審査を受ける資格を有している。

2) 学位論文内容

「金糸瓜の加熱による糸状剥離とペクチン質の関係」

金糸瓜（ソウメンカボチャ）を煮熟すると果肉がそうめん状に剥離する。金糸瓜を煮熟、または各種ペクチン抽出剤に浸漬した時の剥離状態を観察し、糸状の果肉の接着に関わるペクチン質との関係を研究し、剥離の原因を解明した。

第1章 金糸瓜を煮熟したときのペクチン質の変化

金糸瓜を煮熟した際の糸状剥離とペクチン質の関係について検討した。金糸瓜の果肉を15分煮熟すると糸状に剥離したが、30分煮熟しても煮崩れせず、糸状組織を維持していた。生および煮熟後の組織からペクチン質をエステル化度別に分別抽出した。すなわち、35°Cの0.01N塩酸溶液（pH2.0）、続いて0.1M酢酸塩緩衝液（pH4.0）で24時間抽出を繰り返し、最後に2%ヘキサメタリン酸ナトリウム溶液（pH4.0）で90°C抽出し、抽出液をPA、PB、PCとした。生のPA、PB、PCは69.0%、28.9%、2.1%でPAの割合が大であった。15分煮熟で約50%のペクチンが煮汁中に溶出し、特にPAの減少（237.4 mg→73.8 mg）が著しかった。生のPA、PB、PCのエステル化度は67.4%、61.5%、55.6%で、レンコン、ゴボウなどより高かった。DEAEセルロースカラムクロマトグラフィーやSephacryl CL-6Bによるゲル濾過、中性糖組成の測定等によりPA、PB、PCの性質を比較し、金糸瓜はエステル化度の高いペクチンを多く含むため、煮熟するとペクチンがβ-脱離により分解し溶出することを明らかにした。

第2章 金糸瓜をペクチン抽出剤に浸漬したときの硬さ、組織、ペクチン質の変化

金糸瓜を煮熟、または希塩酸溶液（pH2.0）、シュウ酸・シュウ酸アンモニウム（A0）溶液（pH4.0）、ヘキサメタリン酸ナトリウム（HMP）溶液（pH4.0）に浸漬した時の剥離状態の観察、ペクチン質やカルシウムの溶出量の定量、硬さの測定、クライオ走査電子顕微鏡による組織観察等を行った。pH2.0の希塩酸溶液に浸しただけで糸状組織の最外層の細長い細胞が剥離した。A0溶液に浸したものはわずかに剥離し、HMP溶液に浸すと試料周辺のみが溶解し、剥離は起きず、細胞壁も生と変わりなかった。希塩酸浸漬が最も早く軟化し、次いで、A0、HMPの順であった。生果肉100g中に15.72mgのカルシウムが存在するが、希塩酸溶液に浸したときの溶出量が15.40mgと最も多く、そのため剥離が起こったものと思われる。すなわち、カルシウムによって不溶性になっている高メトキシルペクチンが、希塩酸溶液に浸したとき溶出し、接着力を失って糸状に剥離したものと思われる。

煮熟により糸状に剥離するのは、糸状組織を接着している細胞の細胞壁には高エステル化度のペクチンが多く含まれており、これがβ-脱離により分解して煮汁中に溶出するためであることを明らかにした。更に、そうめん状に剥離した果肉中に低メトキシルペクチンやセルロースが残存し、これが糸状組織を維持し独特の食感を与えていることを明らかにした。

以上、研究期間、発表論文について、石井香代子氏は論文博士の審査を受ける資格を有していると判断され、さらに、今回同氏が提出した論文の内容は博士の学位に値すると判断される。