

氏名	ソンシン ボッチャナチャイ Songsin Photchanachai
学位の種類	博士 (農学)
学位記番号	農博第 1380 号
学位授与の日付	平成 15 年 11 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	農学研究科応用生命科学専攻
学位論文題目	Studies on Molecular Aggregation and Degradation of Food Proteins Induced by High-Temperature Treatments (高温処理による食品タンパク質の分子凝集と分解に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 北 嶋 直 文 教授 小 川 正 教授 吉 川 正 明

論 文 内 容 の 要 旨

食品並びに食品素材の加熱は、殺菌効果ばかりではなく、食品成分の消化吸収性を高め、嗜好性の高い香気や味を引き出す効果も有する。缶詰加工に始まり、レトルト加工、高温短時間加熱加工、エクストルージョン加工など、密封系における加熱は現代の食品加工技術の中で日常的に用いられ、長期保存食品の製造に欠くことのできない手法となっている。この高温加熱は、殺菌が主目的であるために、120℃前後の比較的高い温度域が用いられる。本研究では、食品タンパク質、特に牛乳乳清タンパク質溶液を用いて、密封系において、100℃以上の高温で処理した場合、タンパク質の構造、物性がどのように変化するかを検討した。その主な内容は以下の通りである

β -ラクトグロブリンAを加熱すると、80℃付近と150℃付近に吸熱反応が観察された。150℃付近に観察された吸熱ピークは、熱変性に伴う80℃付近の吸熱反応とは異なる吸熱反応を反映していた。80℃付近では β -ラクトグロブリンAの分子間ジスルフィド結合による重合体の形成が生じ、140℃以上の領域になると β -ラクトグロブリンA分子の分解が生じていることが示された。180℃まで加熱を行うと、ほとんどの β -ラクトグロブリンAが分解され、ペプチドへ変換した。このような、加熱による分子変化が生じているとすれば、各温度まで加熱した β -ラクトグロブリンA標品の冷却後の物性に大きな違いが生じていると考えられる。そこで、各温度まで加熱した β -ラクトグロブリンA溶液の粘度を測定した。その結果、90℃付近で、急激に粘度上昇が認められ、110℃付近で急激に低下する。さらに150℃以上ではさらなる粘度の低下が認められた。90℃付近での粘度上昇は、 β -ラクトグロブリンAの熱変性とそれに続く分子凝集を反映しているものと思われる。150℃以上で生じる粘度の低下は β -ラクトグロブリンA分子の分解によるものと思われる。一方、110℃付近で急激に粘度が低下する理由は、電気泳動の結果では解釈ができない。100℃以上の加熱標品は、加熱時、ならびに冷却後も白濁しており、凝集体の形成が認められる。そこで、凝集体のサイズと分布を調べたところ、90℃付近から観察される凝集体のサイズは、温度上昇とともに増大し、110℃付近では、巨大なサイズの凝集体の精製が認められた。しかし、110℃を越えるとそのサイズは急激に低下した。これが粘度上昇と関連するものと考えられる。

β -ラクトグロブリンAの加熱凝集は、pHに強く依存する。等電点付近において100℃以下の加熱をすると白濁し、巨大な分子凝集体である凝固物を形成する。しかし、中性、塩塩基などの等電点から離れたpH域で加熱すると、線状凝集体を形成し、それらは可溶性であり、液は透明である。加熱、冷却後も透明性を維持する。白濁生成領域のpH6.4において加熱をした場合、80℃付近から生じた白濁は100℃以上においても変化がなく、冷却後も白濁状態であった。そこで、分子間の相互作用力の異なる環境であるpH7.5において加熱を行い、pH6.4の場合との差異について検討した。示差走査熱量計を用いた熱分析の結果は、pH6.4の場合と極めてよく似た結果を示した。また、電気泳動分析の結果も、同様のパターンを示し、重合体の生成、そして140℃以上において分解が認められた。しかしながら、液の状態は100℃以上において加熱時並びに冷却後も、完全に透明性が維持された。すなわち、加熱変性に伴って生じた可溶性凝集体は、100℃以上においても、巨大凝集体に変化せず、依然、可溶性凝集体を維持することが判明した。粘度測定からみると、100℃付近において粘度上昇が認

められるが、110℃付近を境に急激な粘度低下は認められず、凝集体構造にも急激な変化が起こっていないことを示唆している。粘度は、150℃付近から顕著な低下が認められたが、これはpH6.4の場合と同様、分子によるものと思われる。

pH6.4と7.5のいずれかの場合においても、120℃付近から特異的ペプチドの生成が観察され、高温になるにつれ、その特異的分解が促進され、さらにその後、その生成ペプチドの分解が進むことが示された。そこでこのペプチドを単離精製し、加熱に伴うペプチド分解の部位を特定した。

β -ラクトグロブリンAの実験結果の普遍性と一般性を見るため、電気泳動的に均一な状態まで精製した卵白アルブミンを用いて、 β -ラクトグロブリンAの場合と同様の実験を行った。卵白アルブミンの場合も、 β -ラクトグロブリンAの場合と同様に100℃以下と150℃付近に吸熱反応が認められ、それらは、変性と分解反応に対応することが確認され、これらの反応が卵白アルブミンにおいても生じることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

食品並びに食品素材の加熱は、食品成分の消化吸収性を高め、嗜好性の高い香気や味を引き出す効果を有する。密封系における食品の加熱は、現代の食品加工技術の中で日常的に用いられ、長期保存食品の製造に欠くことのできない手法である。この高温加熱は、殺菌が主目的であるために、120℃前後の比較的高い温度域が用いられる。しかしながら、水分を十分含む状態の密封系において、100℃を越える加熱が食品成分や食品物性に対しどのような影響を与えるか、明らかでない点が多い。本研究では、食品タンパク質である牛乳乳清タンパク質、卵白タンパク質を用いて、100℃以上の高温処理によるタンパク質の構造並びに物性の変化を検討している。評価できる主な点は以下の通りである。

1) β -ラクトグロブリンA溶液を弱酸性条件下で密閉加熱をすると、880℃並びに150℃付近に吸熱現象が見出され、それぞれ β -ラクトグロブリンAの熱変性と熱分解に対応することを電気泳動などの分析によって明らかにしている。80℃以上で分子重合化に伴う白濁化が生じ、不溶性の凝集体の形成を認めている。その凝集体サイズは、110℃付近の加熱温度を境にして変化することを示している。

2) β -ラクトグロブリンA溶液を中性条件下で加熱した場合、80℃並びに150℃付近に吸熱現象の存在を見出しているが、液の白濁化は認められず、粘度上昇も緩慢であることを明らかにしている。さらに150℃付近では低分子化が生じていることを確認している。

3) β -ラクトグロブリンAについて150℃付近において生じるペプチド鎖解裂の部位の特定を行い、その分解機構を示している。

4) 卵白アルブミンについて、180℃まで密閉加熱を行うと、100℃以下の熱変性以外に150℃付近に吸熱反応が認められ、それらがペプチド鎖解裂によることを明らかにしている。

以上のように本論文は、高温処理による食品タンパク質の分子凝集と分解について詳細な検討を行い、多くの新知見をもたらしたもので、これらの成果は食環境学、食品分子機能学、食品生理機能学の分野に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成15年10月18日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。