様式C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成２１年６月２９日現在

研究種目：若手研究（Ｂ）
研究期間：２００７～２００８
課題番号：１９７００５９９
研究課題名（和文）　加工・調理過程により生成された食品中メイラード反応生成物の定量及び生理作用
研究課題名（英文）　On a determination and a physiological function of Maillard reaction compounds formed in food processing and cooking process.
研究代表者
山口　敬子　（YAMAGUCHI KEIKO）
日本女子大学・家政学部・助手
研究者番号：００４４００７４

研究成果の概要：
食品系メイラード反応生成物を定量した結果、アマドリ転位生成物はグルコースやフルクトースの含有量が高い食品において生成量が高い傾向にあり、AGEs はタンパク質の種類により生成量が異なることが明らかとなった。β－ラクトグロブリン は、生体内において修飾が未修飾よりも速やかに消化・吸収されることが示唆された。 食品系メイラード反応生成物の糖尿病における影響について検討した結果、生体内において有害であるとはいえないことが確認された。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
２００７年度	1,300,000	0	1,300,000
２００８年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総　計	2,000,000	210,000	2,210,000

研究分野：食品栄養学
科研費の分科・細目：生活科学、食生活学
キーワード：メイラード反応、タンパク質、AGEs、アマドリ、糖尿病

１．研究開始当初の背景

メイラード反応生成物のなかには、疾病との関わりが深い物質がある。近年、特に注目されているのが生体内 AGEs(advanced glycation end products)であり、老化や糖尿病の合併症を引き起こす因子であることが報告されている。そのため、食品中 AGEs も生体内 AGEs と同様に疾病の進展に関与する可能性が指摘されている。

２．研究の目的

本研究では、(1)加工・調理の過程において生じる食品中メイラード反応生成物（反応中間体のアマドリ転位生成物、および反応後期生成物の AGEs）の定量を行い、(2)食品系メイラード反応生成物の消化・吸収について検討し、さらに、(3)食品系メイラード反応生成物の糖尿病における影響を解明した。

３．研究の方法

(1) 食品系メイラード反応生成物のアマドリ転位生成物および AGEs の定量

加工食品は一般的な食品15品目を用いた。調理食品は牛ひき肉を加熱調理したものを用いた。ひき肉に 5%スクロースと 1%食塩を添加した調味ありパティと無添加の調味なしパティを調製し、焼き、揚げ、オーブン加熱、茹での4種の調理法で加熱した（加熱時間 0～60 分)。加工食品および調理食品のアマドリ転位生成量は HPLC を用いてフロシンを定量することにより算出した。

AGEs タンパク質モデルとして、グルコース修飾タンパク質を調製した。タンパク質はβ-ラクトグロブリン、カゼイン、オボアルブミン、リゾチームを用いた。AGEs 量は ELISA 法を用いて AGEs の一つである AGE-1 を定量することにより検討した。

(2) 食品系メイラード反応生成物の消化・吸収性

食品系メイラード反応生成物は、グルコース修飾β-ラクトグロブリンを用いた。*In vitro* においては、食品系メイラード反応生成物を消化酵素であるペプシンおよびパンクレアチンによって消化させた。消化物を HPLC により分析し、消化・吸収性を検討した。*in vivo* においては、食品系メイラード反応生成物を健常ラットに経口投与した。一定時間経過後に解剖し、胃および小腸内の消化物を回収した。各消化物を HPLC により分析し、消化・吸収性を検討した。

(3) 食品系メイラード反応生成物の糖尿病における影響

食品系メイラード反応生成物として、グルコース修飾カゼインおよび大豆タンパク質を調製した。ラットは、ストレプトゾトシン(STZ)誘発糖尿病ラット（Wistar系、雄）を用いた。食品系メイラード反応生成物を与えた糖化タンパク質群と与えないコントロール群の2群に分け、一定期間飼育し、解剖を行った。大動脈より血液を採取し、肝臓、腎臓、眼球を摘出した。①生体内における糖化反応（血糖値、血中糖化ヘモグロビンA_{1c}の測定)、②酸化ストレス（血清、肝臓、腎臓中の過酸化脂質の測定)、③糖尿病合併症の進展（血液成分、水晶体成分の測定、および白内障の観察）について検討を行った。

４．研究成果

(1) 加工食品および調理食品中のメイラード反応生成物の定量

①「　加工食品（15品目）中のアマドリ転位生成量はタンパク質 100g 中に約 0.1～1.4g 含まれ、特にカステラに多く含まれていた（図1)。カステラ中のハチミツには、アマドリ転位生成物の生成に大きく関わるグルコースやフルクトースが多く含まれているため、アマドリ転位生成量が高かったのではないかと推測された。

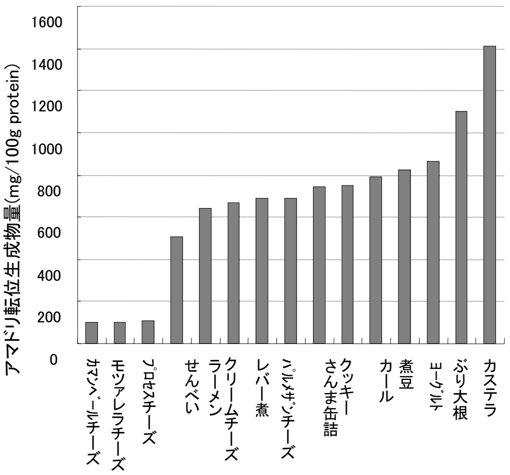

図１　加工食品中のアマドリ転位生成物量

②調理した牛挽肉におけるアマドリ転位生成量は、どの調理法においても、スクロースと食塩添加による調味ありのほうが、調味なしよりも生成量が低かった(図2)。したがって、食塩添加によりメイラード反応の進行速度が抑制されることが示唆された。

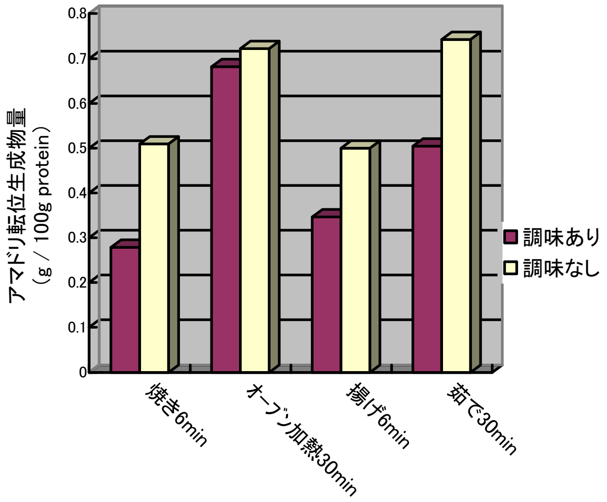

図２　各調理法によるアマドリ転位生成物量（牛挽き肉）

③AGEs タンパク質モデル（4 種）の AGE-1 量はカゼインおよびオボアルブミンが高値を示し、β-ラクトグロブリンおよびリゾチームが低値を示した（図 3）。AGEs の生成量はタンパク質の種類により異なることが明らかとなった。

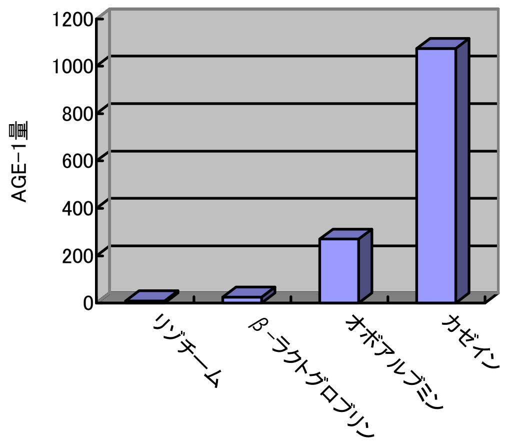

図 3　各種タンパク質の AGE-1 量

(2) 食品中メイラード反応生成物の消化・吸収性

In vitro において消化物の収量を量った結果、修飾 β - ラクトグロブリンの消化性が未修飾のものよりも低下することが明らかとなった（表 1）。HPLC 分析をした結果、両者の検出パターンには差が認められた。

画分 （分子量）	未修飾β-ラクトグロブリン（%）	修飾β-ラクトグロブリン（%）
3000Da 以下	62	49
3000Da 以上	24	51

表 1　β-ラクトグロブリン消化物の収量（*in vitro*）

一方、*in vivo* において消化物の収量を量った結果、修飾 β - ラクトグロブリンの消化性が未修飾のものよりも向上することが明らかとなった（図 4）。投与 60 分後における消化物を HPLC 分析した結果、未修飾には消化物が残存したが、修飾にはほぼ認められなかった。また、両者の検出パターンには差が認められた。

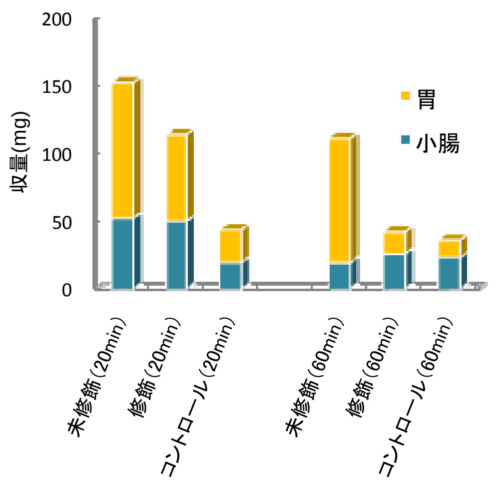

図 4　β-ラクトグロブリン消化物の収量（*in vivo*）

以上の結果により、β - ラクトグロブリンは、修飾と未修飾ではペプチド結合の切断形式が異なることが推測された。また、*in vivo* においては、修飾は未修飾よりも速やかに消化・吸収されることが示唆された。

(3) 食品系メイラード反応生成物の糖尿病における影響

血糖値及び糖化ヘモグロビンA_{1c}の値は両群に差がみられなかった（表 2）。また、過酸化脂質の値も差がみられなかった（表 3）。糖尿病合併症の進展においては、白内障の進行がコントロール群よりも糖化タンパク質群のほうが遅いことが明らかとなった（図 5）。以上の結果により、食品系メイラード反応生成物が生体において有害であるとは必ずしも断定できないことが示唆された。

	血糖値（mg/dl）	糖化HbA_{1c}（%）
コントロール群	390.9±75.3	11.33±0.87
糖化タンパク質群	312.5±74.5	11.03±0.63

表 2　糖尿病における糖化タンパク質投与による血糖値および糖化HbA_{1c}の変化

	血清 MDA （nmol/ml）	肝臓 MDA （nmol/mg protein）	腎臓 MDA （nmol/mg protein）
コントロール群	8.0±2.8	22.8±8.5	1.1±0.3
糖化タンパク質群	7.4±2.6	27.5±7.8	1.6±0.9

表３　糖尿病における糖化タンパク質投与による過酸化脂質の変化

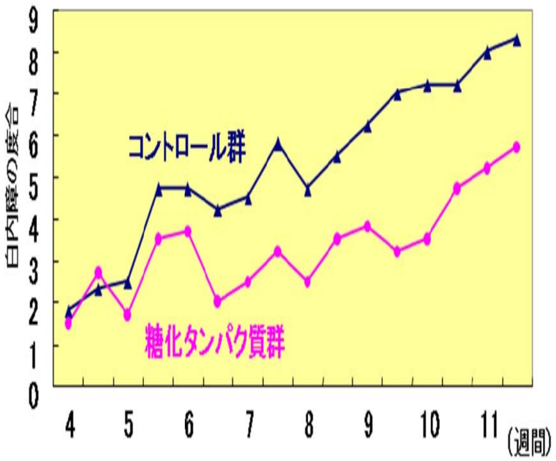

図５　糖尿病における糖化タンパク質投与による白内障の変化

５．主な発表論文等
なし

６．研究組織
(1)研究代表者
山口　敬子（YAMAGUCHI　KEIKO）
日本女子大学・家政学部・助手
研究者番号：00440074