

## 平成 27 年度 学位論文(要約)

### 食物繊維共存下での米飯摂取後の血糖応答に関する研究

昭和女子大学大学院生活機構研究科

生活機構学専攻 不破眞佐子

米飯は伝統的に日本人が主食として利用し、日本の食生活では欠かせないものであるが、主成分をでんぷんとしているため、食後の血糖値を上昇させる食品の一つでもある。しかし、これまでに米飯摂取後の血糖値に及ぼす食物繊維の影響を検討した報告は少なく、特に、食物繊維を同一条件で用いて、食物繊維の物理的性質から米飯摂取後の血糖値への影響とその要因を検討した報告は皆無である。

本論文では、米飯摂取後の血糖応答に及ぼす食物繊維の影響について検討した。食物繊維としては、ゲルを形成する寒天、アルカリ処理後の加熱によりゲル化するグルコマンナン、単独でもカチオンでもゲル化するκ-カラギーナン、ゾルを形成するキサントガムおよびグアーガムをとりあげた。食物繊維は生米と共に炊飯する方法と、米飯にゲルまたはゾル状態の食物繊維を混合する方法とした。血糖応答の指標として、*in vivo*における血糖値応答曲線とグリセミックインデックス (GI) および *in vitro*における体外消化過程のグルコース放出量 (GR) を測定した。さらに、食物繊維の血糖応答に及ぼす影響の原因を明らかにするために、力学特性値および熱特性値等を測定した。

第 1 章では、食物繊維として寒天を用い、米飯摂取後の血糖値に及ぼす影響とその要因を明らかにするために、炊飯時に 0~2.5%の寒天を添加した米飯を試料として、血糖応答およびグリセミックインデックス、超高感度示差走査熱量分析計 micro-DSC による熱特性値、テクスチュロメーターによる破断特性を測定し、主観による官能特性を評価し、検討した。

寒天を添加して炊飯した米飯（寒天添加米飯）摂食後の血糖値の上昇は、米飯単独（基準米飯）と比較して緩慢となり、最大血糖値は低下し、GI は 1.7%以上で低下した。降温 DSC 曲線における熱特性および米飯粒の力学特性から米の糊化抑制が示唆された。

第2章では、寒天と構造の異なるグルコマンナンを用い、米にグルコマンナンを添加して炊飯したグルコマンナン添加米飯摂取後の血糖応答、グリセミックインデックスおよび *in vitro* 系でのグルコース放出量を測定し、米飯摂取後の血糖値に及ぼす影響について検討した。さらに、血糖値上昇抑制の要因を探索するために、米飯粒内部の組織を観察し、テクスチャー特性値や熱特性値を測定し、グルコマンナンが米飯の糊化へ与える影響についても検討した。加えて、グルコマンナンの加工品であるしらたきと米飯を混合して同時に摂取した場合についても、血糖応答、グリセミックインデックスおよび *in vitro* 系でのグルコース放出量の測定結果より検討した。

グルコマンナン添加米飯において、2.0%以上のグルコマンナン添加で摂食後30分の血糖値が基準米飯よりも低下し、GIは1.0%以上の添加で低下し、GRは全濃度で低下した。米飯粒の形態、力学特性および熱特性から、グルコマンナンによる米の糊化抑制が示唆された。グルコマンナンから製造されるしらたきを混合した米飯では、2.0%混合のみで、摂食後30分の血糖値とGIが基準よりも低下し、血糖値への影響の程度は弱かった。

第3章では、寒天およびグルコマンナンと同様にゲル化する $\kappa$ -カラギーナンを食物繊維試料として用い、第1章および第2章と同様に $\kappa$ -カラギーナンと共に炊飯した米飯および塩化カルシウム添加あるいは塩化カルシウム無添加 $\kappa$ -カラギーナンゲルを混合した米飯の摂取後の血糖値が、米飯単独摂取後の血糖値と比較してどのように変化するのか検討した。

$\kappa$ -カラギーナン添加米飯摂食後の血糖応答値およびGIは、1.0%以上の添加で基準よりも低下し、GRは全添加濃度で低下した。米飯粒の形態および力学特性より、米の糊化抑制が示唆された。 $\text{CaCl}_2$ 無添加 $\kappa$ -カラギーナンゲル混合米飯摂食後の血糖応答値およびGIは、基準と比較して1.0%以上で低下し、GRは1.6%の混合で低下した。 $\text{CaCl}_2$ 添加 $\kappa$ -カラギーナンゲル混合米飯のGIおよびGRは、基準との間に差は認められなかった。これらの相違の原因は、 $\text{CaCl}_2$ 無添加 $\kappa$ -カラギーナンゲルに体温以下で融解する弱い結合によることと判明した。

第4章では、第3章において体内で一部融解してゾル状となる $\kappa$ -カラギーナンゲルと米飯を混合した場合の血糖値上昇の抑制効果が極めて高かつ

たことから、本章ではゾルを形成するキサンタンガムを用い、キサンタンガムと共に炊飯した米飯およびキサンタンガムゾルを混合した米飯の摂取後の血糖値が、米飯単独摂取後の血糖値と比較してどのように変化するのか検討し、血糖値上昇抑制の要因についても検討した。

キサンタンガム添加米飯摂取後の血糖応答は、1.0%以上で基準よりも低下し、GI は全濃度で低下し、GR は 2.5%で低下した。炊飯後の米飯粒の周囲には膜あるいは糸状のキサンタンガムが観察された。キサンタンガムゾル混合米飯摂取後の血糖応答、GI および GR は全濃度で基準よりも低下した。キサンタンガムゾルの摂取時期を米飯摂取の前後 10 分とした場合には、GI に基準と有意な差は認められなかった。

第 5 章では、第 4 章と同様にゾルを形成するグアーガムを用い、グアーガムと共に炊飯した米飯およびグアーガムゾルを混合した米飯の摂取後の血糖値が米飯単独摂取後の血糖値と比較してどのように変化するのか検討し、血糖値上昇抑制の要因および官能評価による利用性についても検討した。

グアーガム添加米飯摂取後の血糖応答と GR は全濃度で基準よりも低下し、GI は 1.0%以上で低下した。米飯粒の形態、重量と力学特性から、グアーガムによる米の糊化抑制が示唆された。グアーガムゾル混合米飯摂取後の血糖応答は、全濃度で基準よりも低下し、GI は 0.5%と 1.0%の混合により低下し、GR は全濃度で低下した。

第 6 章では、本研究でとりあげた 1.0%濃度の全食物繊維の血糖応答に対する影響の大きさの程度について、総合的に検討し、その血糖値上昇に対する抑制効果の要因について考察した。さらに、官能評価の結果を元に、利用性を検討した。

米飯摂取後の血糖値上昇の抑制は、寒天添加米飯よりも $\kappa$ -カラギーナン添加米飯、グルコマンナン添加米飯、キサンタンガム添加米飯、グアーガム添加米飯の血糖値上昇の抑制効果は高くなった。食物繊維混合米飯においては、CaCl<sub>2</sub> 添加 $\kappa$ -カラギーナンゲル混合米飯、しらたき混合米飯よりも、CaCl<sub>2</sub> 無添加 $\kappa$ -カラギーナンゲル混合米飯、キサンタンガム混合、グアーガム混合米飯の血糖値の上昇抑制効果が高くなった。

以上の結果から、米飯摂取後の血糖応答に及ぼす食物繊維の影響は、体温

で融解しないゲル状態での共存では高濃度で、体温で融解する弱い結合を有するゲルでは低濃度で発現した。さらに、米の糊化抑制とゾル状態での共存では、より低濃度で血糖応答に及ぼす食物繊維の影響は認められた。つまり、食物繊維による米飯摂食後の血糖値の抑制効果は、摂食前に米飯をゾル状態で覆うことが重要であり、その効果の程度はゾル構造の強靭さと深く関係し、食物繊維の構造と物理的性質によるものであることが判明した。