

1 課題名

発酵小豆摂取が食後血糖値上昇に及ぼす影響 -発酵小豆のセカンドミール効果について-

2 研究者

研究代表者 津市立三重短期大学食物栄養学科 准教授 杉野香江

共同研究者 津市立三重短期大学食物栄養学科 教授 駒田亜衣

3 成果概要

（1）研究目的

近年、健康志向の高まりにより、砂糖不使用で麴の発酵を利用した小豆発酵食品「発酵小豆（発酵あんこ）」が注目されている。一般的な小豆あんこは和菓子に広く用いられ、日本人にとって馴染み深い食品である。しかし多量の砂糖を含むため、血糖値の管理が必要な糖尿病患者やその予備軍、さらに減量中の人々には摂取が難しいという課題があった。

小豆は食物繊維やポリフェノールを豊富に含み、発酵によって機能性成分が変化し、栄養素の吸収性が向上する可能性がある。さらに、食後血糖値の上昇抑制をはじめとする生活習慣病予防への寄与が期待されるものの、発酵小豆の機能性に関する科学的報告は非常に限られている。そのため、発酵小豆の健康機能を解明することが求められている。

本研究の目的は、砂糖を使用せずに製造される発酵小豆の安定した作製方法を検討すること、そして発酵小豆の機能性を科学的に解明することである。具体的には、食後血糖値上昇抑制効果や、次の食事における血糖値上昇を抑える「セカンドミール効果」に着目し、糖尿病予防や生活習慣病リスクの低減へ貢献する可能性を検討した。

（2）研究方法及び手法

1）発酵小豆の作製方法の確立

北海道産小豆（高鍋商事株式会社）、乾燥米麴（東海酒造株式会社）を1:1の割合で使用した。小豆は渋きり処理後、圧力鍋で加熱し乾燥米麴と混合して発酵を行った。発酵条件として温度と時間が糖度に与える影響を検討した。発酵時間の比較では、発酵温度60℃に設定し、8、12、16時間で発酵を停止した後、発酵開始から24時間における糖度を測定した。

2）発酵小豆の食後血糖値変化について

健康な若年女性13名を対象に、研究内容を説明後、研究参加への同意を得て試験を実施した。被検者は、試験前日21時までに夕食を摂取

し、それ以降は水以外の飲食は禁止した。試験当日、朝9時に空腹時血糖値を測定後、試験食を摂取し食後60分までは15分ごとに、60分から120分までは30分ごとに血糖値の変化を測定した。朝食のパターンは、①発酵小豆80gと食パン（フジパン株式会社）6枚切り1枚、②

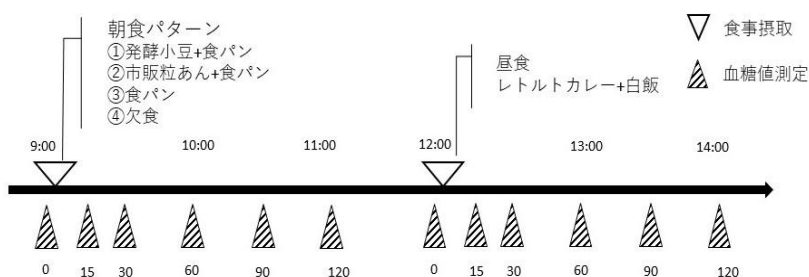


図1. 血糖値測定タイムテーブル

市販粒あん（井村屋グループ株式会社）80g と食パン 6 枚切り 1 枚、③食パン 6 枚切り 1 枚、④欠食の 4 パターンとした。昼食は 12 時に摂取し、サトウのごはん（サトウ食品株式会社）200g とボンカレーゴールド中辛（大塚食品株式会社）180g とした。昼食後も、朝食摂取後と同様に血糖値を測定した（図 1）。試験期間中に摂取する水は 500ml 以内とした。血糖値の測定は FreeStyle リブレ 2（Abbott 社）を使用し、評価指標として各試験食摂取後の最高血糖上昇値（ Δc_{max} ）および血糖上昇曲線下面積（IAUC）を比較した。各試験食においてクロスオーバー試験を実施した。

（3）研究成果

1）発酵小豆の作製方法の確立

複数の条件下で検討を行った結果、いずれも外観に大きな違いは見られなかった（図 2）。発酵温度が高いほど、糖度の上昇が早く進行するが、最終的な糖度は 60℃で発酵させた場合に最も高かった（図 3）。発酵時間ごとの糖度は、8 時間、12 時間、16 時間でそれぞれ、43.3%、45.3%、38.8%であり、12 時間の発酵が最も高い糖度を示した。次に、使用する米麴の量を 30%減らして検討したところ、糖度は著しく低下した。以上の結果から、小豆と麴を 1：1 の割合で、60℃で 12 時間発酵させる条件が適していると考えられる。



図 2．発酵小豆

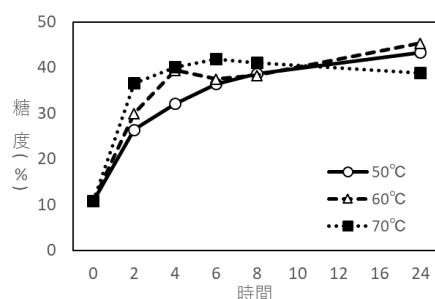


図 3．発酵温度と糖度の関係

2）発酵小豆の食後血糖値変化について

発酵小豆と市販粒あんを摂取後の血糖値変化を比較した。食後の最高血糖上昇値（ Δc_{max} ）（図 4）および、血糖値上昇曲線下面積（IAUC）（図 5）は、両群間に有意な差は認められなかった。

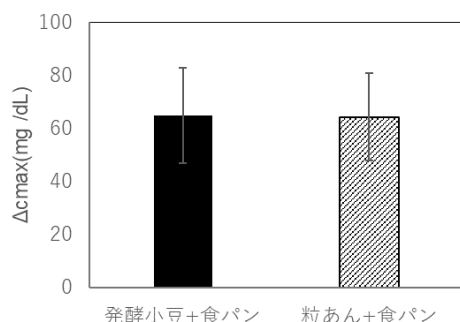


図 4．血糖上昇値の比較

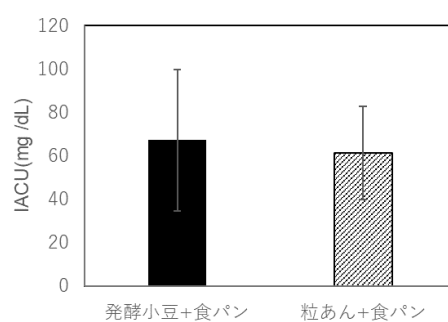


図 5．血糖上昇曲線下面積の比較

昼食（セカンドミール）摂取後の血糖値変化について、朝食を欠食した場合と比較して、発酵小豆もしくは粒あんを摂取をした場合の方が、最高血糖上昇値（ Δc_{max} ）が有意（ $p < 0.05$ ）に低値を示した。一方、発酵小豆と市販粒あんを比較した場合、有意差は認められなかった（図 6）。血糖上昇曲線

下面積（IAUC）は、朝食に食パンのみを摂取した場合と比較して、発酵小豆を摂取した場合の方が有意（ $p<0.05$ ）に低値を示した（図7）。

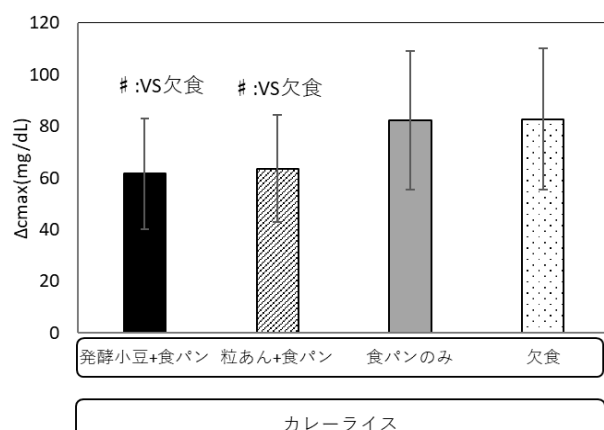


図6. 昼食後血糖上昇値の比較

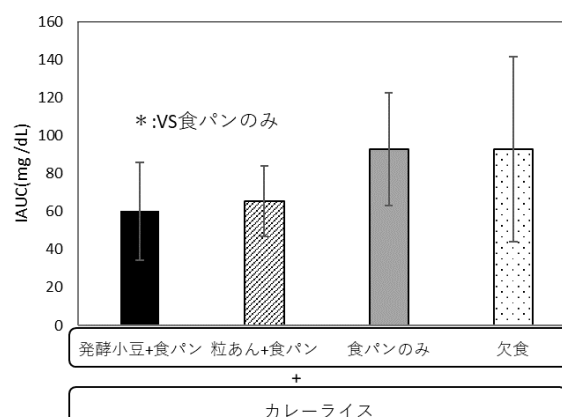


図7. 昼食後血糖上昇曲線下面積の比較

発酵小豆は一般的な粒あんとは異なり、砂糖を使用せず、米麴に含まれる酵素の作用を利用して甘みを出す食品である。砂糖は使用しないものの、米麴を使用することから、糖質量を大幅に削減することは難しく、そのため市販の粒あんと比較して、食後血糖上昇に有意な差が認められなかったと考えられる。しかし、朝食時に食パンのみを摂取した場合と比較して、発酵小豆を摂取することで粒あんと摂取した場合よりも、昼食摂取後の血糖値変動を緩やかする傾向が認められた。

（4）今後の課題及び対応

発酵小豆の安定した作製条件として発酵温度と時間を検討した。近年注目が高まっている発酵小豆は、使用する小豆や米麴の種類によって出来上がりの食味が大きく異なる。今後は、官能評価を実施し、多くの人の嗜好に適した作製方法を確立することで、小豆の利用促進につながることを期待できる。また、発酵小豆の機能性について、食後血糖値上昇への影響を検討した結果、セカンドミール摂取後の血糖上昇を抑制する効果が示された。今後は、発酵小豆に含まれる糖の種類やポリフェノールなどの機能性成分、さらに発酵によって生じる腸内環境に影響を及ぼす成分を分析することで、さらなる機能性の解明が期待できる。本調査研究における臨床試験は、血糖値の測定に留まったが、インスリンをはじめとする血糖調節因子を検討し、より詳細な血糖コントロールのメカニズムが明らかにすることで、発酵小豆の摂取が多くの人の健康に役立つ可能性が高まると考えられる。