

食後血糖上昇抑制効果を有する豆粉パンの開発とその有効性の検討

博士前期課程 食物栄養学専攻 篠倉美香

【背景・目的】

IDF(国際糖尿病連合)によると、現在糖尿病有病者数は5億3,700万人に上り、2019年に発表された有病者数から7,400万人増加している。日本でも、糖尿病が強く疑われる者の割合は男性約2割、女性でも約1割にのぼり(令和元年国民健康・栄養調査結果より)、健康的な食習慣を含む生活習慣の改善は喫緊の課題である。

豆類は、タンパク質、ビタミンやミネラルなどの微量栄養素及び食物繊維を豊富に含む健康食材として知られている。特に、大豆は、でんぷんをほとんど含まない低GI食品として、糖尿病の栄養管理にも利用されている。一方、大豆以外のでんぷんを多く含む豆類の血糖上昇抑制効果についてはあまり知られていない。

本研究では、7種の豆類(あずき、青えんどう、金時豆、大豆、手亡、ひよこまめ、レンズまめ)の微粉末を用いたパンを作製し、それらを摂食した後の血糖及び血清成分(インスリン)変動を調べるとともに、食後血糖に影響を及ぼす要因について検討を行った。また、給食などで利用できる実用的な豆粉パン開発のための基礎知見を得るため、各種パンの嗜好性、物性、香気成分についても分析し、それらの有用性について総合的に検討した。

【方法】

本試験は、神戸女子大学に在籍する20代の健康な女子学生を対象に、自己血糖測定器を用いた血糖測定(8名)(以後、自己試験という)及び、0病院での採血による血糖・インスリン測定実験(5名)(以後、病院試験という)を行った。なお、すべての試験は、神戸女子大学「人間を対象とする研究倫理委員会」、0病院倫理委員会の承認を受けて実施した(2019年7月~2022年1月)。

すべての試験で用いた基準食(小麦粉パン)と検査食(7種の豆粉パン:小麦粉の20%を豆微粉末に置換)は、いずれも1食分の糖質を約50gに調整した。自己試験では、それらを摂食後の血糖変動を日本GI研究会の血糖測定プロトコルに基づいて調べた。また、病院試験では、基準食と検査食(3種の豆粉パン:小麦粉の20%を豆(金時豆、大豆、レンズまめ)微粉末に置換)を摂取直前と、摂取開始から30、60、90分及び120分後に採血を行い、血糖値とインスリン値を測定した。

試験で得られた同一時間帯の2群間(基準食と検査食)の血糖値、血清成分変化、上昇曲線下面積(Incremental area under the curve, IAUC)、その他の動態パラメーター(Δ 血糖値、 ΔC_{max} , T_{max} , GI)は、統計処理検定を行った。データの集計及び解析には、Excel 2016(Microsoft)を用い、統計処理には統計ソフト(IBM SPSS Statistics 27.0.1)を使用した。同一時間帯の2群間(基準食と検査食)の血糖値についてはWelchのt検定を行い、有意確率が0.05未満の場合に有意差があると判定した。また、その他の差の検定には多重比較検定のTukey-Kramer法を用い、有意水準は5%未満とした。

食後血糖に影響を及ぼす要因についての検討では、豆粉の α -グルコシダーゼ阻害活性及び各種パンの凍結乾燥粉末中の4種類のでんぷん(RDS: Rapidly Digestible Starch, SDS: Slowly Digestible Starch, TDS: Total Digestible Starch, RS: Resistant Starch)の分

析を行った。でんぷん定量には、消化性/難消化性澱粉測定キット(Megazyme 社)を用いた。

各種豆粉パンの嗜好性は、「色」「香り」「食感」「味」「総合評価」の5項目について、基準食をもとに両極性7段階の間隔尺度で評価する相対比較法により評価した。物性評価は、焼成後1時間放冷した各種豆粉パンの比容積を菜種置換法にて測定するとともに、圧縮強度・破断強度をテクスチャーアナライザー(英弘精機(株), TA.XT.plus)を用いて測定し、小麦粉パンのそれと比較した。また、嗜好性に関与する匂い成分分析をTDS-GC/MS-ODP3(Agilent Technology社/Gestel社, 7890B/5873)を用いて行った。尚、差の検定には嗜好調査においてはWilcoxon符号付順位和検定を、各種物性試験においてはWelchのt検定を用い、有意水準は5%未満とした。

【結果・考察】

自己試験では、同一時間帯における基準食と検査食の比較において、大豆及びあずき粉パン摂取90分後、ひよこまめ粉パン摂取120分後の血糖値が有意に低値であることが確認できた(いずれも $p < 0.05$)。また、算出したGIによる比較では、基準食(100)に比べ、大豆粉(77 ± 14)、ひよこまめ粉(74 ± 13)、レンズまめ粉(69 ± 25)パンが低値を示したことから(いずれも $p < 0.05$)、これら豆粉パンは血糖を上昇させにくいことが示唆された。

基準食と検査食の血糖値の多重比較検定では、検査食間において、血糖値を上げやすい傾向が見られたえんどう粉パンに対し、大豆粉パン($p < 0.01$)、あずき・ひよこまめ・レンズまめ粉パン($p < 0.05$)は摂食後の血糖上昇抑制が認められたが、基準食と検査食間では差はなかった。一方、病院試験でも、基準食と検査食間に有意な差は見られなかった。

食後血糖に影響を及ぼす要因についての検討では、各種豆粉中の α -グルコシダーゼ阻害活性は検出されず、豆粉パン中のデンプンの種類・含有量と血糖値の間にも相関は認められなかった。従って、豆粉パン間の血糖値の違いは、 α -グルコシダーゼ阻害活性を有する成分やデンプン種に起因してないことが明らかになった。

嗜好調査で有意に好まれた豆粉パンは、あずき(味・総合評価)、大豆(色・食感・味・総合評価)及びひよこまめ(味・総合評価)粉パンで、有意に好まれなかったのはえんどう(色・香り)、金時豆(香り)、レンズまめ(味・総合評価)粉パンであった。

豆粉パンの比容積は、基準食に比べて、あずき、えんどう、大豆、手亡粉パンで小さかった($p < 0.05$)。すべての豆粉パンのクラム圧縮強度は基準食に比べて高く($p < 0.01$)、クラスト破断強度は、あずき及びレンズまめ粉パンが低かった($p < 0.05$)。また、これら物性試験データと血糖値・嗜好調査結果の間には相関が認められなかった。

嗜好性に関与する匂い成分分析により、最も嗜好性が低かったレンズまめ粉パンに、1-ヘキサノール、ヘキサナール及び2-ペンチルフランのような豆臭さを感じさせる香気成分が顕著に多く含まれることが確認された。

【結論】

豆粉パン摂食後の血糖変動は、添加した豆粉の種類によって異なっていた。今回、血糖上昇に影響を及ぼす要因の特定はできなかったものの、豆粉パン(あずき、大豆、ひよこまめ、レンズまめ)の血糖上昇活性には、 α -グルコシダーゼ阻害活性を有する成分や豆粉デンプンの種類・含有量に関与せず、これらの豆に含まれるフラボノイド、ペプチド、非デンプン性オリゴ糖等の成分が血糖上昇抑制効果を有することが推察された。

本研究結果から、小麦粉の20%をあずき、大豆、ひよこまめ微粉末で置換することにより、血糖上昇抑制効果及び嗜好性の高い豆粉パンを開発できる可能性が示唆された。