

(16-5) 新規開発した低糖質パンの食後血糖推移とセカンドミール効果

中塚 康雄、中塚 実知代（日本低糖質パン協会 兼 石窯・天然酵母パン アンリエット）
金本 郁男（城西大学薬学部 医薬品安全性学） 坂根 みち子（坂根Mクリニック）

【目的】 第14回本研究会で「食物繊維やミネラルの豊富なカロリーオフ低糖質パンの開発」について報告したが、その検討内容はカロリー、糖質ともに下げたいという開発意図のため、結果的に十分な低糖質化を図ることはできなかった。その後、製パン材料の選定や配合設計を見直し、難消化性デキストリンや増粘多糖類等の添加物を用いず自然派素材と天然酵母発酵技術によってパンとしての美味しさを兼ね備えた低糖質パンの研究開発に取り組み、可食部 100g あたり糖質 5g 以下のスーパー低糖質パンと高β-グルカン大麦粉を配合した同糖質 10g 以下のマイルド低糖質パンを開発し、食後血糖スパイク抑制効果やセカンドミール効果を明らかにしたので報告する。

【方法】 被験者は、中塚康雄（男性、65歳、身長：170cm、体重：70kg、BMI：24.2kg/m²、空腹時血糖：100-110mg/dL、HbA1c(NGSP)：6.0）と中塚実知代（女性、65歳、身長：150cm、体重59kg、BMI：26.2kg/m²、空腹時血糖：100-110mg/dL、HbA1c：6.1）の2名とした。試験食は、①米飯（基準食）、②高糖質パン（比較1）、③全粒粉パン（比較2）、④マイルド低糖質パン（試験1、大麦15%配合）、⑤スーパー低糖質パン（試験2）の5種類とし、水200-300mLと同時に摂取した。栄養成分分析結果を表1に示す。糖質を12.5gに揃えた条件とカロリーを280kcalに揃えた条件で食後血糖推移を測定した。大麦に含まれる(1-3)、(1-4)-β-グルカン摂取量によるセカンドミール効果を評価するために、マイルド低糖質パンの大麦配合比率を0%、15%、30%の3条件に変化させ、全粒粉パン及びスーパー低糖質パンと併せて、第1食後～第2食後（全条件：高糖質パン280kcalを摂取）の血糖推移を測定した。セカンドミール効果の比較試験条件を表2に示す。大麦配合比率15%マイルド低糖質パンのβ-グルカン含有率（分析値）は、0.9wt%であった。大麦配合比率30%のそれ（計算値）は、1.8wt%とした。被験者は、試験日前日21時から摂食試験開始まで水分と食物の摂取を控えた。試験日当日は朝7時に起床し、摂食試験を朝8時から開始した。摂食開始前及び開始後15、30、45、60、90、120、180分後の合計8回、指先を穿刺し、血糖値を酵素法（グルコカードGブラック、アークレイ株）で測定した。試験食摂取後の経時的血糖値から食前値を差し引いた値をそれぞれΔ血糖値とした。摂食開始後180分までの濃度推移の最高値をΔCmaxとした。血糖上昇曲線下面積（Incremental area under the curve：IAUC）は、台形公式により算出し、これらを動態パラメーターとして被験者2名の平均値で解析評価した。

【結果】 ΔCmaxと血糖値IAUCに及ぼすカロリーと糖質の影響を検討した結果、パンについてもカロリーの影響は小さく、糖質の影響が大きいことを確認した（図1,2参照）。全粒粉パンは高糖質パンと比較すると低位な傾向が認められた。大麦配合比率を変化させたマイルド低糖質パン3条件を含め5種類の試験食パンについて第1食目～第2食目まで連続して食後血糖推移を測定した結果（図3参照）、低糖質パン条件では第1食後の指標に大差はないが、第2食後の各種指標に顕著な差異が認められた。スーパー低糖質パンのΔCmaxは全粒粉パンと同レベルの150mg/dL近くまで上昇するが、大麦を配合したマイルド低糖質パンのΔCmaxは100mg/dL前後に抑制された。血糖値IAUCで比較しても、大麦を配合したマイルド低糖質パンが最も食後血糖抑制効果が大きいことが明らかとなった（図4参照）。

【考察】 本研究により、食後血糖スパイク抑制効果や血糖値IAUC低減効果の大きい低糖質パンの基本設計技術を構築できた。食味や満腹感についても満足できるレベルであった。毎回摂食できる場合はスーパー低糖質パンでも良いが、昼食を外食（高糖質食）で済ませる場合には朝食時に大麦配合マイルド低糖質パンを摂食することが一日を通しての血糖管理に有効と思われる。今後、低糖質パンの最適設計化による製造技術の標準化と低コスト化を検討し、日本低糖質パン協会を通じて、エビデンス（科学的根拠）に基づいた低糖質パンの普及活動を展開していく予定である。

表1 試験食の栄養成分分析結果（可食部100gあたり）

No.	区分	カロリー (kcal)	蛋白質 (g)	脂質 (g)	糖質 (g)	食物繊維 (g)
①	米飯 (基準食)	150	2.3	0.1	33.3	0.3
②	高糖質パン (比較1)	270	8.6	4.0	48.8	2.2
③	全粒粉パン (比較2)	217	9.9	2.1	37.2	4.7
④	マイルド低糖質パン (試験1, 大麦15%)	235	23.5	10.5	9.5	4.2
⑤	スーパー低糖質パン (試験2)	257	25.2	14.5	4.2	4.6

表2 セカンドミール効果比較試験条件

No. 区分		β-グルカン 含有率	280kcalに揃えた摂食条件		
			摂食量	糖質	β-グルカン摂取量
③全粒粉パン		0%	129g	48.0g	0g
④マイルド 低糖質パン	④-1:大麦 0% (試験)	0%	114g	6.5g	0g
	④-2:大麦 15% (基準)	0.90% (分析値)	119g	11.3g	1.07g
	④-3:大麦 30% (試験)	1.80% (計算値)	125g	16.6g	2.14g
⑤スーパー低糖質パン		0%	109g	4.6g	0g

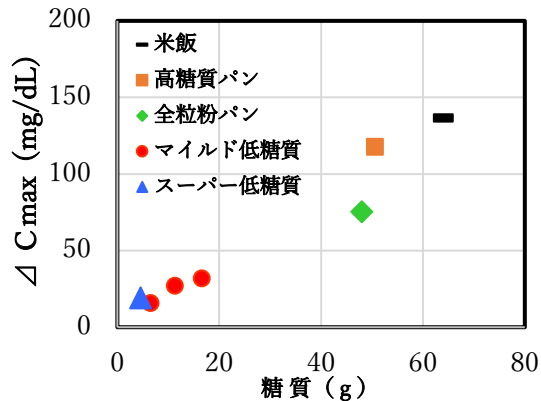


図1 280kcal摂食時糖質と ΔC_{max} の関係

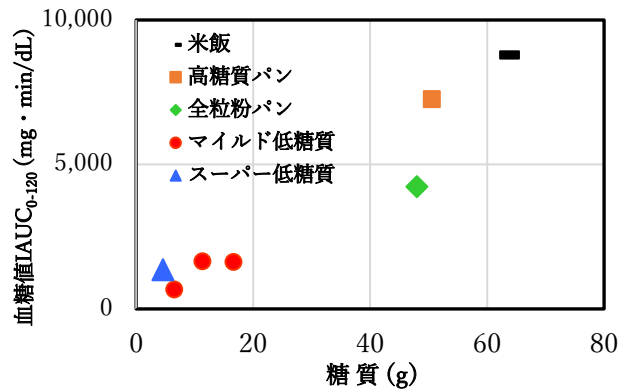
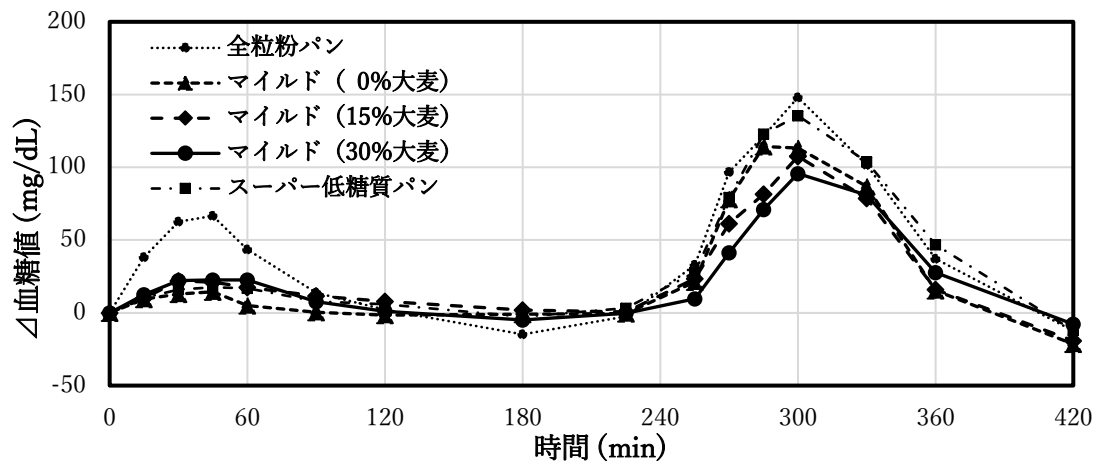
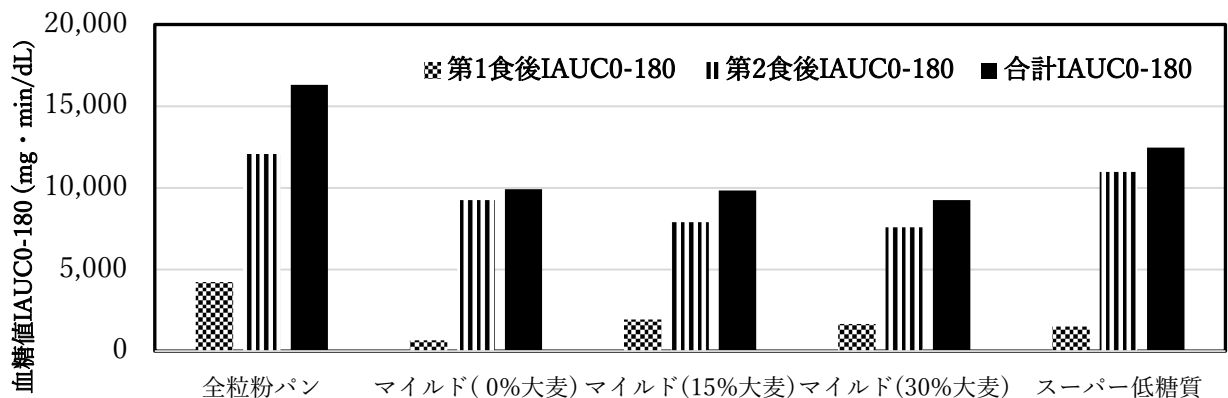


図2 280kcal摂食時糖質と血糖値IAUCの関係



[第1食目; 280kcal 同一条件 → 第2食目; 全て高糖質パン 280kcal]

図3 摂食後 Δ 血糖値の経時変化（第2食目; 240min後摂食開始）



第1食目試験食5種類（280kcal同一条件） → 第2食目; 全て高糖質パン280kcal

図4 試験食における第1食～第2食摂取後血糖値IAUC₀₋₁₈₀の比較

第16回日本 Glycemic Index 研究会 プログラム

会場：東京慈恵会医科大学 開催日：2017年 7月 9日（日）

< プ ロ グ ラ ム >

一般演題：13:05～14:29（1席当り、発表10分・質疑2分）

（16-1）健常者における麦飯と主菜の併用による食後血糖上昇の検討

杉原 聡子（東京慈恵会医科大学附属病院 栄養部）

（16-2）耐糖能異常者における野菜ジュース食前摂取による食後血糖上昇抑制効果の検討

小山 智美（株式会社日本アポック）

（16-3）長芋とろろの摂取量の違いが食後血糖値に及ぼす影響

笹川 真奈（城西大学 薬学部 医薬品安全性学）

（16-4）高β-グルカン配合食品のご飯、パン、うどんにおける食後血糖変動の比較

林 純平（済生会横浜市東部病院 栄養部）

（16-5）新規開発した低糖質パンの食後血糖推移とセカンドミール効果

中塚 康雄（石窯・天然酵母パン アンリエット兼日本低糖質パン協会代表理事）

（16-6）食品の血糖応答性簡易評価法（GR法）の開発

佐々木 一（神奈川工科大学 栄養生命科学科）

教育講演：14:30～15:30（講演55分・質疑5分）

（16-7）「穀類の摂取による食後血糖値の調節に関するエビデンス」

青江 誠一郎（大妻女子大学 家政学部 教授）

特別講演：16:15～17:30（講演75分）

（16-8）「動脈硬化予防のための生活習慣病管理」

横手 幸太郎（千葉大学医学部附属病院 副病院長・千葉大学大学院 教授 医学博士）