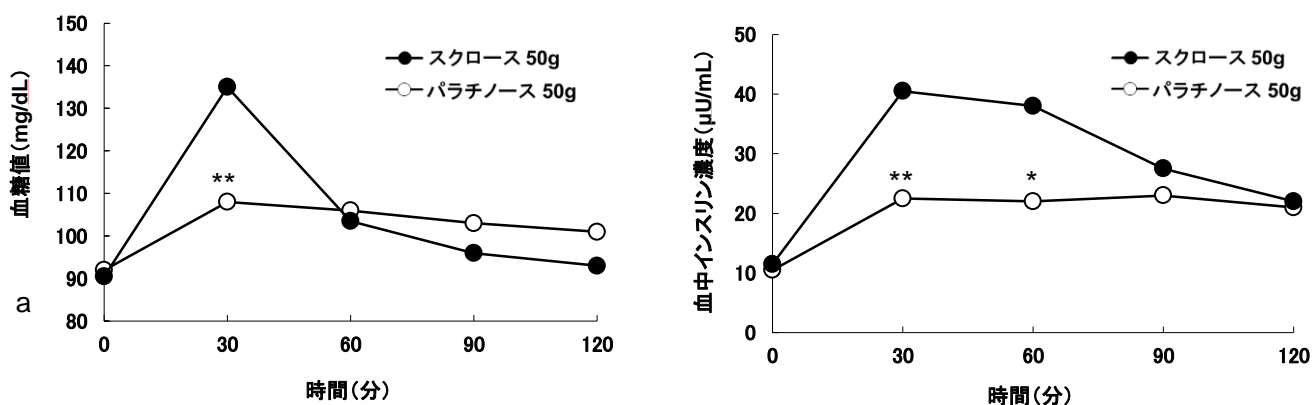


7. 摂取後の血糖値変化

パラチノースは小腸のイソマルターゼにより、グルコースとフルクトースに分解され消化吸収されます。この酵素反応はゆっくり進むため、パラチノースの消化吸収速度は遅く、スクロースの約 1/5 とされています¹⁸⁾。パラチノースは摂取した際の血液中へのグルコースの流入が穏やかであり、血糖値やインスリン分泌の急激な変化を引き起こしません¹⁹⁾²⁰⁾。

7-1. 血糖値の緩上昇性・インスリン分泌抑制

健康なボランティア 10 名に、50 g のパラチノースまたは 50 g のスクロースを摂取してもらい、摂取後の血糖値および血中インスリン濃度の変化を調べるという試験が行われています。試験の結果、スクロース摂取後の血糖値（血中グルコース濃度）は摂取 30 分後にピークを示し、90 分後にはほぼ初期値まで低下しました。それに対し、パラチノース摂取後の血糖値はなだらかに上昇し、ピークがスクロースよりも有意に低く、また 120 分後の時点でも初期値より高く維持されていました（図 3）。血中インスリン濃度も血糖値と同様、スクロース摂取後は急激に上昇したのに対し、パラチノース摂取後はなだらかに上昇し、そのピークも有意に低くなりました¹⁹⁾²⁰⁾。



mean ± SE, *: p<0.05, **: p<0.01, (パラチノース群 vs.スクロース群), n=10

図 4 パラチノース 50 g 摂取後の健常者における
血糖値および血中インスリン濃度の経時変化

また、2型糖尿病のボランティア 10 名を対象として、健康なボランティアの場合と同様の試験が行われています。その結果、図 5 に示すように、摂取後 60 分までの血糖値および摂取後 90 分までのインスリン濃度が、スクロースを摂取した場合よりもパラチノースを摂取した場合の方が有意に低く推移するという結果が得られています²⁰⁾。

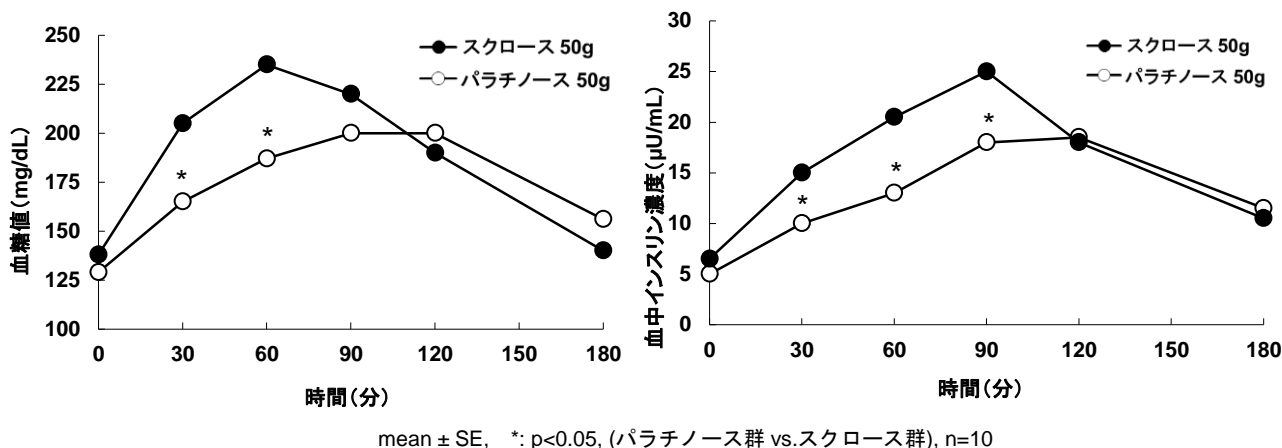


図 5 パラチノース 50 g 摂取後の 2 型糖尿病患者における血糖値および血中インスリン濃度の経時変化

中国でも中国人の健常者および糖尿病患者を対象とし、75 g のパラチノースあるいはスクロースを摂取してもらい、摂取前と摂取後 180 分までの血糖、インスリン、C-ペプチド、中性脂肪、総コレステロール、LDL コレステロールおよび HDL コレステロールを測定するという試験が行われています。その結果、健常者および糖尿病患者のいずれにおいても、血糖、インスリン、C-ペプチドがパラチノース摂取後において低値で推移しました²¹⁾。

また、シドニー大学のデータベース (<http://www.glycemicindex.com/>) では、パラチノースの GI (グリセミック・インデックス) ※は 32 (グルコースを 100 とした場合) と算出されています。

※GI は、その食品を摂取した場合にどれだけ血糖値を上昇させるかについての指標です。個々の食品を摂取した後、時間とともに変化する血中グルコース濃度曲線下面積を測定し、同じ質量の糖質を含む基準食品と比較して求められます。基準食品としては、主にグルコース 50 g か白パン 50 g が用いられます。

7-2. 他の糖質による血糖値上昇を抑制する効果

パラチノースは血糖値の急激な変化が生じないだけでなく、スクロースやグルコース、マルトース、デキストリン、可溶性デンプンなどと同時に摂取した場合に、これらの糖質の小腸での分解阻害や吸収阻害を通じ、これらの糖質による血糖値の上昇を抑制する効果があります²²⁾²³⁾²⁴⁾。

① スクロースおよびグルコースに対する血糖上昇抑制効果

スクロース 25 g とパラチノース 25 g を同時に摂取すると、スクロース 25g を単独で摂取した場合と比較して、摂取後 30 分の血糖値上昇の抑制傾向がみられました（図 6-a）。同様に、グルコースとパラチノースとの同時摂取により、グルコースを単独で摂取した場合と比較して血糖値上昇が抑制される傾向が確認されています（図 6-b）²²⁾²³⁾。

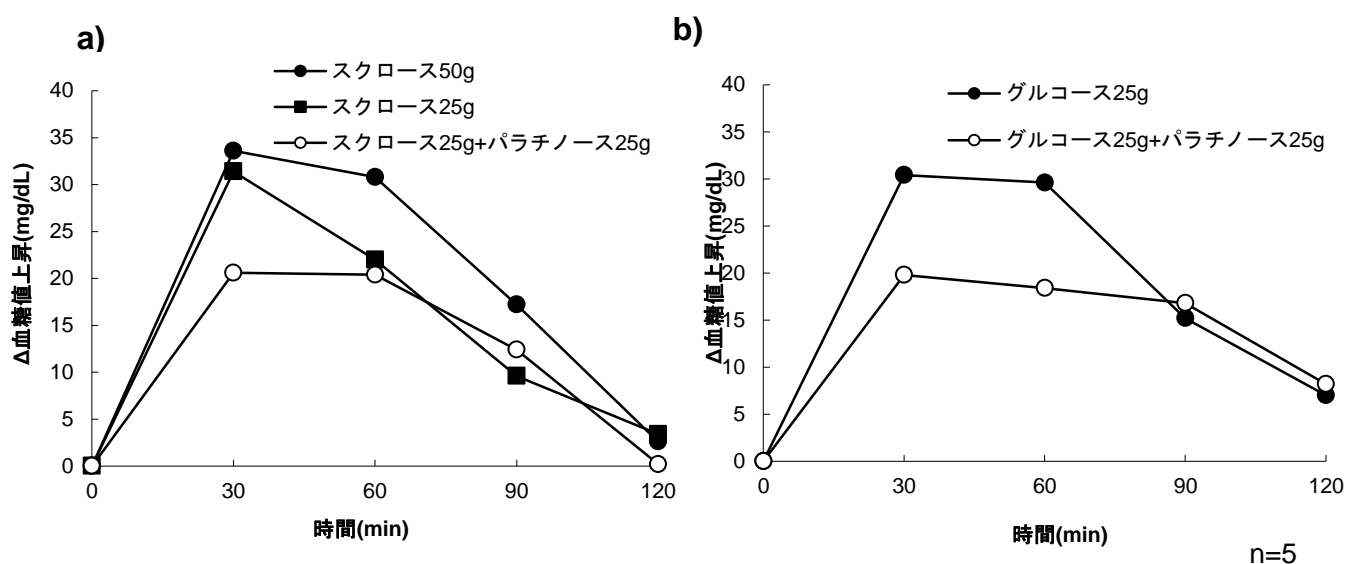


図 6 スクロースおよびグルコースに対するパラチノースの血糖値上昇抑制効果

ラットを用いた動物実験でも同様の結果が得られており、パラチノースと他の糖質との併用により血糖値のピークが低くなる、あるいは糖質量が増加しているのにも関わらず血糖値のピークが同程度であるという結果が得られています²⁵⁾。また、別のラットを用いた動物実験では、食後高血糖抑制効果のある素材として一般的に使用されている食物繊維を配合した糖液よりも、パラチノースを配合した糖液を投与した時の方が、摂取後の血糖値が低く推移することが報告されています²⁶⁾。

以上のことから、パラチノースは他の糖質と混ぜて使うことで、他の糖質による血糖値上昇も抑制し、糖質全体を低GI化することが可能であると考えられます。グルコースとパラチノースを合わせて50g摂取した場合、グルコースとパラチノースの割合を変化させると、摂取後の血糖値上昇曲線下面積が変化し、パラチノースの比率が高くなるに従って値が減少します(図7)。この試験で算出されたパラチノースのGIは44ですが、パラチノースとグルコースを半々に混ぜた糖質全体のGIも50以下であり、パラチノース単独のGIと大差がありませんでした。

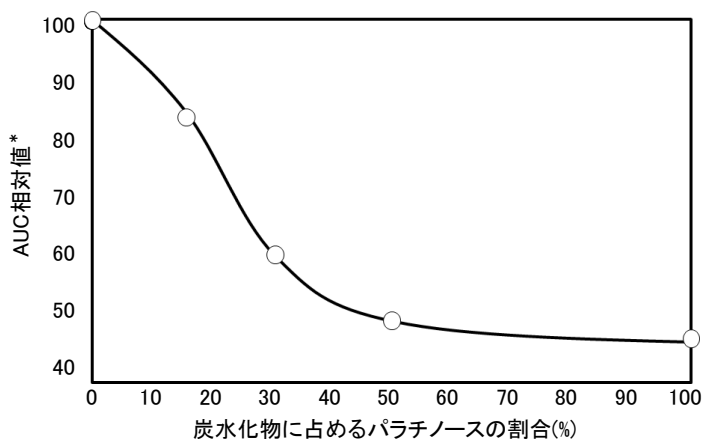


図7 グルコース中のパラチノース比率と血糖値上昇曲線下面積

* : グルコースを摂取したときのAUCを100としたときの相対値

② 調理時に甘味料として使用した際の血糖上昇抑制効果

甘味料としてパラチノースを米飯食の調理に使用することで、同じ量の砂糖で作った料理と比べ、血糖値が上がりにくくなることがわかっています。

スクロースまたはパラチノースで調理した丼物料理摂取後の血糖値変化を測定したところ、パラチノースで調理した料理摂取後の血糖値変化が砂糖の場合よりも抑えられることがわかりました（図8 a-b）。このときのインスリン分泌には糖質間で有意差が無かったことから、この抑制効果はインスリン分泌の増加に由来するものではありません⁸⁹⁾。

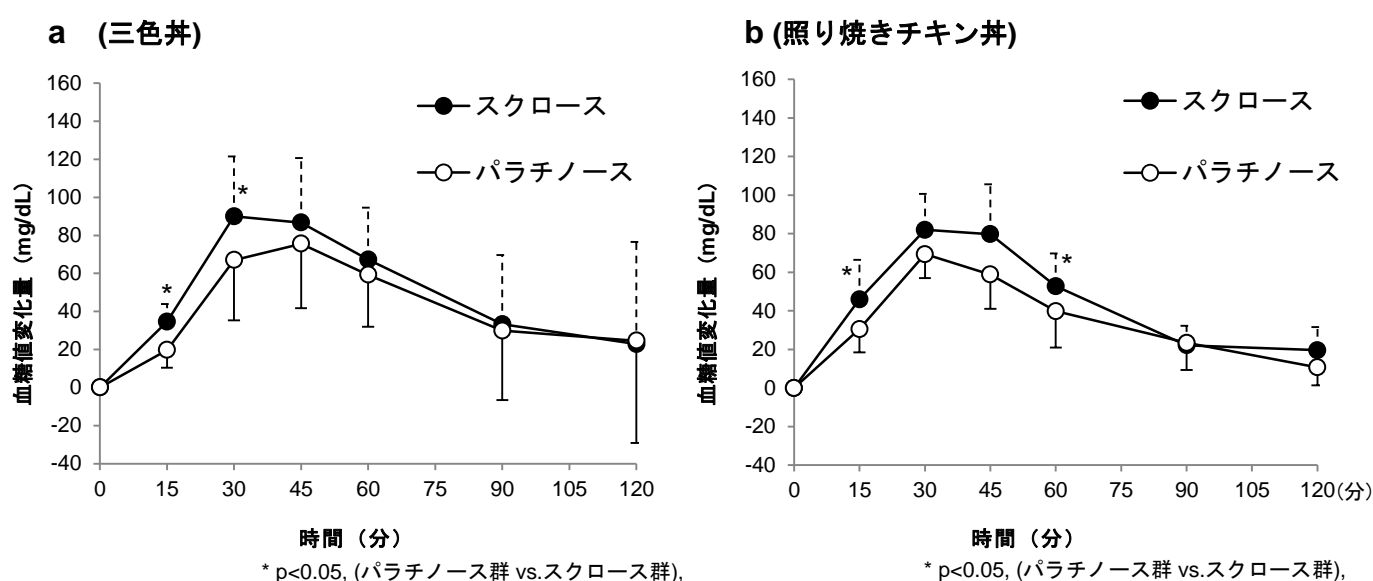


図8 スクロースまたはパラチノースで調理した米飯食摂取後の血糖値変化

【6.味質および調理特性】で紹介した惣菜の味質への影響についての報告も併せて考えると、パラチノースは砂糖と美味しさは同等ながら、食後の血糖値を上げにくい料理を作るために適しているといえます。その他の実用例については【13.実用例】もご覧ください。

7-3. 血糖値上昇抑制メカニズム

① グルコース吸収阻害効果

パラチノースはグルコースに対して、濃度依存的な吸収阻害効果を発揮することがわかっています。

パラチノースがグルコースによる血糖上昇を抑制するメカニズム解明のため、ラットの腸管を反転させてグルコースの移行速度を測定する試験が行われています（図 9-a）。この試験の結果、パラチノースのグルコース吸収抑制効果が濃度依存的である（グルコースに対するパラチノースの割合が増すほど強くなる）ことがわかりました（図 9-b）²⁷⁾。

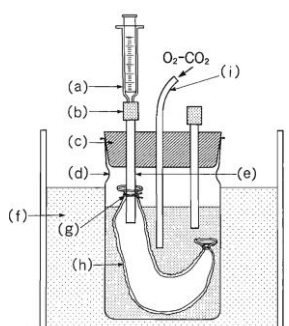


図 9-a 小腸におけるパラチノースのグルコース吸収阻害効果測定試験（概略図）

37°Cに保温したビーカー内に 20 mM グルコースのみの標準バッファー、または 20 mM グルコースに 1 mM、2.5 mM、5 mM いずれかの濃度のパラチノースを添加した標準バッファーを入れます。これにラットの小腸を裏返したものをチューブに取り付け、内部を標準バッファーで満たします。すると、時間とともにビーカー側（外液側）から反転腸管内（つまり、小腸の内側から外側）にグルコースが移行する（吸収される）ため、反転腸管内のグルコース濃度を経時的に測定することでグルコースの吸収速度と、パラチノース濃度が小腸でのグルコースの吸収速度に及ぼす影響を調査することができます。

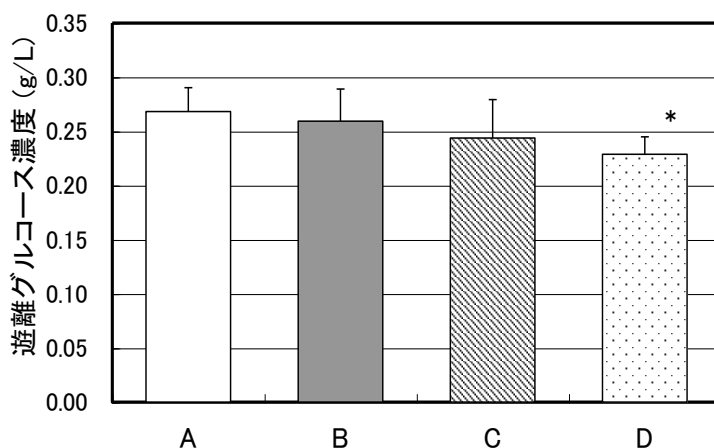


図 9-b 小腸におけるパラチノースのグルコース吸収阻害効果

A: 20mMグルコース C: 20mMグルコース+2.5mMパラチノース
 B: 20mMグルコース+1.0mMパラチノース D: 20mMグルコース+5.0mMパラチノース

② 糖質の分解抑制（ α -グルコシダーゼ阻害）効果

パラチノースはスクロースやデンプン由来の糖質（二糖類以上）を分解する α -グルコシダーゼに対して、阻害効果を示すことも明らかになっています。

パラチノースによるスクロース、マルトース、可溶性デンプン、デキストリンの分解阻害効果を調査するため、ラット小腸粉末由来酵素液を各糖質単独、あるいはパラチノースを添加した糖液に対して作用させ、遊離グルコース量が測定されています。試験の結果、パラチノースはスクロース、マルトース、可溶性デンプン、デキストリンの分解を抑制または抑制傾向にありました（表 4、5）²⁸⁾²⁹⁾。

表 4 パラチノースのスクロースおよびマルトース分解阻害効果

反応液中の糖濃度	遊離グルコース生成速度 (μ mol-glucose/tube/min)
28mMスクロース	0.262 \pm 0.002
28mMマルトース	2.198 \pm 0.042
28mMパラチノース	0.049 \pm 0.002
28mMスクロース+28mMパラチノース	0.230 \pm 0.005 ^{**}
28mMマルトース+28mMパラチノース	1.962 \pm 0.020 ^{##}

Mean \pm SEM

**28mMスクロースと比較 $p < 0.01$, ##28mMマルトースと比較 $p < 0.01$

表 5 パラチノースの可溶性デンプンおよびデキストリン分解阻害効果

反応液中の糖濃度	遊離グルコース生成速度 (μ mol-glucose/tube/min)
28mM可溶性デンプン [§]	1.504 \pm 0.097
28mMデキストリン [§]	1.535 \pm 0.101
28mMパラチノース	0.049 \pm 0.001
28mM可溶性デンプン [§] +28mMパラチノース	1.360 \pm 0.038
28mMデキストリン [§] +28mMパラチノース	1.278 \pm 0.079 [*]

Mean \pm SEM

[§]グルコース残基の濃度として28mM, * 28mMデキストリンと比較 $p < 0.05$.

精製したスクラーゼ-イソマルターゼ複合体を用いた同様の試験では、パラチノースはスクラーゼに対して濃度依存的な阻害効果を示しました（図 10）²⁹⁾。

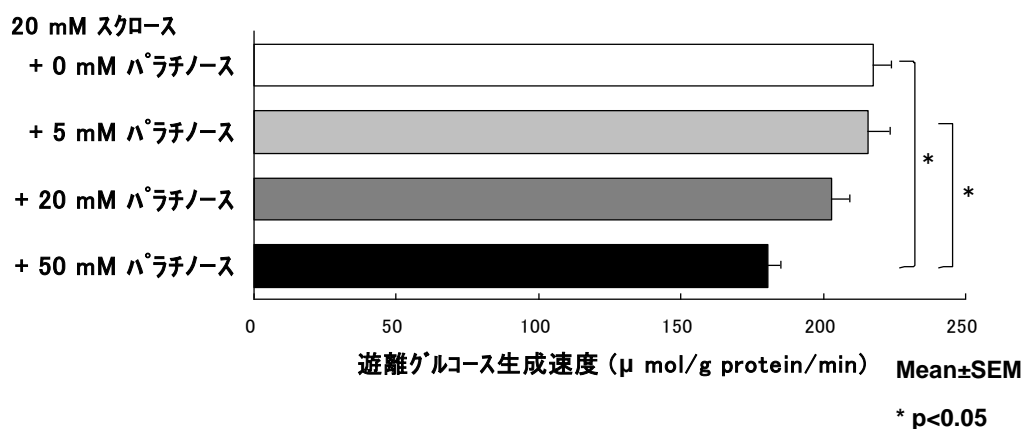


図 10 パラチノースのスクラーゼ阻害効果

7-4. セカンドミール効果

健常男性 7 名の試験によって、朝食時にパラチノースが配合された流動食を摂取すると、昼食後の血糖・インスリン値の上昇が抑えられるというセカンドミール効果^{*}についても報告されています⁵²⁾。

また、Wistar 系雄性ラット（11 週齢）にパラチノース・スクロース・生理食塩水（コントロール）を摂取させ、その 90 分後のグルコース投与の血糖変化を調べた試験では、コントロール群及びスクロース群に比べパラチノース群で有意に血糖値が低く、パラチノースはセカンドミール効果を有する糖質であることが報告されています⁶⁰⁾。

※最初に食べた食事内容が次の食事後の血糖値上昇に影響を及ぼす、という現象が確認されており、セカンドミール効果と呼ばれています。