

レジスタントスターチに着目した 2型糖尿病予防食品の開発

石川県立大学 生物資源環境学部 食品科学科 食品機能科学研究室

松本健司

**平成29年12月19日（火）
食品ネットワーク
アグリ技術シーズセミナー**

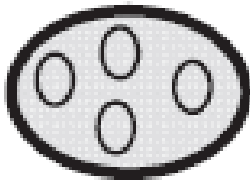
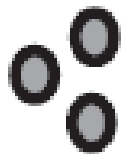
講演の内容

- ・レジスタントスターチの機能性
- ・レジスタントスターチ高含有小麦/大麦米に関する研究
- ・レジスタントスターチ添加「低GIうどん」の開発

レジスタントスターチの機能性

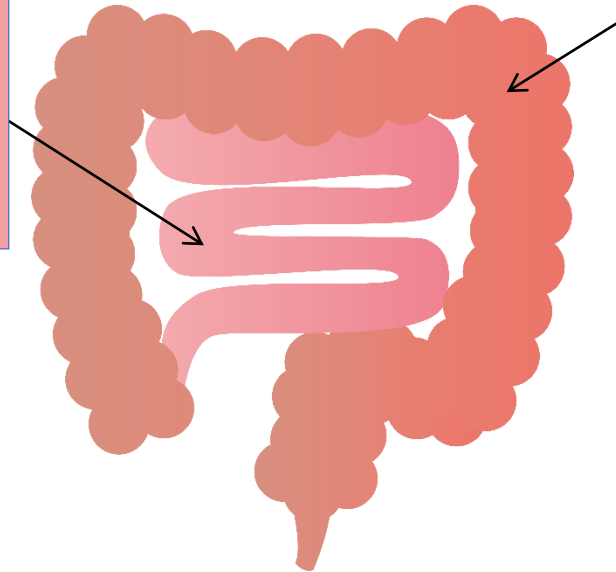
レジスタントスターチ(RS)とその種類

RSは消化酵素に耐性があるデンプンで、小腸ではほとんど消化されず大腸に届く

分類	模式図	定義	食品の例
RS1		細胞壁などで物理的に消化されない	全粒粉, 豆類, 粗粉碎穀類, パスタ
RS2		澱粉粒自体に耐消化性がある	未熟バナナ澱粉, 高アミロース澱粉, 未加熱の馬鈴薯澱粉
RS3		老化澱粉	ポテトサラダ, コーンフレーク, 冷ご飯
RS4		化工澱粉	架橋澱粉, エーテル澱粉

レジスタントスターチの機能性

- ・消化酵素で分解されにくいため小腸ではほとんど吸収されず、血糖値の上昇が緩やかになる。
- ・食物繊維と同様に脂肪の吸収を抑制する効果を持つ。



大腸で腸内細菌により発酵され酢酸、プロピオン酸、酪酸といった短鎖脂肪酸に変換される。短鎖脂肪酸は大腸から吸収されエネルギー源となる他、GPR41, GPR43のリガンドとなり、炎症や肥満などを抑制することが明らかになっている。

RSはセルロースやリグニンといった食物繊維とは異なり大腸内で微生物に効率的に利用される

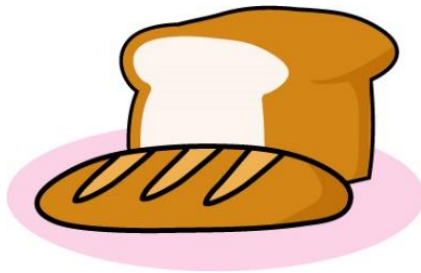
レジスタントスターチによる健康増進効果に必要な摂取量

EU圏での1日当たりの摂取量は3-6gであり、オーストラリアでは5-7gである。レジスタントスターチによる保健効果を得るためには1日当たり20g必要であると考えられている。

Food Research International 43 (2010) 931-942



**RSを含む主食を開発することで
必要なRS摂取が可能となる！**



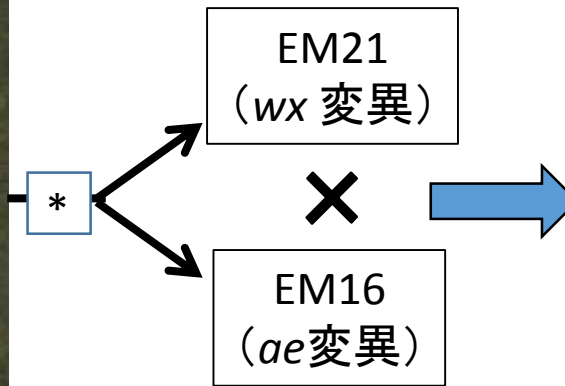
レジスタントスターチ高含有w_x/ae米に関する研究

*wx/ae*米について

九州大学の佐藤光先生により作成された



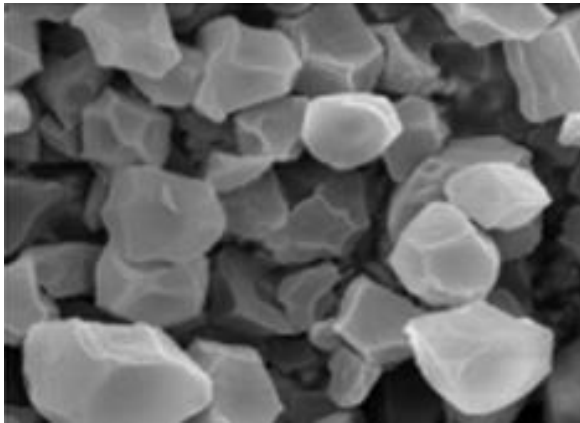
金南風
(WT)



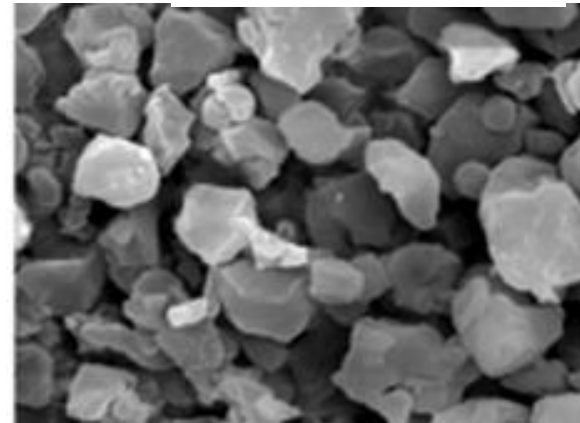
*N-メチル-N-
ニトロソウレア処理



AMF18
(*wx/ae*)



WTのデンプン粒子

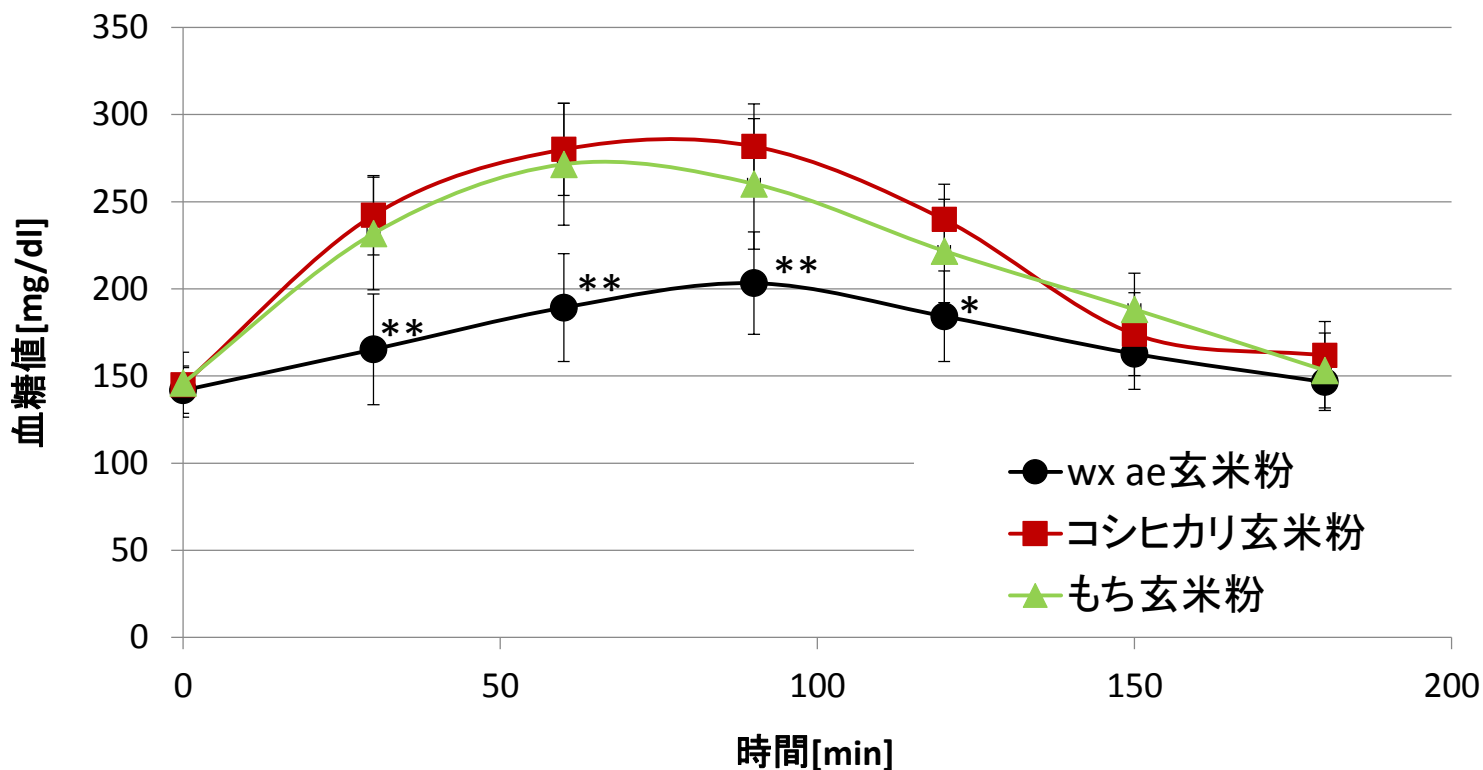


*wx/ae*米のデンプン粒子

***wx/ae*米のデンプン粒子は細かく密で結晶性が高く、難消化性を示す**

各玄米粉の経口投与による血糖値の変化

マウス: KK(2型糖尿病モデルマウス)、オス、8週齢、n=4
投与量: 1g/kg



* $P < 0.05$ で他2群と有意差有
** $P < 0.005$ で他2群と有意差有

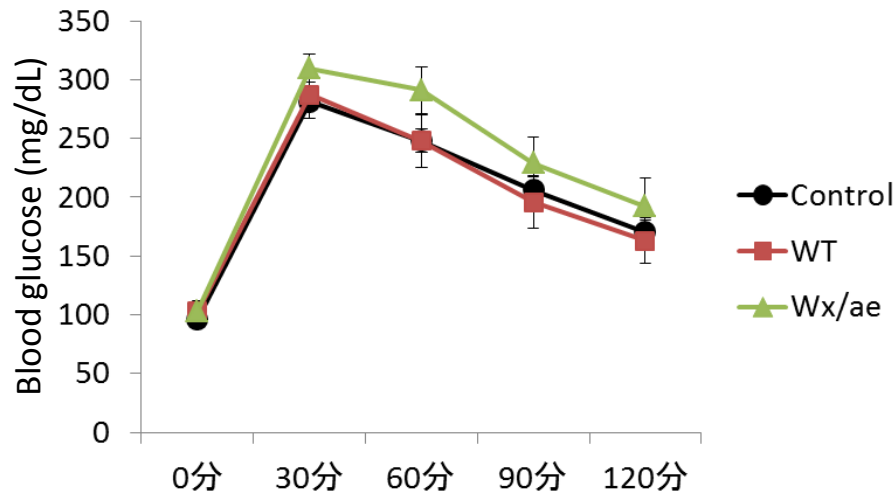
**wx/ae米はコシヒカリ、もち米に比べてRS含量が高いため
血糖値の上昇が緩やかである**

遺伝的背景を有する2型糖尿病モデルNSYマウスを用いた焙煎玄米の糖尿病予防効果の検討

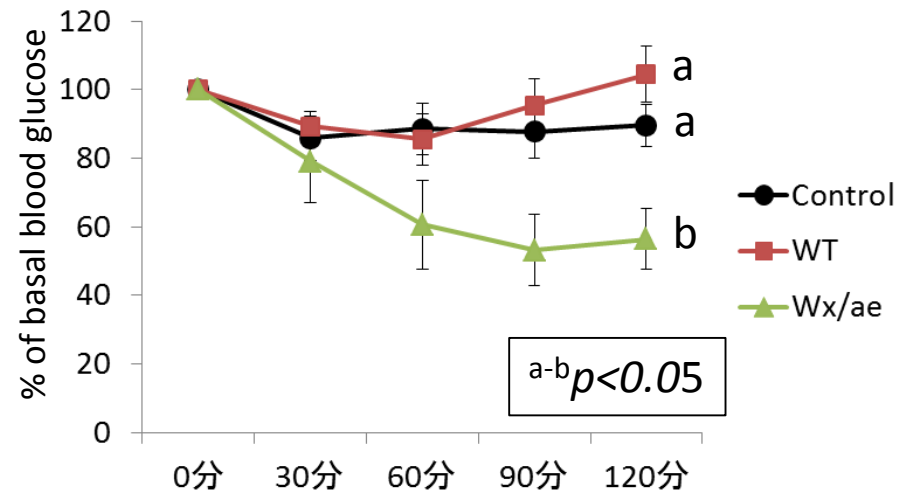
- ・ マウス：NSY系統、♂、6週齢。個別ケージで飼育し、1週間予備飼育後に体重、餌摂取量非空腹時血糖値を基に群分け
- ・ 飼料：リサーチダイエット社低脂肪食D12450Bをベースにし、各焙煎玄米粉30%配合（すべての飼料のタンパク質、脂質、糖質、熱量は揃えられている）
- ・ 実験群（各群 n=7）：コントロール群（D12450B食）、WT群、Wx/ae群
- ・ 試験期間：16週間

15週目における耐糖能試験(IPGTT)およびインスリン抵抗性試験結果

耐糖能試験(1g/kg体重投与)

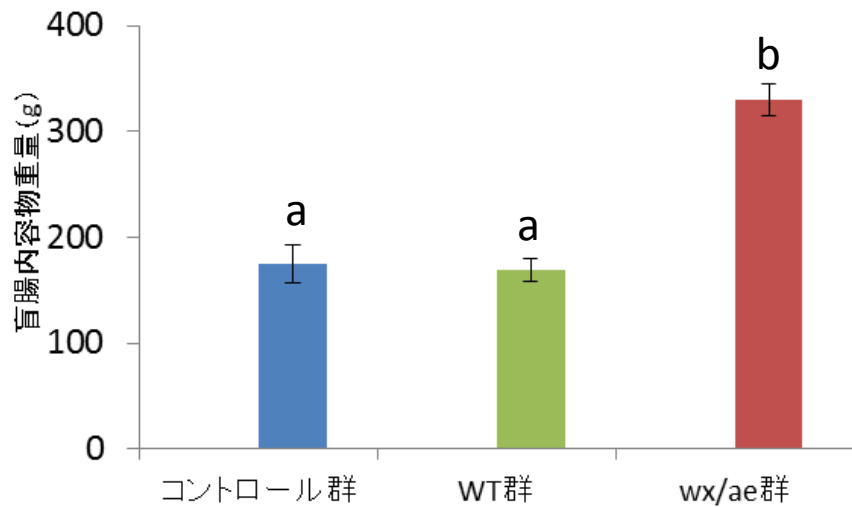


インスリン抵抗性試験(0.8U/kg体重投与)

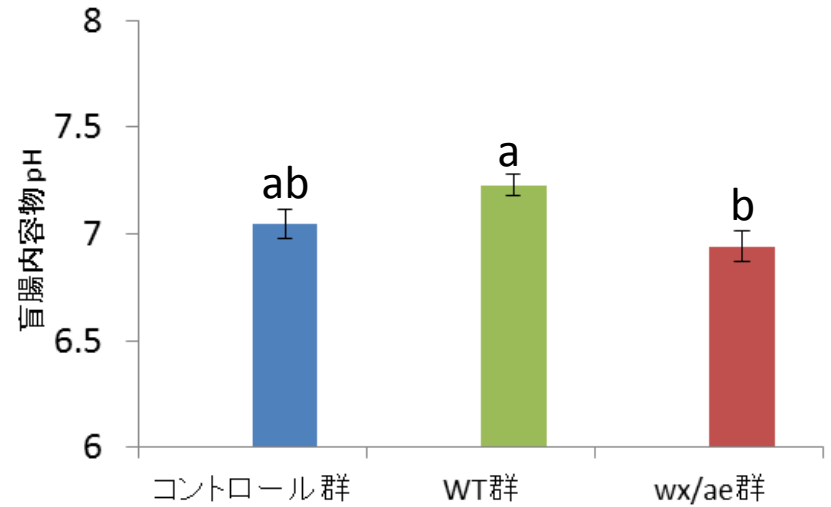


耐糖能試験では各群に差は見られなかったが、wx/ae群において2型糖尿病の原因であるインスリン抵抗性の悪化が他の2群と比較して有意に予防されていた

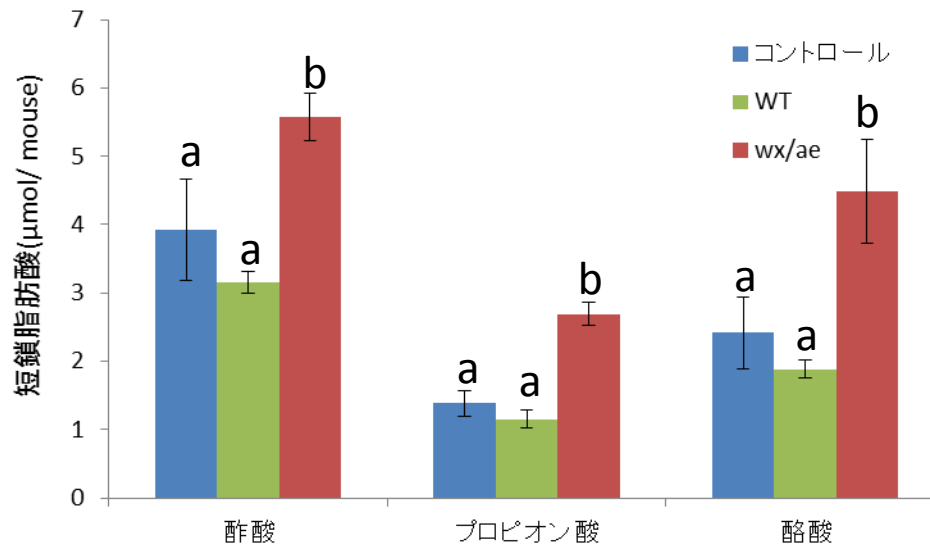
盲腸内容物データ



a-b $P < 0.01$



a-b $P < 0.01$



wx/ae焙煎玄米摂取で盲腸内容物の増加に伴う短鎖脂肪酸の増加が認められた

レジスタントスターチ添加「低GIうどん」の開発

うどんサンプルについて

コントロール
(さぬき)



RS添加うどん
(低GI)

Jオイルミルズ社の
アミロファイバーSHを添加

ゆで後の栄養成分

	さぬき	低GI
水分 (g/100g)	63.0	64.3
タンパク質 (g/100g)	3.5	2.9
脂質 (g/100g)	0.5	0.5
糖質 (g/100g)	31.0	29.9
RS (g/100)	<0.5	1.0
食物繊維 (g/100g)	1.2	1.7
灰分 (g/100g)	0.8	0.7
ナトリウム (mg/100g)	283	262
熱量 (kcal/100g)	145	139



凍結乾燥して動物実験に使用した

RS含量

	さぬき	低GI
凍結乾燥物 (%)	< 1.0	2.5

うどんの物性評価

調理方法: 冷凍品をボイル1分、氷水冷やし20秒。

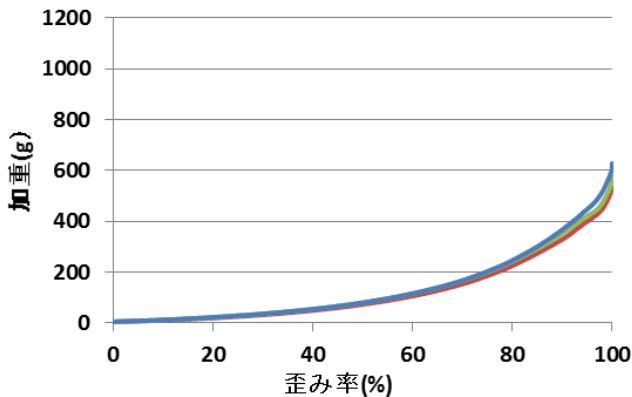
測定機器: テクスチャーアナライザー (Stable Micro Systems社 TA.XT.plus texture analyzer)

測定条件: 山電幅 30mmくさび型プランジャーNo. 49

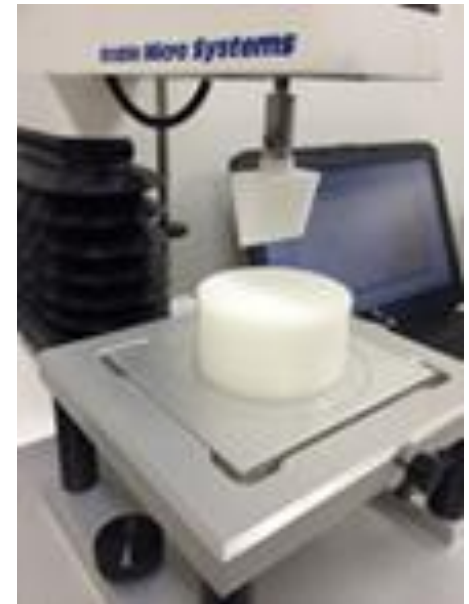
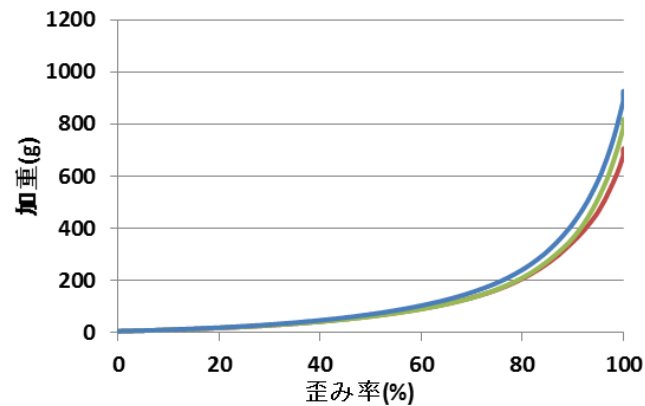
速度 1. 0mm/sec

100%破断試験

さぬき



低GI

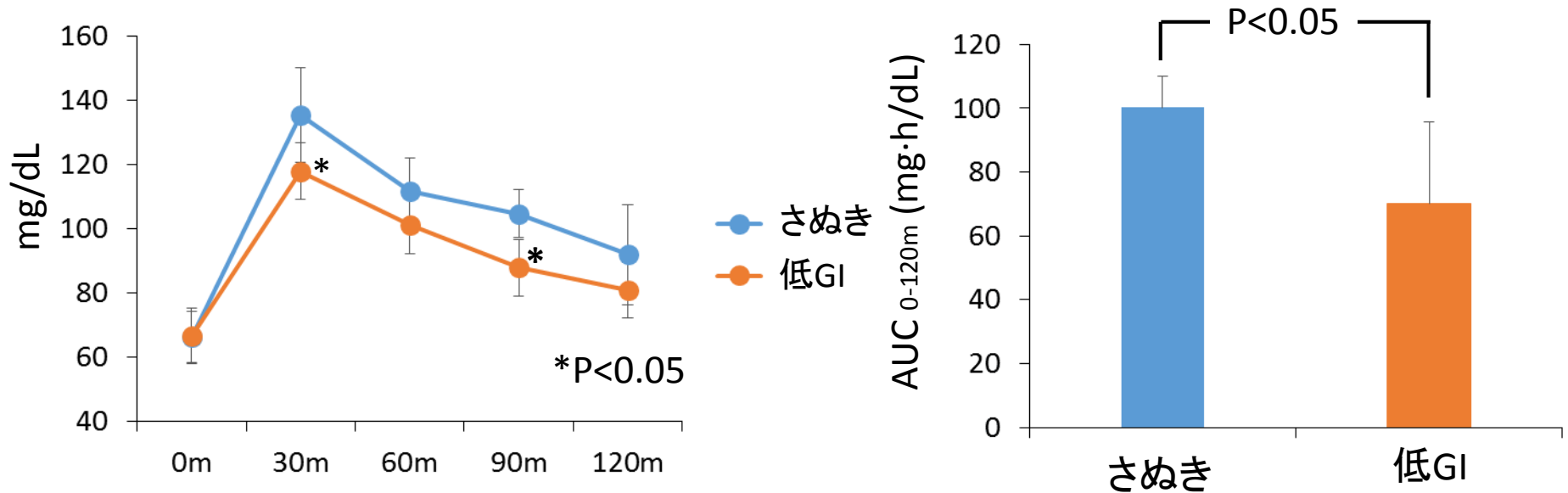


低GIうどんは讃岐うどんと食感は変わらず、物性値（波形）も近かった

単回投与時の血糖値上昇への影響

マウス: C57BL/6N、8週齢、オス、各群 n=6

投与量: 14時間絶食後、250mg/kg体重



低GIうどんはさぬきうどんに比べて血糖値上昇が有意に低い

血糖値の上昇を抑える「つゆ」に添加する素材

- ・ ロイシン、イソロイシンがインスリン非依存的に筋肉へのグルコース取り込みを促進
- ・ アミノ酸、ペプチドはGLP-1を介した血糖値上昇抑制効果を有する



アミノ酸、ペプチド含量の高いイーストエキス21-NYP(富士食品工業)を「つゆ」に添加する素材として選択(以下酵母エキスと表記)

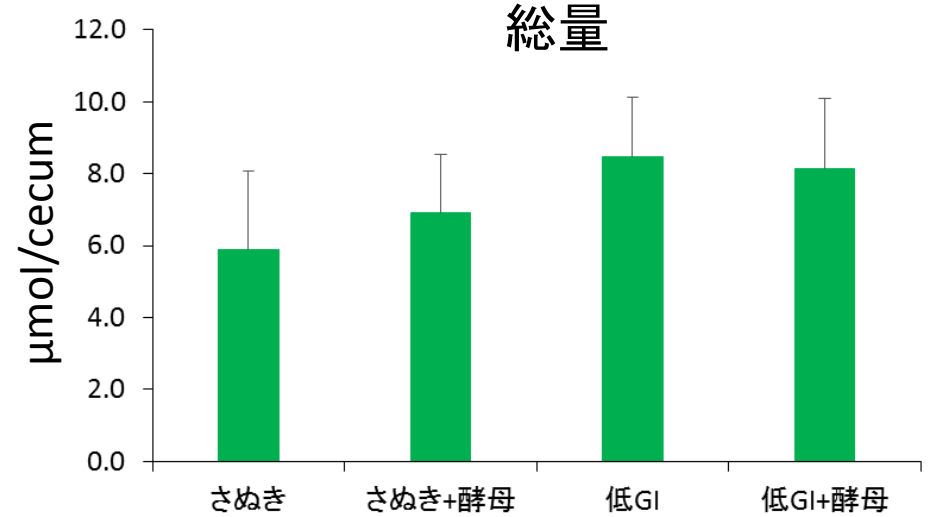
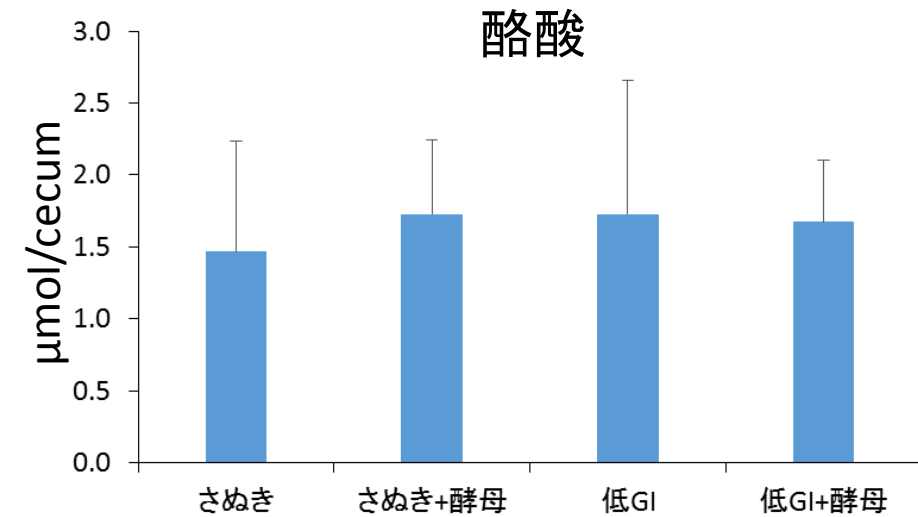
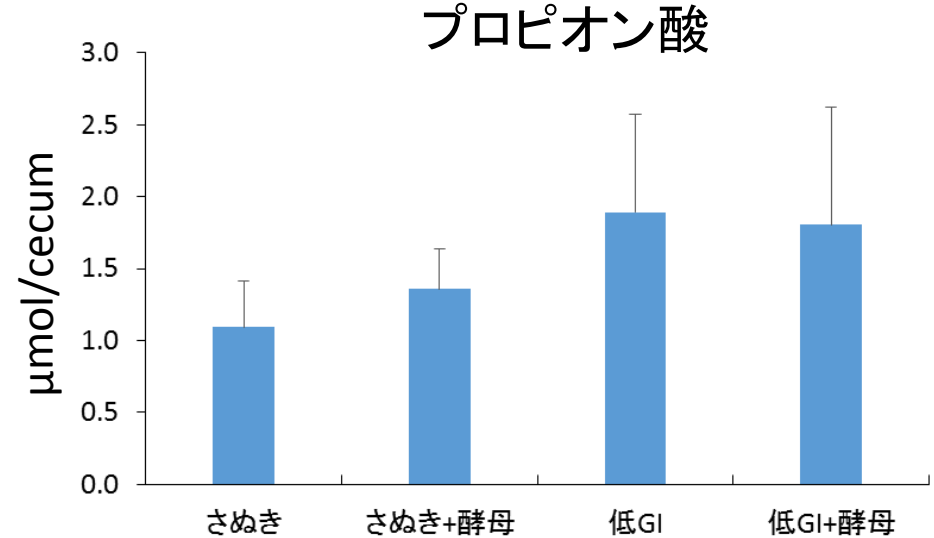
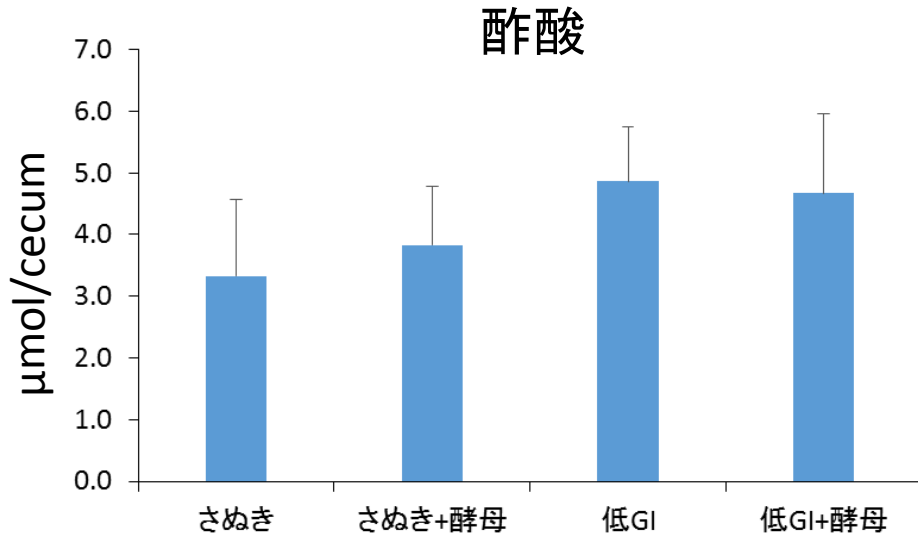
動物実験

低GIうどんの長期摂取での効果および
酵母エキスとの相乗効果について検討した

実験条件

- ・マウス: C57BL/6N、オス、6週齢(3週間の予備飼育後に実験開始)
- ・実験群: さぬき、さぬき+酵母エキス、低GI、低GI+酵母エキスの4群(n=7)
 - * 解剖時、低GI群の1匹に腫瘍が見つかったため、低GI群のみn=6
- ・飼料: 高脂肪食(リサーチダイエツト社D12451)
 - + うどんサンプル(30%)
 - + 酵母エキスまたはミルクカゼイン(0.5%)
 - + ビタミンMix、ミネラルMix
- ・実験期間: 9週間

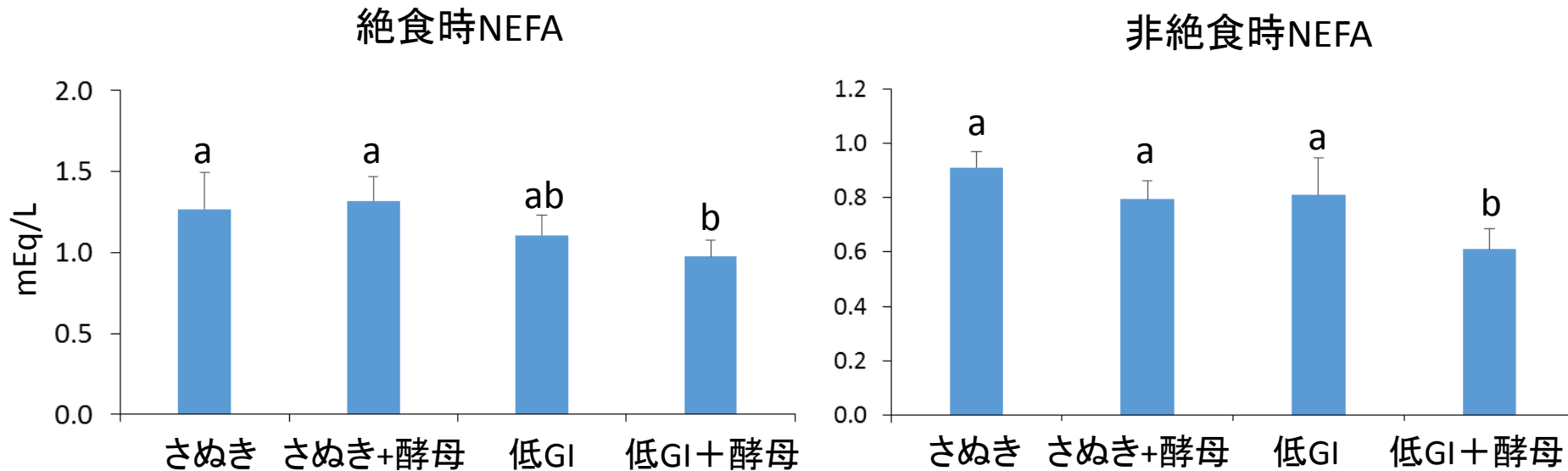
盲腸内容物中の短鎖脂肪酸量



統計的な有意差は無いが、酪酸以外はさぬきと比較して低GIと低GI+酵母に傾向あり (P値0.1程度)

有意差が見られた血液データ

遊離脂肪酸 (NEFA)



絶食時・非絶食時において「低GI+酵母群」が「さめき2群」と比較して遊離脂肪酸が有意に低かった。

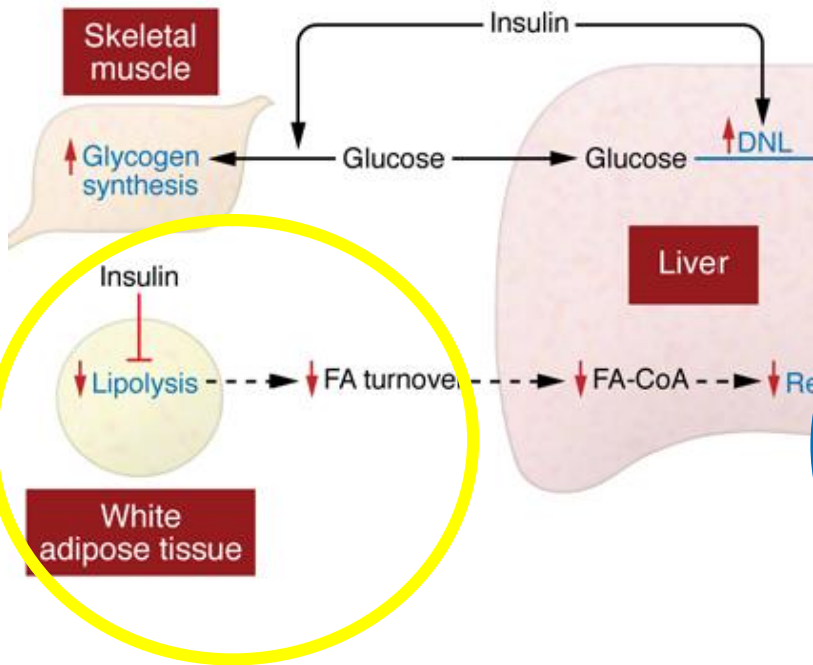
* 血糖値、インスリン、中性脂肪、コレステロール値に関しては差は見られなかった

2型糖尿病患者では遊離脂肪酸が増加する

白色脂肪組織での脂肪分解について

健常者

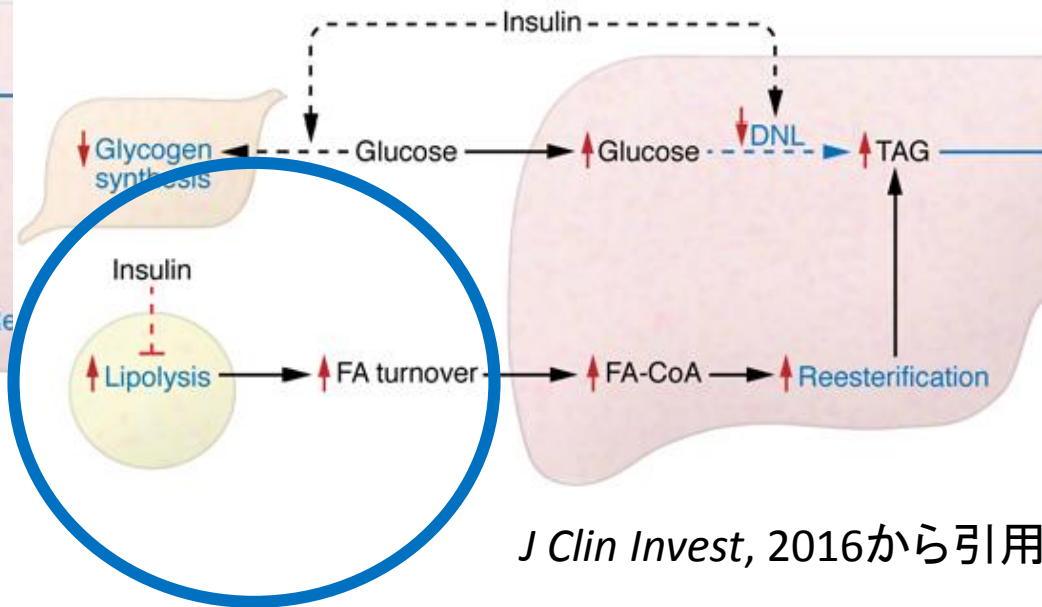
A Normal: insulin-sensitive



健常者ではインスリンの影響でホルモン感受性リパーゼによる脂肪分解が抑制されている

インスリン抵抗性を有する2型糖尿病患者

C Type 2 diabetes: liver, muscle, and adipose insulin resistance



J Clin Invest, 2016から引用

インスリン抵抗性を発症した2型糖尿病患者ではインスリンによってホルモン感受性リパーゼが抑制されず脂肪分解が亢進し遊離脂肪酸が増加する

「低GI+酵母群」ではインスリン抵抗性の予防効果により遊離脂肪酸が低かったと考えられる

開発した低GIうどん単独では排便促進作用しか見られなかったが、
21-NYPと一緒に摂取することで、脂質の排泄促進効果が
加わり、さらに糖尿病マーカーの一つである血中遊離脂肪酸の上昇
を抑制した



低GIうどんと21-NYP
を組み合わせた商品を開発

まとめ

**RSを多く含む米やRSを添加した食品を主食に取り入れることで、
保健効果が期待できる量のRSが摂取でき、糖尿病などの生活習慣病予防効果が期待できる**