

## フルクトオリゴ糖を用いた酢豚や煮物中での糖の変化

中 村 アツコ

## フルクトオリゴ糖を用いた酢豚や煮物中での糖の変化

中村 アツコ

近年利用されるようになったキシロオリゴ糖，ガラクトオリゴ糖，フルクトオリゴ糖など新しい糖質のうち，フルクトオリゴ糖に関して，酸性条件下での調理における安定性を調べた。フルクトオリゴ糖は，強酸性下では加水分解されるとされている。フルクトオリゴ糖を酢豚に用いた場合，あんのみを予め加熱すると加水分解されるが，未加熱のあん材料を具と加熱すれば，食品に含まれている水分その他の成分によって酢の酸性度が弱まるため，高温・酸性という条件下でも，フルクトオリゴ糖の分解は抑制された。pH3以下の溶液中でも37℃ならば安定であった。フルクトオリゴ糖をスクロースの代りに調理に使用し，そのもつ機能を生かすことが期待できると思われる。

キーワード：オリゴ糖，フルクトオリゴ糖，酢豚あん，酢豚，煮物

キシロオリゴ糖，ガラクトオリゴ糖，フルクトオリゴ糖などオリゴ糖は，新しい糖質として広く利用されるようになった。食品に添加してもテクスチャーや物性に大きな変化を与えることが少なく，官能的にもスクロースや単糖類と比べ違和感がない。つまり，食べやすさへの影響がない点が長所である。また，オリゴ糖が日本で広く利用される大きな要因は，物性面の他に，生理学的機能をもつことある<sup>1)・2)</sup>。人の胃や小腸を通過して，大腸まで到達でき，腸内細菌類に利用されるが，ウェルシュなど悪玉菌には利用されにくいという有用な条件をそろえており，これらの機能は，ビフィズス菌を介した腸の健康，日本人の食生活上の問題点，例えば，便秘や便の性状の改善，血糖値等の改善に役立つものであるとされている。しかしオリゴ糖は，微生物がもつ酵素によるだけでなく，酸と熱によっても加水分解される性質のものもあり，フルクトオリゴ糖は，pH4以下では不安定になるという記載がある<sup>3)・4)</sup>。オリゴ糖のもつ各種生理作用の発現のためには，分解を受

けずに消化管を通過させねばならない。オリゴ糖を加熱調理に用いた場合は，調理条件下でどのような変化をするのであろうか。数ある料理の中から，酸性条件下で加熱調理される酢豚を選び，甘味料としてフルクトオリゴ糖の利用が可能かどうかを，スクロースを用いた場合とを比べながら，調理の過程での糖の変化を調べた。また，酸性度の低い煮物汁や強酸性溶液中でのフルクトオリゴ糖の変化も検討した。

フルクトオリゴ糖は，砂糖（スクロース）に，微生物由来のフルクトース転移活性の強いインベルターゼを作用させることにより作られている<sup>5)</sup>。スクロースにD-フルクトースが脱水縮合した1F-(1-β-フルクトフラノシル)n-スクロース(n=1~3)・通称1-ケストース(n=1)，ニストース(n=2)および1-フルクトフラノシルニストース(n=3)が代表的で，これらの混合物として市販されている。天然には，アスパラガス，ニンニク，ゴボウ，ダイズ，タマネギなどに含まれている。

1 試料調製

1) 酢豚あん A, B, C の調整法を図 1 に示した。

《酢豚あん材料》 甘味度を考慮して、スクロースはオリゴ糖の半量にした。

酢豚あん A ; 粉末中華調味料 15 g / 蒸留水 30 ml

酢豚あん B ; スクロース 5 g / 酢 9 ml / 澱粉 1.5 g / 蒸留水 21 ml

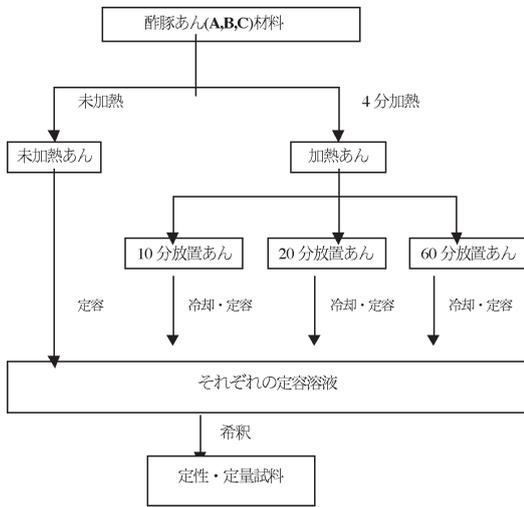


図 1 酢豚あん A, B, C の調整

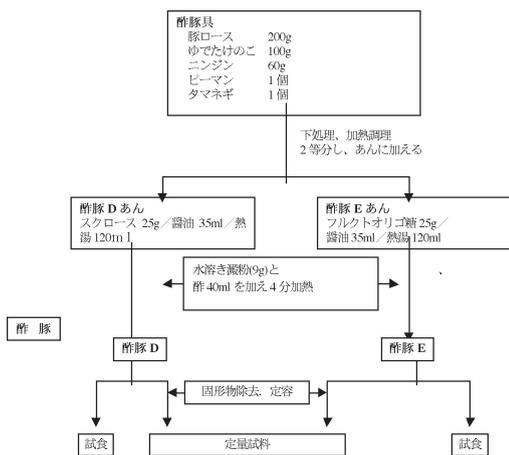


図 2 酢豚の調理 酢豚 D, 酢豚 E

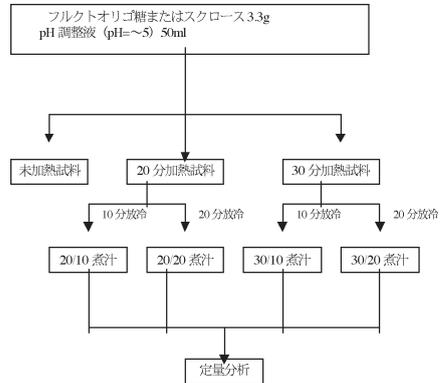


図 3 煮物用煮汁の調整

酢豚あん C ; フルクトオリゴ糖 10g / 酢 9 ml / 澱粉 1.5 g / 蒸留水 21 ml

粉末中華調味料は株式会社ミツカン M (使用糖質:砂糖, デンプン) を酢は株式会社ミツカン MT を使用した。澱粉 (ホクレン農業協同組合連合会 HRI) は蒸留水の一部を用いて湯煎にかけ、少しとろみをつけてから他の材料と混ぜた。

2) 酢豚の調理法を図 2 に示した。

酢豚 D はスクロース, 酢豚 E はオリゴ糖を使用した。

3) 煮物用煮汁の調整は図 3 に示した。

4) pH2 フルクトオリゴ糖溶液の調整

フルクトオリゴ糖 10 g を 0.02 M 塩酸 (pH2.2) 50 ml に溶かし, 37°C の恒温槽に 30 分浸した後, 定容にし, 定量分析の試料とした。

2 糖の定量

ソモギー変法<sup>5)</sup> による定量と高速液体クロマトグラフィー (HPLC) 分析とを併用した。ソモギー変法による定量においては, 還元糖は転化糖として計算した。HPLC 分析条件は以下のとおりである。

ポンプ : Waters Model 510

検出器 : 示差屈折計 Waters R401

カラム : wakosil 5NH2

移動相 : アセトニトリル / 水 = 75 / 25

移動相流量 : 1ml / min

**結果**

酢豚あん A, B, C のソモギー変法による還元糖量の定量結果を、調整直後の pH および放冷後に測定した温度と共に表 1 に示した。還元糖量は材料に加えた糖質に対する割合で示した。

それぞれのあんを 4 分間煮沸加熱し、放冷後に測定した pH は、調整直後と比べ約 0.1 の増加が見られた。加熱時間および放冷時間は、実際に酢豚が調理され食される時間を考慮して設定した。どのあんからも加熱前に、材料に由来するほぼ同量の還元糖が定量された。

オリゴ糖使用のあん C において還元糖がやや多いのは、フルクトオリゴ糖に少量のグルコースとフルクトースが含まれているからである。市販のあん A に記載されていた甘味成分は砂糖であったが、4 分間の加熱により、わずかに還元糖量の増加が起き、その後の放冷では顕著な変化は見られなかった。このことはあんの pH が高いため転化が起きなかったからであると考えられる。

pH が 3 前後のあん B とあん C においては、転化による還元糖量の増加が起きた。スクロース使用のあん B では、時間経過と共に徐々に、スクロースが転化していることがわかる。酢豚が出来上がって食べ終わるのであろう 20 分ごろまでに、約 30% のスクロースが転化した。これにより、甘味が増すことが期待できる。オリゴ糖使用のあん C では、4 分間煮沸加熱・10 分放冷間に還元糖量が大きく増加した。図 4 に HPLC のチャー

トを示した。

4 分煮沸加熱・10 分放冷間の D-フルクトースの顕著な増加とスクロースの増加および GF2 と GF3 の減少が顕著であった。面積比からみてオリゴ糖の 83% が減少し、GF4 は消失している。その後の放冷間でもこの傾向が見られ、D-グルコースの増加は少ないので、ソモギー法での還元糖量の増加はスクロースではなくオリゴ糖の分解による D-フルクトースの増加が大きく寄与しているといえる。60 分放冷後にオリゴ糖は 10% 残

表 1 酢豚あん中の還元糖量の変化 (%)

試料 (pH)	あん A	あん B	あん C
加熱・放冷時間 (温度)	(4.1)	(2.8)	(2.8)
未加熱 (25°C)	4.1	3.9	4.6
4 分加熱 10 分放冷 (放冷後温度 84°C)	4.6	11.8	25.6
4 分加熱 20 分放冷 (放冷後温度 65°C)	4.7	28.6	34.1
4 分加熱 60 分放冷 (放冷後温度 38°C)	5.9	38.9	35.1

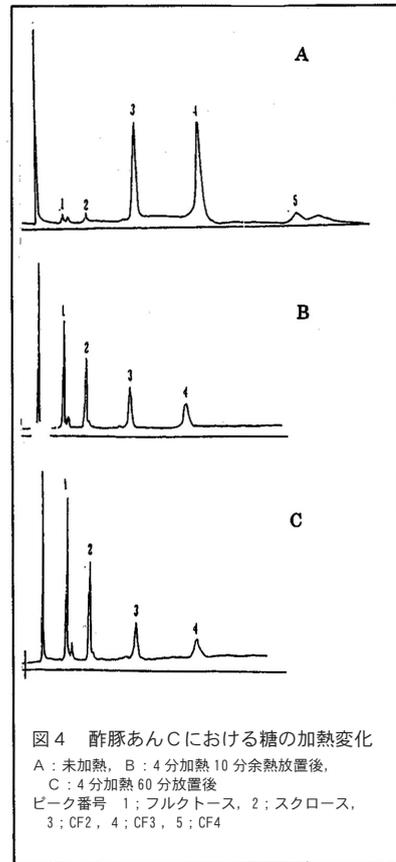


図 4 酢豚あん C における糖の加熱変化  
 A : 未加熱, B : 4 分加熱 10 分余熱放置後,  
 C : 4 分加熱 60 分放置後  
 ピーク番号 1 : フルクトース, 2 : スクロース,  
 3 : CF2, 4 : CF3, 5 : CF4

存していた。フルクトオリゴ糖使用の酢豚あんのみを pH3 付近で予め加熱しておくことは望ましくないといえる。

具を入れた酢豚での結果は表 2 に示した。具を入れたことにより pH が 1 以上上がったため、スクロースを用いた場合は、加熱調理後も転化はほとんど観察されず、フルクトオリゴ糖を用いた

表2 調理済み酢豚, クックドゥー酢豚の糖組成 (%)

糖	酢豚 (pH)	酢豚 D (4.6)	酢豚 E (4.6)	クック酢豚 (3.9)	コンビニ酢豚 (4.6)
フルクトース		1.6	5.1	16.0	3.8
グルコース		1.4	5.1	17.0	20.2
スクロース		97.0	4.1	67.0	66.0
マルトース		—	—	—	10.0
GF 2		—	37.7	—	—
GF 3		—	48.0	—	—
GF 4		—	0	—	—

酢豚でも、オリゴ糖の分解は13.5%に留まった。混ぜればいだけのクックドゥー酢豚の素を分析したところ、pHは3.9で全糖量の33%が還元糖であった。表示の糖質は砂糖であるので、製造過程で転化が起きたと考えられる。さらに、大学近辺のコンビニエンスストアで求めた酢豚からは、全糖量の24%の還元性単糖（HPLCの結果からグルコースの方が多）と10%のマルトースが定量された。

煮物に関しては、加熱時に、汁は100℃まで上がったが、スクロースは転化せず、フルクトオリゴ糖からのD-フルクトースの増加も見られず、変化しなかった。これはpHが加熱の前後を通じて、4.7～5.6と高いからであろう。フルクトオリゴ糖はpH5以上では加熱にも安定という記載からも推察できることである<sup>3)・6)</sup>。

食物が胃に到達したとして、胃酸の酸濃度を想定したpH2.2の塩酸50mlに10.0gのフルクトオリゴ糖を溶かし、37℃の恒温槽に30分間浸したところ、未加熱のフルクトオリゴ糖に比べ、スクロース含量は18%増加した。HPLCチャート上で(図5)、含量の少ないGF4は未加熱のものと変わらず残っている。D-フルクトースとスクロースの増加が明らかに見られ、D-グルコースの増加が見られないことから、濃度の高いGF3がGF2にさらにGF2がスクロースとD-フルクトースに分解したといえる。pH2付近の強い酸性度でも、温度が高くなければフルクトオリゴ糖はかなり安定であることがわかった。

フルクトオリゴ糖を主成分とするメイオリゴ(顆粒)は、甘味度は砂糖の60%、難消化性の

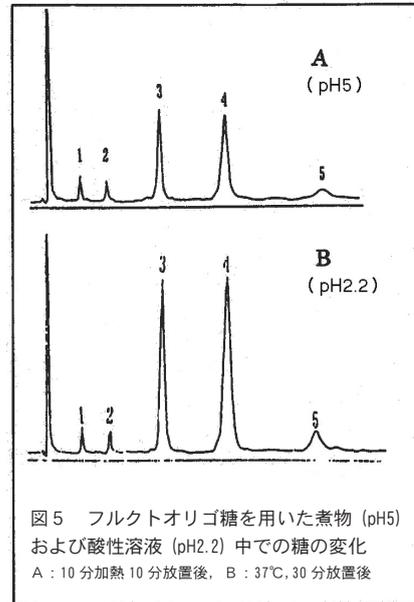


図5 フルクトオリゴ糖を用いた煮物 (pH5) および酸性溶液 (pH2.2) 中での糖の変化  
A : 10分加熱10分放置後, B : 37℃, 30分放置後

ためそのエネルギーは、約1.3 kcal(5.4 kJ) / g (厚生省・衛新71号測定法による)とされている。酢豚あんのみではオリゴ糖等の87%が分解したが、具の入った酢豚にした場合はpHが高くなるため15%以下の分解であったこと、煮物では分解が見られなかったことから、調理の際のpHコントロールによりオリゴ糖の生理的活性を生かすことができると結論する。

### 要約

酢豚や煮物にフルクトオリゴ糖を用いた場合の加熱調理中の変化をスクロースの場合の変化と比較しながら検討した。

- 1 具を加えた酢豚 (pH 4.6), 煮物汁 (pH 5) など pH の高い試料では、加熱調理中での、フルクトオリゴ糖の変化はみられなかった。生理学的機能を期待した酢豚へのフルクトオリゴ糖の利用は可能である。
- 2 市販の酢豚あん (pH 4.1) に用いられていたスクロースの加熱調理中の変化は観られなかったが、加工中に変化したと考えられる還元糖が数%含まれていた。
- 3 フルクトオリゴ糖を用いた酢豚あん (pH 2.8) を4分間加熱した場合、還元糖が増加

した。HPLC の結果スクロースとD-フルクトロースの増加が大きいことから、フルクトオリゴ糖の加水分解の結果であるといえる。GF3 から GF2, GF2 からスクロースへの変化が起こり、60 分放冷時に GF3 と GF2 が 10%が残った。

- 4 スクロースを用いた酢豚あん (pH 2.8) では、4分間の煮沸加熱により11.8%が転化し、その後も徐々に進行し、60分放冷後(38℃)までに38.9%が転化した。
- 5 胃酸を想定した pH 2, 37℃の溶液中では、フルクトオリゴ糖の分解は比較的遅いが、30分間に、フルクトオリゴ糖中で濃度の高いGF3からGF2, GF2からスクロースへの変化が起こり、スクロースが18%増加した。

謝辞 この研究にあたり、実験にご協力頂きました本学卒業生、加藤愛子さんと木村美保さんに感謝いたします。

#### 文献

- 1) 鎌田昌通 (1990) 機能性食品全ガイド, 時事通信社
- 2) 畑中研一他 (1997) 糖質の科学と工学, 講談社
- 3) 譲原一雄 (1998) Food style 21[ISSN:13439502],8,67, 食品化学新聞社
- 4) 久米仁司, 今井哲哉 (1998) 健康・栄養食品研究 1, 33
- 5) 同上, 42
- 6) 日高英昌, 柴田利明他 (1986) Bifidobacteria,5,37
- 7) 山田和彦, 日高英昌 (1990) 消化と吸収, 13, 88
- 8) 小原哲次郎他 (1984) 食品分析ハンドブック
- 9) (株) 明治製菓新素材事業部 (1994) メイオリゴ