東京家政学院大学紀要　第 43 号　2003 年　自然科学・工学系　抜刷
（2003 年 8 月発行）

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。フラクトオリゴ糖は，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[1)，2)]。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[3)，4)]。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[5)]。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。

実験方法

家政学部家政学科

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

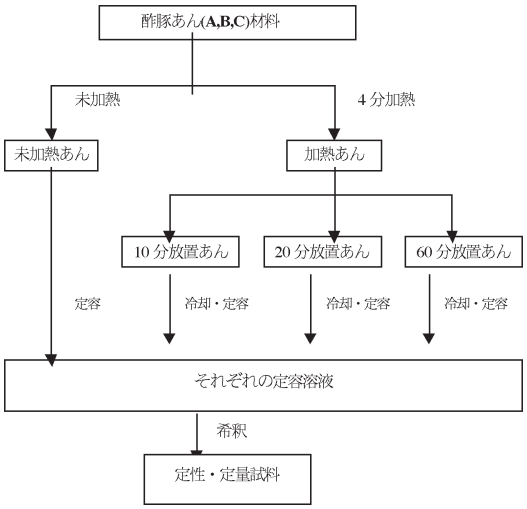

図１　酢豚あんＡ，Ｂ，Ｃの調整

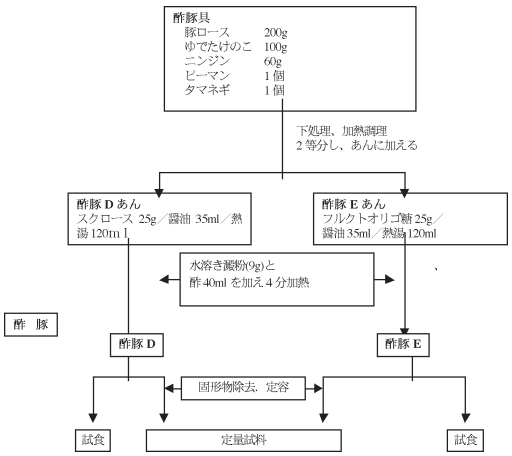

図２　酢豚の調理　酢豚Ｄ，酢豚Ｅ

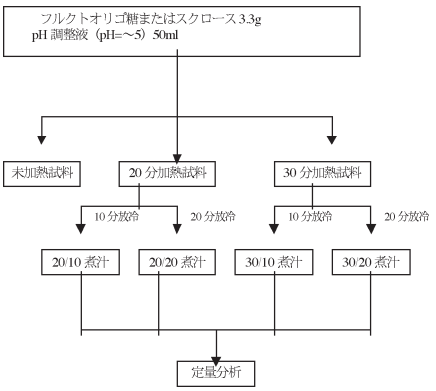

図３　煮物用煮汁の調整

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℃の恒温漕に 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[5] 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。

表１　酢豚あん中の還元糖量の変化（％）

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

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。

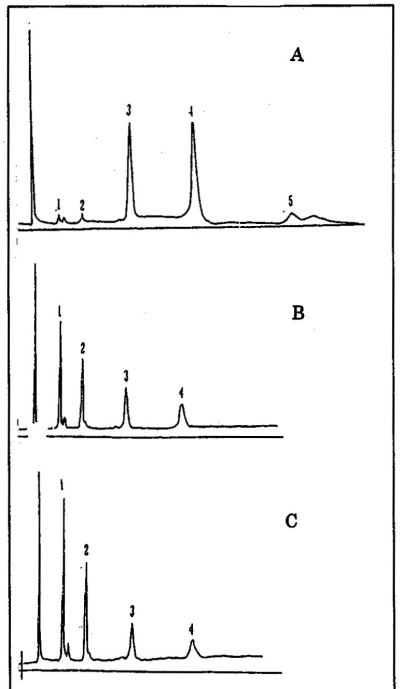

図４　酢豚あんＣにおける糖の加熱変化
Ａ：未加熱，Ｂ：４分加熱10分余熱放置後，
Ｃ：４分加熱60分放置後
ピーク番号　1；フルクトース，2；スクロース，
3；CF2，4；CF3，5；CF4

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以上あがったため，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
ＧＦ２	－	37.7	－	
ＧＦ３	－	48.0	－	
ＧＦ４	－	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ー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い）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[3), 6)]。

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℃の恒温曹に 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コ等の 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。

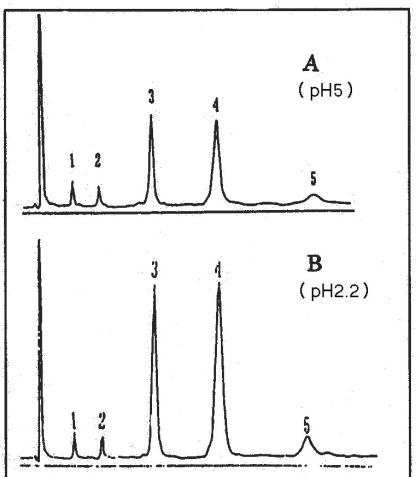

図５　フルクトオリゴ糖を用いた煮物（pH5）および酸性溶液（pH2.2）中での糖の変化
Ａ：10 分加熱 10 分放置後，Ｂ：37℃, 30 分放置後

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，栄田利明他（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