

乳果オリゴ糖配合即席みそが男子・女子学生の 便通および腸内菌叢に及ぼす影響

¹⁾鳥取大学医学部保健学科生体制御学講座

²⁾株式会社リコム

笠木 健¹⁾, 浦上克哉¹⁾, 上田悦子¹⁾, 谷口美也子¹⁾
小島みどり²⁾, 栗原昭一²⁾, 森岡 保²⁾, 谷口 治²⁾

Effects of instant soybean paste containing galactosylsucrose on defecation and intestinal microflora in male and female students

Takeshi KASAGI¹⁾, Katsuya URAKAMI¹⁾, Etsuko UEDA¹⁾,
Miyako TANIGUCHI¹⁾, Midori KOJIMA²⁾, Shoichi KURIHARA²⁾,
Tamotsu MORIOKA²⁾, Osamu TANIGUCHI²⁾

¹⁾*Department of Biological Regulation, School of Health Science,
Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago 683-8503, Japan*

²⁾*Ricom corporation, Tokyo 171-0022, Japan*

ABSTRACT

The effect of ingestion of LS instant soybean paste containing galactosylsucrose (LS) on defecation, fecal condition and intestinal microflora of 24 volunteers involving 4 males and 20 female students (averaged 20.45 ± 1.63) was studied. The volunteers were divided into two groups each consisting of 12 subjects for a single blind crossover design trial. Each subject ingested two packages of LS instant soybean paste containing 3.3 g of LS per day for 2 weeks during the ingesting period, and during the placebo ingesting period each subject two packages of placebo instant soybean paste for 2 weeks. The total time of experimentation was 35 days divided into 3 periods of LS ingesting, non-ingesting and placebo ingesting periods. The 2-week period of ingestion of LS instant soybean paste significantly ($p < 0.05$ or 0.01) increased the frequency of defecation and defecated fecal volume. The fecal microflora was analyzed on the samples taken from 8 subjects who were randomly selected from total subjects. It was confirmed from the results that the proportion of beneficial microbes, Bifidobacteria, to anaerobes during the LS ingesting periods was significantly ($p < 0.05$) increased as compared with those during non-ingesting or placebo ingesting periods. The effect of the ingestion of 2 to 3 folds in volume of LS instant soybean paste on the occurrence of diarrhea and gastro-intestinal disorders was investigated in a separate group of 15 female students (averaged 19.8 ± 0.41 years of age). As a result,

there was no significant difference in the occurrence of diarrhea and no untoward or serious adverse effects in the gastro-intestinal tract were noted. The results of this study demonstrate that the ingestion of instant soybean paste containing LS increases defecation frequency and defecated fecal volume and improves fecal condition by promoting the proliferation of beneficial intestinal microbe in young male and female students.

(Accepted on January 23, 2002)

Key words : galactosylsucrose, intestinal microflora, defecation, anaerobes, gastro-intestinal tract

はじめに

乳果オリゴ糖は、ラクトスクロース (LS) と呼ばれ、化学的には β -D-fructofuranosyl 4-O- β -D-galactopyranosyl- α -D-glucopyranosideまたは 4α -galactosylsucroseで示され、その分子構造に、シヨ糖と乳糖の部分構造を有することが特徴である。LSは、乳糖とシヨ糖を約1:1の比で濃度40%に溶解し、*Arthropacter* sp. K-1株の産生する果糖転移酵素 (β -fructofuranosidase) を作用させて製造する^{1, 2)}。このLSは、唾液、膵液の α -アミラーゼでは全く分解を受けず、胃液で1.5%、小腸粘膜酵素で、1.6%の分解が認められるのみであり、難消化性である。そのためLSは摂取されると消化管下部に到達し、腸内のBifidobacteriaを選択的に増加させる^{3, 4, 6, 7)}。このBifidobacteriaに対する資化性によって、LSの摂取は腸内環境の改善を通して糞便中の有機酸の増加、アンモニア、硫化物、フェノール、インドールなどの腐敗産物の減少、排便量、排便日数、排便回数などの便通改善作用があることが報告されている⁸⁻¹²⁾。現在、LSは特定保健用食品の素材として、厚生労働省から「ビフィズス菌を適正に増加させ、お腹の調子を整える働きを有する」旨の整腸作用に関する表示が許可されており、卓上甘味料、キャンデー、ビスケット、炭酸飲料、菓子パン、クッキー、清涼飲料水、フローズンヨーグルトなどに配合されて広く用いられている。

しかしながら、わが国の食文化に古くから定着しているみそ汁にLSが利用された報告は見当たらない。今回の試験では、LS配合即席みその14日間の摂取 (LSとして1日当り3g) 時の健康な男女学生の便通に及ぼす影響を排便回数、排便量、便性状 (色、形状、硬さ、臭い)、腹部症状、腸内菌叢の観点から検討した。さらに、LS配合即

席みそ常用量の3倍の増量摂取による腹部症状に及ぼす影響を調べた。

対象および方法

被験者 米子市内の大学に通う男子および女子学生を対象に事前に便通に関するアンケート実施し、このうち本研究の主旨を理解し、協力を申し出た45名から無作為に30名と15名の2群に分け、LS即席みそ常用量摂取試験 (n=30) と3倍量摂取試験 (n=15) を行なった。常用量試験では、2群 (I群, II群) に分けてLS即席みそ常用量摂取による便通および便性状への影響を観察する試験を実施した。ただし、被験者のうち自発的に辞退したもの、試験期間中に抗生物質または胃腸薬を連用したもの、さらにLSまたはプラセボ食の摂取を規則通りしなかったものなどをデータ集計から除外したので、最終的には第I群、第II群共に12名ずつの24名 (男子4名、女子20名、平均年齢20.45 \pm 1.63) を対象とした。さらに、無作為に選んだ各群4名計8名 (男子3名、女子5名) から糞便サンプルを回収して腸内菌叢の検索を行った。

LS配合の即席みその摂取量を2倍量および3倍量に増量して腹部症状に及ぼす影響を観察する試験では、前述の常用量被験者を除いた残りの15名 (女子15名、平均年齢19.8 \pm 0.41) を被験者とした。

なお、本試験は「ヘルシンキ宣言」の精神を遵守して、被験者には事前に試験内容を十分に説明し、文書による本試験参加の同意を得たうえで、鳥取大学医学部倫理委員会の承認を得て行った。

試験食 LS配合即席みそとプラセボ即席みその2種類を試験食として使用した。LS配合即席みそには、乳果オリゴ糖粉末LS-55P (LS含有率55%以上、塩水港製糖株式会社製) をみそ1個当

表1 LS即席みそ及びプラセボ即席みその配合組成 (100g当たり)

	LS即席みそ	プラセボ即席みそ
生合わせみそ	42.5	42.5
乳果オリゴ糖	15.0	—
麦芽糖	—	15.0
でん粉	32.0	32.0
矯味剤	9.0	9.0
増粘剤	1.5	1.5

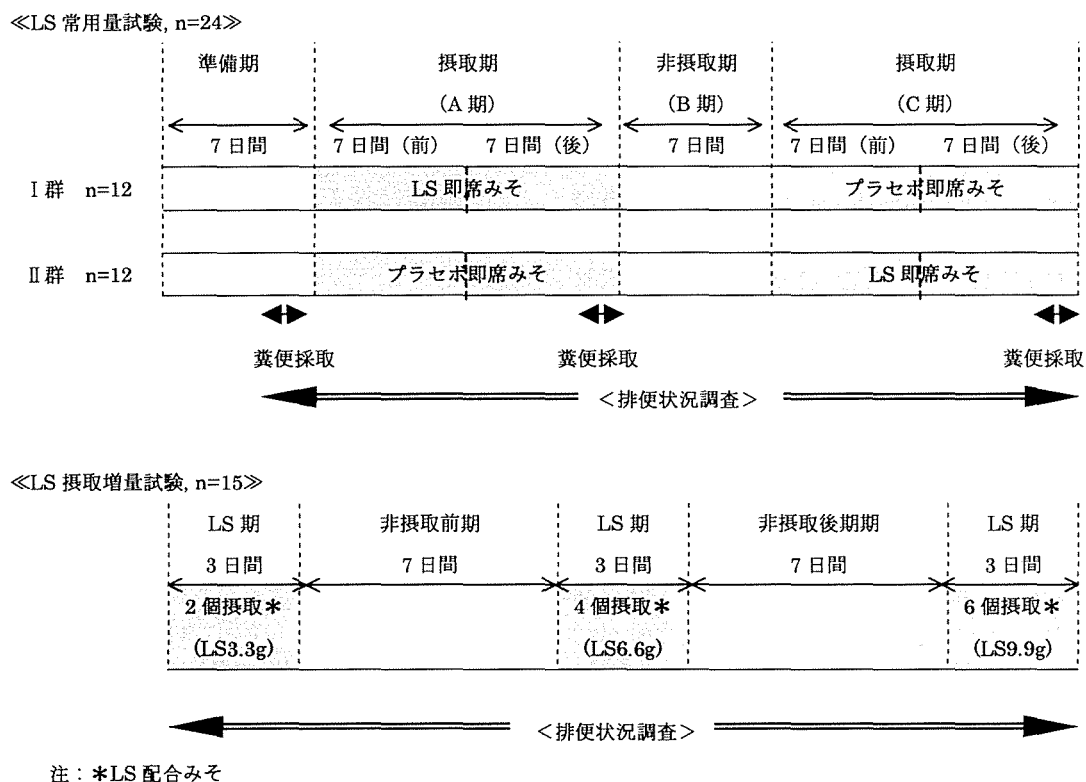


図1 LS常用量試験及び摂取増量試験スケジュール

たり3g (LSとして1.65g) の割合で配合し、プラセボ即席みそには乳果オリゴ糖の代わりに同量のマルトースを配合して調製した。各々の配合組成は表1に示した通りである。使用したLS配合およびプラセボ即席みそは同一の外観になるように調製したものである。なお、本試験に使用したLS配合即席みそのHPLC法による分析結果は即席みそ1個あたりLSとして1.53±0.02gであった。

試験食の摂取と摂取スケジュール 試験スケジ

ュールを図1に示した。LS配合即席みその常用量摂取試験は、シングルブラインド・クロスオーバー法により実施した。1週間の予備期間を設けた後、LS配合食またはプラセボ食摂取期間 (A期) 14日間、非摂取期間 (B期) 7日間、ついでLS配合食またはプラセボ食摂取期間 (C期) 14日間の日程で実施した。I群にはA期にLS配合食、C期にプラセボ食を、II群にはA期にプラセボ食、C期にLS配合食を食事とともに1日2個摂取させた。試験食は1日2個摂取するように指示したが、摂取時間や1回に摂取する量については指定しな

った。なお、試験期間中、オリゴ糖、食物繊維、糖アルコールなどを強化した食品および生菌を含む食品（納豆、乳酸菌製剤など）などの摂取並びに便通に影響を及ぼすような便秘薬や抗生物質の服用は極力避けるように指示した。

摂取増量試験では、被験者にLS配合即席みそ2個（LSとして3.3g、2LS期）、2倍量の4個（LSとして6.6g、4LS期）、3倍量の6個（LSとして9.9g、6LS期）と段階的に増量し、3日間摂取させた。2LS期および4LS期終了後には、7日間の非摂取期間を設け、LS摂取の影響を取り除いた。常用量摂取試験と同様に、1日の摂取量のみを規定し、摂取時間や1回に摂取する量については指定せず、便通に影響を及ぼすような食品並びに薬剤の服用は極力避けるように指示した。

調査項目 LS常用量試験および摂取増量試験の排便状況および便性状についての調査は、アンケート方式で行った。調査項目は、排便の有無および排便時刻、排便量、便の色、便の形状、便の臭い、便の硬さ、排便時の感覚並びに腹部症状の発生について試験期間毎に色別された1日1ページの調査日誌に記入させた。排便量は、Lサイズの鶏卵の大きさ（直径3.5cm、長さ5cm、重量約50g）を1単位として個数として記録させた。便の色は、「黄褐色」（ディックカラーガイド第2版No.2291）、「褐色」（同No.2288）、「茶褐色」（同No.2270）、「暗褐色」（同No.2253）、「黒褐色」（同No.2252）の5段階、便の形状は、「カチカチ状」、「バナナ状」、「半練状」、「泥状」、「水状」の5段階、便の硬さは、「かなり軟らかい」、「軟らかい」、「普通」、「硬い」、「かなり硬い」の5段階、便の臭いは、「ほとんど気にならない」、「あまり気にならない」、「普通」、「臭い」、「かなり臭い」の5段階、排便後の感覚は、「スッキリした」、「普通」、「残便感がある」の3段階を評価基準とした。腹部症状は、「良好」、「腹痛がする」、「ゴロゴロとお腹が鳴った」、「お腹が張った」、「おならが出た」、「便意があったが排便できず痛みを感じた」、「吐気が出た」、「その他」の中から選択し、「その他」の場合には具体的な症状を記入させた。さらに備考欄に試験食の摂取忘れ、過飲過食、薬剤の服用および月経など試験に影響すると考えられる事項を簡潔に記入させた。

糞便菌叢の検索 LS配合即席みそ常用量摂取試験に参加した2群の被験者から各群4名ずつ無作為に選び、同意を得た8名（平均年齢20.13±1.25）から糞便サンプルの提供を受けた。糞便サンプルの回収は、試験開始前3日、摂取（A期）終了前3日および摂取（C期）終了前3日の3回、各々3日間かけて行った。各糞便サンプルは、脱酸素剤により嫌気状態とした糞便専用ジャーに保管し、5°C以下の条件下で保冷輸送し、試験前に均一化した後採取後12時間以内に腸内菌叢検索を行った。糞便菌叢の分析は光岡らの方法¹³⁾により、総嫌気性菌、*Bifidobacteria*および*Clostridium perfringens*の糞便1g中の生菌数を測定し、*Bifidobacteria*の総嫌気性菌に対する占有率を算出した。さらに、蒸留水で10倍に希釈した糞便サンプルについてpHを測定した。菌の分離測定とpHの測定は株式会社三菱化学ビーシーエル（東京）に依頼した。

統計処理 排便回数および排便量については、不連続データであるので、対応するデータの差の分布が正規分布しない場合の検定法であるWilcoxon符号付順位和検定法を用いて、まず全被験者に対し、各試験期間同士の有意差検定を行い、ついで非摂取期間の排便回数が週5回以上の被験者（非便秘傾向者）と4回以下の被験者（便秘傾向者）に分けて解析を行った。*Bifidobacteria*の総嫌気性菌に対する占有率も同様にWilcoxon符号付順位和検定法を用いて検定した。

便性状、腹部症状および排便状況については、試験期間ごとの出現頻度をもとめ、その分布の独立性について χ^2 検定を行った。すべての統計処理は5%を有意水準とし、統計処理ソフトとしてStatcel¹⁶⁾を使用した。

結 果

排便回数および排便量に及ぼす影響

今回の試験では被験者の1週間当たりの排便回数が1日に複数におよぶものが多かったところから、LS配合即席みその摂取による便通に対する影響を、排便回数と排便量を中心にデータの解析を行った。また、LS摂取による便通改善効果は、非便秘傾向者よりも便秘傾向者でより顕著に出現することが報告^{4,5,11,12)}されているので、LSおよびプラセボ摂取後期のデータを非摂取期と比較し、

表2 LS配合即席みそ摂取の便通（排便回数および排便量）に及ぼす影響

項目	区分	人数	非摂取期	プラセボ摂取前期	プラセボ摂取後期	LS摂取前期	LS摂取後期
排便回数 (回/1週間)	全被験者	24	5.04±3.46 ^a	5.13±3.60 ^{ab}	5.04±3.13 ^a	5.46±3.51 ^{ab}	5.88±3.58 ^b
	便秘傾向者	16	3.31±0.70 ^a	3.56±0.81 ^{ab}	3.69±1.08 ^{ab}	4.13±1.75 ^{ab}	4.38±1.63 ^b
	非便秘傾向者	8	8.50±4.21	8.25±4.95	7.75±4.13	8.13±4.67	8.88±4.58
排便量 (個/1週間)	全被験者	24	10.50±6.11 ^a	10.35±5.68 ^a	10.48±5.51 ^a	11.17±6.70 ^a	12.88±6.49 ^b
	便秘傾向者	16	8.48±4.07 ^a	8.88±4.17 ^{ab}	8.73±4.86 ^a	9.09±4.55 ^a	10.84±5.02 ^b
	非便秘傾向者	8	14.56±7.66	13.31±7.32	14.00±5.98	15.31±8.59	16.94±7.50

注) Wilcoxon符号付順位和検定による。異なるアルファベット間で互いに有意差あり (p<0.05又はp<0.01)

さらに非摂取期1週間当たりの排便回数が4回以下の被験者（便秘傾向者16名）と5回以上の被験者（非便秘傾向者8名）の2群に分けてデータを分析した。

LS配合即席みそ14日間摂取の排便回数および排便量に及ぼす影響を表2に示した。排便回数については、被験者全体では、LS摂取後期の平均排便回数が5.88回/週で最も多く、摂取期とプラセボ摂取後期と比較して有意な (p<0.05) 増加がみられた。便秘傾向者と非便秘傾向者に分けて解析を行った結果では、LS摂取前期の排便回数は非摂取期とプラセボ摂取前後期と比較して増加傾向を示したものの有意差は認められなかった。LS摂取後期は非摂取期間とのあいだに有意差 (p<0.05) が認められた。一方、非便秘傾向者ではLS摂取前後期は非摂取期、プラセボ摂取前後期と比較して排便回数の増加傾向が見られたが、いずれの試験期間とのあいだにも有意差は認められなかった。

鶏卵の大きさ（直径3.5 cm, 長さ5 cm, 重量約50 g）を1単位として換算した各試験期における平均排便量を表2に示した。被験者全体では、LS摂取後期の排便量は12.88個と各試験期間中で最も多く、LS摂取前期 (p<0.05), 非摂取期 (p<0.01), プラセボ摂取前期 (p<0.01) およびプラセボ摂取後期 (p<0.01) との比較で統計的有意差が認められた。便秘傾向者でも、LS摂取後期の排便量は非摂取期、LS摂取前期およびプラセボ摂取後期と比較して有意な (p<0.05) 増加を示した。非便秘傾向者では、LS摂取前期および後期は他の試験期と比較して排便量の増加傾向が

見られたが統計的有意差は見られなかった。

便性状

便性状について、各試験期（非摂取期、プラセボ摂取前期、プラセボ摂取後期、LS摂取前期およびLS摂取後期）の総排便回数に対する各々の状態に該当する便の出現頻度を図3に示した。

便の色については、非摂取期の便の色がプラセボ摂取前期と比較して褐色便が有意に (p<0.05) 増加した。LS摂取後期の便の色はプラセボ前期と比較して黒色系の割合が減少して、良好とされる黄褐色系の便の割合を有意に (p<0.05) に増加した。

便の形状については、LS摂取前期およびLS摂取後期に水状便がそれぞれ1.9%および2%の割合で2名発現したが、風邪と過飲による一過性の下痢であることが判明し、翌日には二人共正常便に戻った。LS摂取前期の便の性状では、プラセボ摂取前期に対してカチカチ状の便が有意に (p<0.05) 減少し、半練状の便の増加が見られた。

便の硬さについては、便の形状と同様にプラセボ前期と比較してLS前期の軟らかい便の頻度が有意に (p<0.05) 増加する改善作用が認められた。

便の臭い、排便後の感覚については各試験期間同士で有意な変化は認められなかった。

腹部症状の発生

各試験期間に訴えのあった腹部症状の発生件数を図3に示した。「腹部膨満感」、「腹痛」、「放屁」、「腹鳴」などが散見されたが、「しづり腹」の発生頻

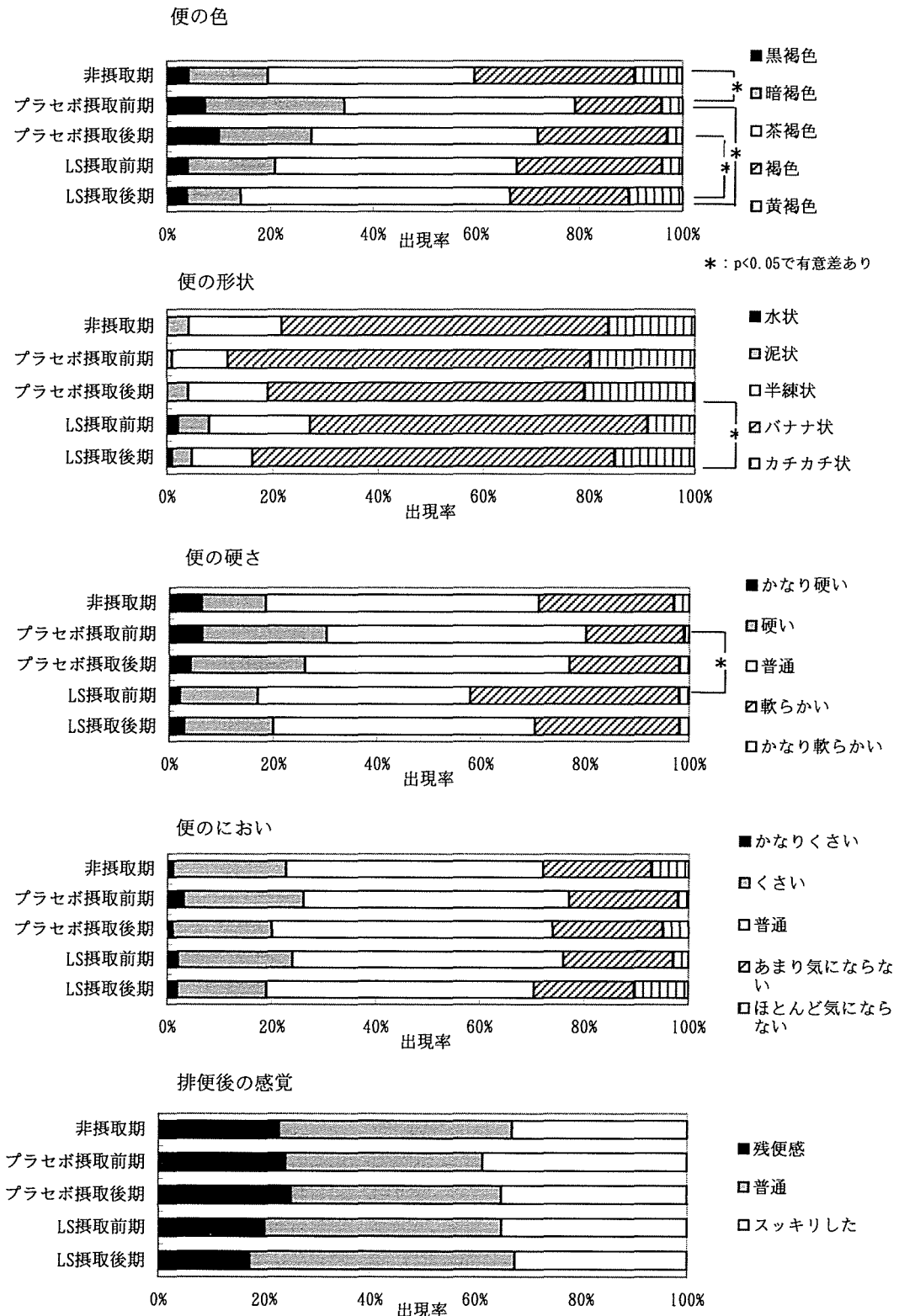


図2 各試験期間における便性状の出現率の変化

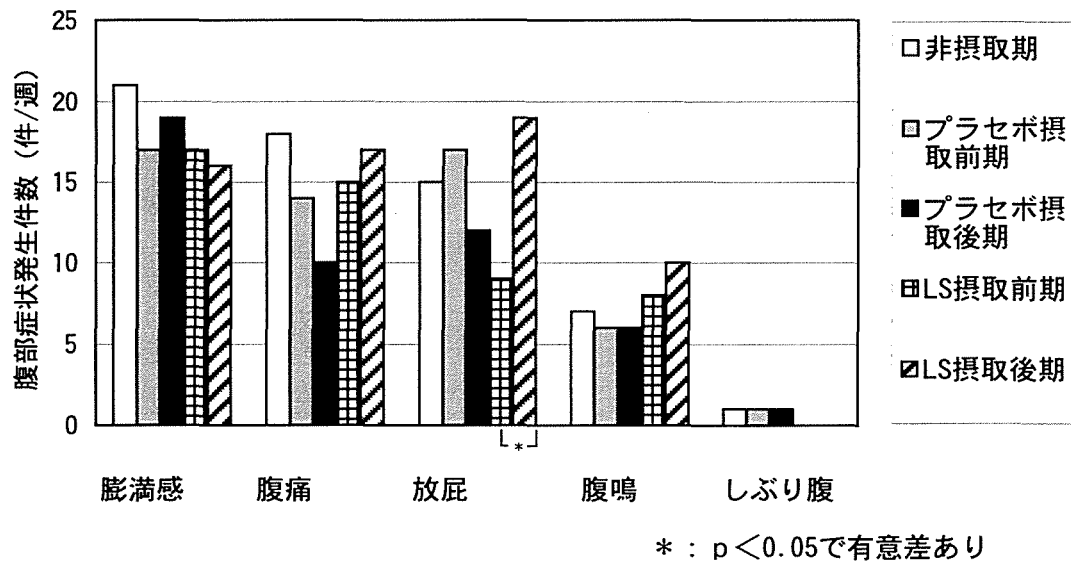


図3 各試験期間の腹部症状発生件数

度は非常に少なかった。症状別の有意差検定を行ったところ、LS摂取前後期に「腹部膨満感」と「腹痛」「しぶり腹」については各試験期間の発生頻度間に有意差が認められなかった。「放屁」についてはLS摂取前期と後期とのあいだに有意差 (p < 0.05) が認められたが、その他の試験期間とのあいだに有意差は認められなかった。

糞便細菌叢

試験準備期、プラセボ摂取後期、LS摂取後期に採取した糞便サンプルから分離したBifidobacteriaおよび*C. perfringens*の総嫌気性菌に対する平均占有率および検出率を表3に示し、総嫌気性菌に対する個々のBifidobacteria占有率の変化を図4に示した。Bifidobacteria占有率は8名中7名が非摂取期およびプラセボ摂取後期と比較して増加し、1名がプラセボ摂取後期と比較して僅かに減少した。プラセボ即席みその摂取により総嫌気性菌に対するBifidobacteria占有率はわずかな上昇が見られたが、LS即席みその摂取により18.77%から35.24%まで16.5%上昇した。LS即席みそ摂取期の占有率は非摂取期およびプラセボ即席みそ摂取期と比較して各々p < 0.05の危険率で有意差が認められた。*C. perfringens*の発生は、非摂取期に8名中3名、プラセボ即席みそ摂取期に2名およびLS即席みそ摂取期に3名と変動したが、LS即席みそ摂取との関連は考えられなかった。

蒸留水で希釈した糞便サンプルのpHは6.52~6.78であったが各試験期による差は認められなかった。

LS即席みそ増量摂取の排便状況への影響

LS即席みそ増量摂取の各試験期間における総排便回数に対する泥状便および水状便の排泄頻度を表4に示した。LS配合即席みそ摂取期の2LS期(常用量摂取期)および4LS期(2倍量摂取期)には2.63%および9.76%の泥状便が出現したが、6LS期(3倍量摂取期)には泥状便の発生は見られず用量依存性は認められなかった。非摂取前後期にはそれぞれ3.08%および3.7%の泥状便の出現が見られたが、LS摂取期と非摂取前後期とのあいだには統計的有意差は認められなかった。2LS期、非摂取後期および6LS期に2.63%、3.7%および2.17%の割合で水状便の発生が散見されたが、用量依存性も認められず、各試験期間同士で統計的有意差も認められなかった。

各試験期の延べ人数に対する腹部症状を訴えた人数の割合(発生頻度)を表5に示した。これらの症状の内「放屁」、「膨満感」、「腹鳴」の発生頻度は非摂取前後期と比較して統計的有意差(p < 0.05)が認められたが、LS摂取各期間のあいだでは統計的有意差は認められなかった。

表3 LS配合即席みそ摂取による糞便中嫌気性菌に対するBifidobacteriaならびに*C. perfringens*の占有率および検出率の変化 (n=8)

	非摂取期		プラセボ摂取後期		LS摂取後期	
	占有率	検出率	占有率	検出率	占有率	検出率
<i>Bifidobacteria</i>	18.77±9.64 ^a	(100)	20.93±8.85 ^a	(100)	35.24±7.93 ^b	(100)
<i>C. perfringens</i>	—	(37.5)	—	(25)	—	(37.5)

注：Wilcoxon符号付順位和検定により、異なったアルファベットの上付き文字のある数値は互いに $p < 0.05$ の危険率で有意差あり

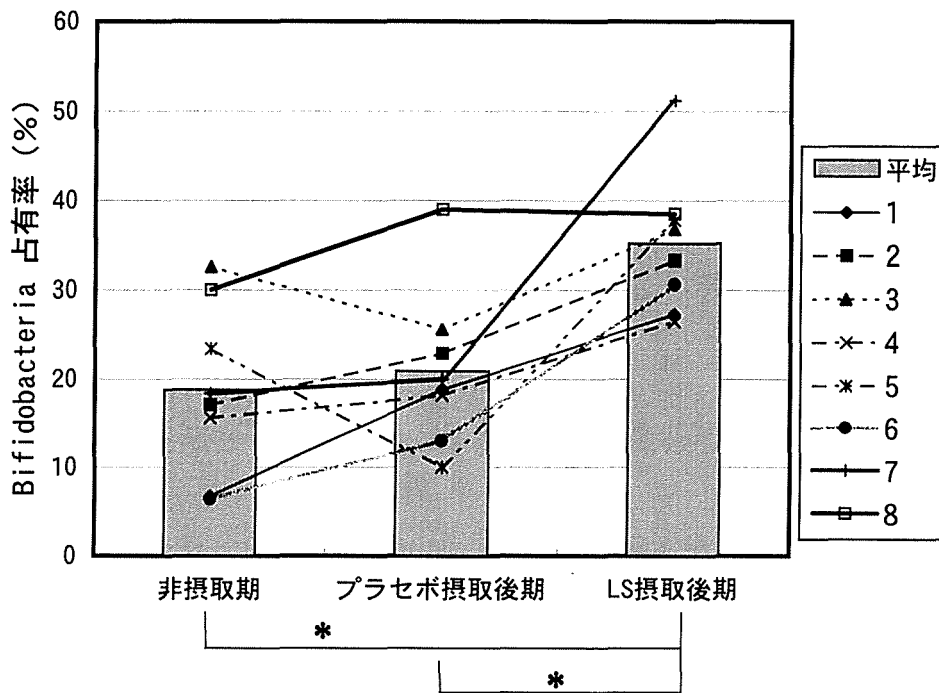


図4 Bifidobacteria占有率の変化

* $p < 0.05$ で有意差あり

考 察

乳果オリゴ糖 (LS) を単独で摂取することにより、便通や便性状が改善されることは既に報告されており、1日にLS1~2gの摂取で糞便中のBifidobacteriaが増加し^{3,4)}、1日2~6gのLS摂取で有意に排便状況の改善、糞便内腐敗物質の減少および短鎖脂肪酸の増加が起こることが既に報告されている^{4,5,7,8)}。さらに食品の形態に加工され

た場合でも、LSとして2~5g相当のビスケット、クッキー、ゼリー飲料、粉末清涼飲料および乳酸菌飲料を摂取することにより有意な排便状況が改善されることが証明され、既に特定保健用食品として利用されている。本試験では、男子および女子学生を対象とし、LS配合即席みその摂取が排便回数、排便量、便性状などの排便状況に及ぼす影響を検討した。緒方ら⁴⁾は、1日あたり素材としてLSを1.0g以上の摂取においてBifidobacte-

表4 LS配合即席みそ摂取量増加による排便状況への影響

試験期	2LS期	ブランク期	4LS期	ブランク期	6LS期
試験期間	3日間	7日間	3日間	7日間	3日間
LS即席みそ摂取量	2個(LS3.3g)	非摂取	4個(LS6.6g)	非摂取	6個(LS9.9g)
総排便回数 ^{a)}	38	65	41	54	46
泥状便排泄回数	1	2	4	2	0
泥状便排泄頻度 ^{b)}	2.63%	3.08%	9.76%	3.70%	0%
水状便排便回数	1	0	0	2	1
水状便排泄頻度 ^{b)}	2.63%	0%	0%	3.70%	2.17%

a) : 全被験者 (n=15) の試験期当たりの排便回数

b) : 各試験期における排便回数に対する排泄頻度
泥状便および水状便の排泄頻度に統計的有意差なし

表5 LS配合即席みそ摂取量増加による各腹部症状の発生頻度 (%) ¹⁾

試験期	2LS期	ブランク期	4LS期	ブランク期	6LS期
試験期間	3日間	7日間	3日間	7日間	3日間
LS即席みそ摂取量	2個(LS3.3g)	非摂取	4個(LS6.6g)	非摂取	6個(LS9.9g)
放屁	48.9 ^a	30.5 ^b	51.1 ^a	23.8 ^b	53.3 ^{a2)}
膨満感	33.3 ^a	18.1 ^b	24.4 ^{ab}	8.6 ^c	22.2 ^{ab}
腹痛	11.1 ^{ac}	2.9 ^b	8.9 ^{ac}	9.5 ^c	28.9 ^d
腹鳴	15.6 ^a	1.0 ^b	22.2 ^a	2.9 ^b	24.4 ^a
しどり腹	0.0 ^a	1.0 ^a	4.4 ^b	4.8 ^b	13.3 ^b
吐気	0.0	1.9	0.0	1.9	0.0

1) 各試験期の延べ人数に対する腹部症状を訴えた人数の割合 (被験者数n=15)

2) 異なるアルファベット間で互いに有意差あり (p<0.05)

ria占有率の有意な上昇を観察し、1日量2~3g前後のLS摂取で糞便中アンモニア、硫化水素などの腐敗産物生成を有意に抑制する便性改善効果の有効量を考察した。また岩井¹¹⁾らは、日量2g相当の清涼飲料水の摂取で有意な排便状況改善効果を報告した。このような知見に基づいて、1日当たりLSとして3gの摂取が妥当な量であると考えて、1日当たり2個摂取することによりLS 3g以

上を摂取できるようにLS配合即席みそ(即席みそ1個にLSとして1.65g配合)を試作した。プラセボ即席みそにはLSの代わりに同量のマルトースを配合した。

本試験の試験期間の食事内容については特別な献立は作成せず、通常の食生活の中で排便状況に影響を及ぼすと考えられる因子をできるだけ排除するため、難消化性糖質含有食品、食物繊維の多

い食品などの摂取を極力とらないように指導した。試験期間を1週間単位とすることにより、毎日の食事内容の違いによる影響はそれほど強く現れないものと予想したが、調査日誌を参照すると各被験者の食事選択のパターンにそれほど大きな違いはなく、単純な繰返しが多く見られた。

本試験では、1日にLS配合即席みその2個(LS 3.3g)の摂取による排便回数および排便量の増加が認められたが、その効果はLS摂取の1週目から増加傾向を示し、LS摂取の2週目にその効果は顕著になり、他の試験期間と比較して有意に増加した。便秘傾向群と非便秘傾向群に分けて分析した結果では、LS摂取後期の効果は非摂取期と比較して、非便秘傾向群では統計的有意差は認められなかったが、便秘傾向群では排便日数および排便量を有意に増加した。これらの結果はLSそのものの摂取およびLS配合クッキー、粉末清涼飲料または乳酸菌飲料を摂取した場合の結果と類似した傾向であった^{5,9,11,12}。

LS配合みその摂取により総嫌気生菌に対するBifidobacteriaの占有率が8名中7名に増加し、1名は減少傾向を示した。被験者全体のBifidobacteria占有率はLS摂取前が18.77%に対しLS摂取後期(2週目)では35.24%に有意($p < 0.05$)に上昇し、さらにプラセボ摂取後期の20.93%に対しても有意($p < 0.05$)に上昇した。*C. perfringens*の検出率が低かったことは本試験での被験者の年齢が20代で若く、摂取前のBifidobacteriaの検出率も比較的高かったことから腸内環境が比較的良好であったことが原因と考えられる。Bifidobacteriaの占有率が有意に増加し、排便状況の改善が認められたことから、LS配合みそ摂取により、素材としてのLSの場合と同様腸内環境が改善され、結果として排便量の増加や便性状の改善もたらされたものと考えられる。

LS即席みそ増量摂取によって「放屁」、「膨満感」、「腹痛」、「腹鳴」、「しぶり腹」などの腹部症状が認められたが、これらの症状は一過性のものであり、継続した症状ではなかった。また「放屁」、「膨満感」、および「腹鳴」などの症状はBifidobacteriaによって産生された有機酸を中和する際に二酸化炭素が発生したり、*Veillonella*, *Megasphaera*などが有機酸を資化して二酸化炭素や水素を生成したりする場合もあるとされていることから¹⁵、これらの腹部症状がLS配合即席みその摂取期に増加

して発生したことは腸管内でのBifidobacteriaの活性化を示すものとも考えられる。

素材としてのLSを単独で摂取したときの下痢に対する最大無作用量は体重kg当たり0.6gであり¹⁶、体重50kgのヒトでは1日にLS30gを摂取しても下痢を誘発しないことが報告されており、本試験におけるLS配合即席みその最大摂取量である90gの摂取ではLS摂取量は9.9gに過ぎず、下痢誘発量をかなり下回っている。本試験ではLS即席みそ増量摂取試験中に泥状便および水状便の発生が見られたが、発生頻度は各試験期間同士で有意差はなく、また用量依存性の増加も認められず、いずれも一過性の症状であり、短時間で回復した。

結 語

健康な男子および女子学生24名に乳果オリゴ糖(LS)配合即席みそ(15g, LSとして1.65g含有)1日当たり2個を2週間摂取させ、排便回数、排便量および便性状などの排便状況におよぼす影響について検討した。対照には乳果オリゴ糖の代わりにマルトースを配合したプラセボ即席みそを用い、プラセボ摂取期(前後期)、LS摂取期(前後期)のあいだに1週間の非摂取期を設定した。さらに、被験者から8名を選び腸内菌叢に対する影響について分析した。

その結果、排便回数および排便量ともにLS配合即席みその2週間の摂取により有意に($p < 0.05$ または $p < 0.01$)増加することが確認された。また、便性状においても有意な($p < 0.05$)改善効果が見られた。さらに、糞便中のBifidobacteriaの菌数に増加が認められ、総嫌気性菌に対するBifidobacteriaの占有率も有意な($p < 0.05$)増加を示した。

女子学生15名を対象に、LS即席みその摂取量を段階的に3倍量(6個, 90g, LSとして9.9g含有)まで増加した場合でも重篤な副作用を伴うことはなく、安全性が確認された。

以上の結果より、LS配合即席みその摂取は、Bifidobacteriaなどの有用菌を増加させるとともに排便状況を改善し、ヒトの腸内環境改善に有意義であることが明らかとなった。

本試験に際して、深い理解をもって試験に協力していただいた被験者の方々に感謝いたします。

文 献

- 1) 藤田孝輝. (1998) ラクトスクロース. オリゴ糖の新知識 食品新素材協議会技術部会編, pp94-116
- 2) 藤田孝輝. (2000) 乳果オリゴ糖について. 日本食品新素材研究会誌 3, 66-72
- 3) 藤田孝輝, 原耕三, 堺修造, 三宅俊雄, 山下昌之, 恒富保彦, 光岡知足. (1991) ヒトでの $4^G-\beta-D-Galactosylsucrose$ (ラクトスクロース) の消化性と腸内菌叢に与える影響. 澱粉科学, 38, 249-255
- 4) 緒方幸代, 藤田孝輝, 石神博, 原耕三, 寺田厚, 原宏佳, 藤森勲, 光岡知足. (1993) $4^G-\beta-D-Galactosylsucrose$ (Lactosucrose) の少量摂取がヒト腸内フローラおよび糞便性状に及ぼす影響. 日本栄養・食糧学会誌, 46, 317-323
- 5) 飯野久和, 田中竹美, 藤田孝輝, 三国克彦, 原耕三. (1995) $4^G-\beta-D-Galactosylsucrose$ (ラクトスクロース) の摂取が女子学生の便通に及ぼす影響. 医学と薬学, 33, 855-862
- 6) 大津俊宏, 飯野久和, 折居直樹. (1996) ヨーグルト摂取が女子学生の排便回数および便性に及ぼす影響. 医学と薬学, 35, 1053-1060
- 7) Hara, H., Li, S., Sasaki, M., Maruyama, T., Terada, A., Ogata, Y., Fujita, K., Ishigami, H., Hara, K., Fujimori, I., Mitsuoka, T. (1994) Effective dose of lactosucrose on fecal flora and fecal metabolites of humans. Bifidobact. Microflora 13, 51-63
- 8) Kumemura, M., Hashimoto, F., Fujii, C., Matusuo, K., Kimura, H., Miyazoe, R., Okamatusu, H., Inokuchi, T., Ito, H., Oizumi, K., Oku, T. (1992) Effects of administration of $4^G-\beta-D-Galactosylsucrose$ on fecal microflora, putrefactive products, short chain fatty acids, weight, moisture and pH, and subjective sensation of defecation in the elderly with constipation. J. Clin. Biochem. Nutr 13, 199-210
- 9) 森川尚美, 森岡保, 塚原典子, 田中たえ子, 佐藤和人, 江澤郁子. (1998) 乳果オリゴ糖含有クッキーが若年女子の排便および腸内菌叢に及ぼす影響. 日本食物繊維研究会誌, 2, 95-100
- 10) 丸山昌樹, 榊剛弘, 別府秀彦, 井上孝, 川井薫, 新保寛, 玉井育子, 中野浩, 葛谷博磁. (1999) 乳果オリゴ糖含有クロワッサンが女子学生の排便および腸内菌叢に及ぼす影響. 健康・栄養食品研究, 2, 1-14
- 11) 岩井和也, 中林義晴, 藤田孝輝, 根岸由紀子, 奥脇義行, 菅原龍幸. (1999) 乳果オリゴ糖配合粉末清涼飲料摂取の排便に対する影響. 日本初期生活学会誌, 10, 64-75
- 12) 歳森康弘, 齋藤典行, 米山勝, 秋葉正典, 中嶋潔, 奥和之, 福田恵温. (2000) 乳果オリゴ糖含有乳酸菌飲料の排便及び腸内菌叢に及ぼす影響. 日本食品素材研究会誌, 3, 11-17
- 13) 光岡知足, (1980) 腸内細菌の世界. 叢文社
- 14) 柳井久江 (2001) 4 Steps エクセル統計. 星雲社
- 15) Yazawa, K., Nakajima, A., Tamura, Z. (1984) Growth of bifidobacteria in adults intestine on oral administration of sugar source, pantetheine and riboflavin. Bifidobact. Microflora, 3, 43-49
- 16) 三国克彦, 藤田孝輝, 榊原恵美子, 桑原宣洋, 尾形政祐. (1993) $4^G-\beta-D-Galactosylsucrose$ (“ラクトスクロース”) 摂取と胃腸症状との関係-最大無作用量に関する一考察-. 澱粉科学, 40, 15-19