

天然物由来の糖質による機能性食品素材の開発（第1報）
- モロヘイヤ及びツルムラサキ由来多糖類の物理化学的，生理
学的特性について -

荅庵泰志*，山崎栄次*，栗田 修*，中林 徹*，坪内一夫*

Development of Functional Food Material from Natural Carbohydrates ()
- Physiochemical and Physiological Properties of Polysaccharides
from Moroheiya and Tsurumurasaki

by Yasushi KOKEAN, Eiji YAMAZAKI, Osamu KURITA,
Toru NAKABAYASHI and Kazuo TSUBOUCHI

Three polysaccharides were fractionated from the dry powders of Moroheiya and Tsurumurasaki by alkali- and acid- extraction. The viscosity of solution(w/v) suspended with each polysaccharide and water-insoluble fiber were following: the values of acidic polysaccharide, alkaline polysaccharide, water-insoluble fiber, and dry powder in Moroheiya were 8.6, 2.2, 73.2, and 3.9mPa·s, respectively. The values of acidic polysaccharide and dry powder in Tsurumurasaki were each of 56.8 and 10.4 mPa·s. The emulsifying stability of water-insoluble fibers of both vegetables were 100%. The water-holding capacity of water-insoluble fiber from Tsurumurasaki was higher than these of other polysaccharides. The sugar contents as well as color tones for alkaline polysaccharide from Moroheiya and water-insoluble fiber from Tsurumurasaki were hardly changed by weather resistant test. The acidic polysaccharide, alkaline polysaccharide, and dry powder of Moroheiya and Tsurumurasaki showed the effect of growth on *Lactococcus lactis* NBRC12007.

Key word: polysaccharide, Moroheiya, Tsurumurasaki

1. はじめに

農産物の中には，粘性のある独特の食感を持ったものが知られている．これら農作物の粘性の多くは，含有する多糖類に起因する．

粘性を持った農作物としては，オクラ，ヤマイモ類，モロヘイヤ，ツルムラサキ，アシタバ，サトイモ等が一般的に市場に出回っている．三重県では，松阪市とその周辺地域でモロヘイヤの栽培

が盛んで，その収穫量は平成12年度に1,952tで全国1位，作付け面積は28haで群馬県の33haに次いで全国2位となっている¹⁾．

モロヘイヤ (*Corchorus olitorius*) はナシノキ科の一年生草本で，エジプトやインド原産の緑黄色野菜であり，ウロン酸に富む粘性多糖類²⁾や，ビタミン，ミネラル類を多く含んでいる³⁾．海外では食用の他，その繊維質をジュート麻としても利用されている．また，その種子には毒物質である強心配糖体が含まれており，主要なアグリコンはストロファンチジンであることがわかっている

* 生物食品グループ

ツルムラサキ (*Basella rubra*) は中国南部から熱帯アジア原産のツル性の夏野菜で、カロチン、ビタミンC、鉄等を豊富に含んでいる⁸⁾。ツルが紫色をしていることからこの名があるが、市場には緑色系と紫系の2種類が出回っている。若い芽先をツルごと摘心して食用にする。

本研究ではこの2種類の作物に含まれる粘性多糖類の抽出法を確立すると共に、抽出した多糖類の物理学的、生理学的な特性について検討を行った。

2. 材料と実験方法

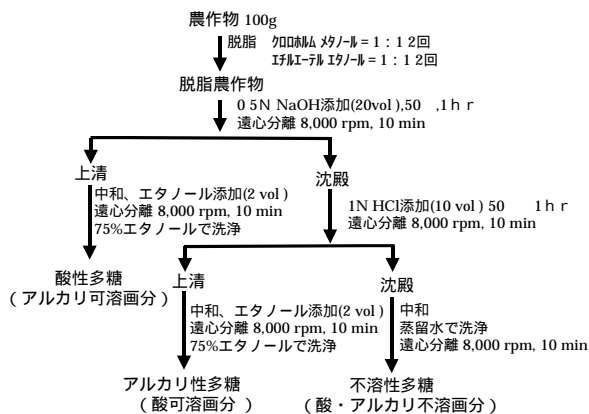
2.1 原材料

モロヘイヤ乾燥粉末および、ツルムラサキ生茎葉は(株)アグリネット三重中央から購入した。ツルムラサキ茎葉は、熱風乾燥機を用いて、70℃で24時間処理し、乾燥後粉碎して実験試料とした。

2.2 多糖の抽出

一連の抽出操作は図1に示した。以下に多糖抽出の詳細について述べる。また、抽出における全ての遠心分離操作には、遠心分離器はベックマンコールター社 AVANTI-25(ローター, JA-10)を用いた。

図1 農作物からの糖質の抽出法



2.2.1 脱脂

モロヘイヤ乾燥粉末 100 g 当たり 500 ml のクロロホルム:メタノール=1:1を加え、50℃で30分間振とうした後、5,000rpmで10分間、遠心分離した。残差についてこの操作を2回繰り返した。次に、同様の操作をエチルエーテル:エタノール=1:1で行った後、80℃で乾燥させた。

2.2.2 酸性多糖の抽出

脱脂乾燥粉末に0.5NのNaOHを2L(20倍容量)添加攪拌し、50℃で1時間抽出した。これを8,000rpm、10分間遠心分離し、上清を酸性多糖(アルカリ可溶画分)とした。沈殿(アルカリ不溶画分)は酸抽出以降の操作に用いた。上清を中和した後、総容量の2倍量のエタノールを添加し、生成した沈殿を8,000rpm、10分間遠心分離して回収、75%エタノールで2回洗浄、凍結乾燥した。

2.2.3 アルカリ性多糖の抽出

アルカリ不溶画分に1N HClを1L(10倍容)添加後攪拌し、50℃で1時間抽出した。これを8,000rpmで10分間遠心分離し、得られた上清をアルカリ性多糖(酸可溶画分)とした。沈殿は酸・アルカリ不溶画分とした。上清は中和、2倍容量のエタノールを添加し、生成した沈殿を8,000rpm、10分間遠心分離して回収後、75%エタノールで2回洗浄、凍結乾燥した。

2.2.4 不溶性多糖の抽出

酸・アルカリ不溶画分を中性になるまで蒸留水で洗浄し、8,000rpmで10分間遠心分離して沈殿を回収し、不溶性多糖(アルカリ・酸不溶画分)として凍結乾燥した。

2.2.5 多糖のプロテアーゼ処理

多糖粉末それぞれ5gを10mM トリス塩酸緩衝液に懸濁したのち、プロナーゼ500mg、トリプシン100mgを加え、37℃で24時間行い、エタノール沈殿によってプロテアーゼ処理多糖を回収した。

2.3 多糖の純度測定

多糖の純度は、それぞれの凍結乾燥粉末に含まれる炭水化物以外の重量を、総重量から差し引くことで求めた。水分含量は乾熱器で105℃、3時間試料を乾燥させることによって求めた。タンパク質はケルダール法(蛋白係数:6.25)に従って窒素量を分析し、得られた値とタンパク係数から計算した。粗脂肪はソックスレー法に従ってエーテル抽出により分析した。灰分は電気炉で600℃、1時間加熱することにより、恒量になるまで灰化処理を行って重量を測定した⁹⁾。

2.4 耐候試験

キセノンウェザーメーター（スガ試験機（株），X25）を用いて10日間で光，及び熱による加速度劣化試験を行った．光の照射はキセノンアークランプ（UV/VIS）により，照射照度60w/m²，温度60とし，湿度は50%とした．

2.4.1 全糖量測定

フェノール硫酸法によって分析した．すなわち，試験試料乾燥粉末100μg/mlとなるように蒸留水に懸濁し，この溶液200μlに対して5%フェノール溶液を同量加えた後，濃硫酸1mlを加えて30分後に490nmでの吸光度を測定した．

2.4.2 熱分析

TAインスツルメント（株）示差走査熱量計（DSC）2920を用いた．各試料は5mgを用い，測定条件は，25で10分間保った後に，300まで，10/minで行った．

2.4.3 色差分析

日本電色工業（株）測色色差計SQ2000により，C光源を用いて反射法で測定した．

2.5 乳化力及び乳化安定性の測定

0.3gの試料に対して10mlの水を加え，ポリトロンホモジナイザーで1分間混合した後，サラダ油（日清サラダ油，日清オイリオ（株））10mlを加え，さらに3分間混合した．その後，目盛り付き試験管に移して1,500rpm，5分間遠心分離した．乳化力は，全体量に対する乳化層の量の割合とし，乳化安定性については，80，30分間，続いて15，30分間放置した後の，全体量に対する乳化層の量の割合とした¹⁰⁾⁻¹²⁾．

2.6 保水力の測定

試料0.5gを50mlのポリプロピレン遠沈管に入れ，30mlの蒸留水を加え十分に混ぜた後，37で一晩放置した．その後，3,362rpm，10分間遠心し，水分を除去した．また，10分間，余分な水分を取り除くために，遠沈管を逆さにして放置した．各遠沈管の重量を測定し，乾物当たりの吸水した水分量を不溶性多糖の保水力とした．

2.7 粘度測定

B型粘度計（（株）東京計器製造所 B型粘度計BL型）を用いて1%溶液の粘度を測定した．

2.8 乳酸菌に対する生育増殖効果

Lactobacillus acidophilus NBRC 13953*

Lactococcus lactis NBRC 12007**に対して，原粉末，酸性多糖，アルカリ性多糖を培地に5%添加したときの生育効果について検討した．

*については，MRS培地を，**については，M17培地を使用した．培養は，37で24時間前培養した菌液を1/100（vol/vol）となるように培地に加え，37で24時間培養したときの培地のpHを測定し，菌に対する生育効果を検討した．

3. 結果と考察

3.1 多糖の抽出

モロヘイヤ及びツルムラサキ原粉末100gからの各多糖の収量を，表1に示した．両作物からの多糖の収量は，乾燥粉末当たりではほぼ同等の値となった．作物の違いに関わらず収量の面では，本研究で確立した抽出法で同程度抽出できることがわかった．

表1 抽出多糖の収量（g/100g原料）

	脱脂粉末	酸性多糖	アルカリ性多糖	不溶性多糖
モロヘイヤ	95.1	11.3	3.7	34.3
ツルムラサキ	90.0	11.2	4.3	35.6

3.2 多糖の純度

各多糖の純度は，表2のようになった．5訂食品成分表によると³⁾⁸⁾，乾物当たりの水溶性食物繊維の含量は，モロヘイヤで9.4%，ツルムラサキで12.2%，不溶性食物繊維はモロヘイヤが33.1%，ツルムラサキが32.7%であることから，抽出操作によって原粉末に含まれる多糖類を酸性多糖とアルカリ性多糖で約1.5倍，不溶性多糖で約2倍に濃縮することができた．本抽出法は非常に簡便であるため，試料の大量調製にも応用することができると考えられる．

表2 多糖の純度（%）

	酸性多糖	アルカリ性多糖	不溶性多糖
モロヘイヤ	48.0	50.0	62.0
ツルムラサキ	46.0	56.0	61.0

3.3 耐候試験

耐候試験は，抽出した多糖を食品に利用した場合，疑似太陽光（キセノンアークランプ：UV/VIS及び熱）の下でどのような変化を示すかを検討するために，ウェザーメーターによる加速度劣化試験を行った．これにより，商品の日持ち等を推定する指標と

することができる。ウェザーメーターでの10日間での積算照射エネルギー量は約5万kJ/m²であった。

3.3.1 全糖量測定

表3に、耐候試験前の試料の全糖量を100%として比較したときの、試験後の値を示した。

耐候試験に対しては、モロヘイヤではアルカリ性多糖、不溶性多糖は強く、酸性多糖は弱かった。ツルムラサキでは、酸性多糖が強く、アルカリ性多糖、不溶性多糖では検出限界以下に減少していた。長期保存食品へこれら多糖を添加して利用する場合の安定性については、試験後の物性や分子量等、さらに詳細な検討が必要と考えられる。

表3 耐候試験後の全糖量(%) (A)

多糖	
原粉末	86.9
酸性多糖	51.9
アルカリ性多糖	102.1
不溶性多糖	112.1

(B)

多糖	
原粉末	88.0
酸性多糖	112.0
アルカリ性多糖	N.D.
不溶性多糖	N.D.

(A)モロヘイヤ (B)ツルムラサキ

3.3.2 熱分析

試料の吸熱ピーク温度を測定した。表4のように、原粉末では耐候試験によりその値は低下したのに対し、抽出多糖では安定であった。このことから、本研究で開発した抽出法は、熱を用いた食品加工等においても、安定な多糖を調製するのに寄与できることが明らかとなった。

表4 耐候試験後の吸熱ピーク温度の変化

(モロヘイヤ) ()

多糖	試験前	試験後
原粉末	131.4	102.0
酸性多糖	103.6	102.1
アルカリ性多糖	208.2	194.1
不溶性多糖	103.8	104.1

3.3.3 色差分析

表5に結果を示した。モロヘイヤ原粉末、ツルムラサキ原粉末共に、耐候試験により明度が増加し、色が薄くなった。しかしながら、その他の多糖では、大きな色の変化は認められなかった。色落ちの観点において、これら抽出多糖の保存性は、良好であると思われる。

表5 耐候試験による色調の変化 (A)

	試験前				試験後			
	L*	a*	b*	c*	L*	a*	b*	c*
原粉末	58.3	-7.0	24.5	25.5	72.5	-3.2	22.0	22.2
酸性多糖	54.5	1.1	16.9	16.9	54.7	1.7	16.1	16.2
アルカリ性多糖	55.8	1.7	9.6	9.7	55.7	1.5	9.5	9.6
不溶性多糖	57.3	-0.7	17.8	17.8	58.8	0.4	17.3	17.3

(B)

	試験前				試験後			
	L*	a*	b*	c*	L*	a*	b*	c*
原粉末	57.4	-8.6	27.3	28.6	62.6	-5.0	21.3	21.9
酸性多糖	75.2	-0.4	12.9	12.9	70.5	0.8	18.3	18.3
アルカリ性多糖	82.5	-0.1	5.9	5.9	83.6	-0.01	5.8	5.8
不溶性多糖	60.7	-2.7	18.3	18.5	63.7	-1.3	15.3	15.4

(A)モロヘイヤ (B)ツルムラサキ

L*: 明度, a*: 色度(赤方向), b*: 色度(黄色方向), c*: 彩度 = (a*+b*)

3.4 多糖の乳化力及び乳化安定性

表6に結果を示した。モロヘイヤの酸性多糖は、乳化力、及び乳化安定性に優れていることを確認した。ツルムラサキは、不溶性多糖の乳化安定性以外は全てモロヘイヤより劣っていた。

抽出粉末の乳化性や保水性に対する含有タンパク質の影響を検討するため、プロテアーゼによる処理を行った。プロテアーゼ処理後では、乳化力、乳化安定性に変化が認められた。特にツルムラサキでは乳化力の全ての値がプロテアーゼ処理によって減少しており、乳化力を高めるために、多糖に含まれているタンパク質が相乗効果をしていることが示唆された。一方、モロヘイヤ酸性多糖はプロテアーゼ処理に対しても安定であり、乳化剤として非常に有望な素材であると考えられる。

表6 多糖の乳化特性 (A)

	原粉末		アルカリ性多糖		酸性多糖		不溶性多糖	
	無	有	無	有	無	有	無	有
プロテアーゼ処理	-	-	-	-	無	有	無	有
乳化力	84.3	62.2	100	100	85.1	57.8		
乳化安定性	80.0	48.3	100	100	60.0	100		

(B)

	原粉末	アルカリ性多糖	酸性多糖		不溶性多糖	
			無	有	無	有
プロテアーゼ処理	-	-	無	有	無	有
乳化力	24.0	10.0	62.8	47.9	79.2	16.3
乳化安定性	81.3	42.9	92.7	60.0	100	100

(A)モロヘイヤ (B)ツルムラサキ

3.5 多糖の保水力

各多糖の保水力に関する結果を表7に示した。ツルムラサキ不溶性多糖は、モロヘイヤ、ツルムラサキ多糖の中で最も保水性に優れていた。このため、ツルムラサキ不溶性多糖は、非常に有用な食品用保水剤になりうると考えられる。

また、酸性多糖、不溶性多糖をプロテアーゼ処理することによりモロヘイヤ、ツルムラサキ共に保水性が低下していることから、水分保持に関わる多糖の物理的な構造を維持するために、タンパク質の存在が重要であると考えられる。

表7 多糖類の保水性 (g/100g 乾物)

	原粉末	アルカリ性多糖	酸性多糖		不溶性多糖	
			無	有	無	有
プロテアーゼ処理	-	-	無	有	無	有
モロヘイヤ	5.3	ND	7.3	1.8	17.6	4.4
ツルムラサキ	9.5	ND	3.8	1.0	25.1	17.4

3.6 多糖の粘度

ツルムラサキの各抽出粉末の粘度 (mPa·s) は、それぞれ原粉末 3.9、脱脂粉末 4.4、酸性多糖 8.6、アルカリ性多糖 2.2、不溶性多糖 73.2 となり、不溶性多糖以外は強い粘度を示さなかった。モロヘイヤに関しては原粉末 10.4、酸性多糖 56.8 となった。アルカリ性多糖、不溶性多糖については粘度が低く測定限界以下であった。生のツルムラサキの茎葉は、モロヘイヤ同様の粘稠性を示すことから、ツルムラサキ原末の粘度低下は、熱風乾燥により、物性が変化している可能性がある。

3.7 乳酸菌に対する生育増殖効果

表8に結果を示した。モロヘイヤ、ツルムラサキ共に多糖添加、未添加で増殖による培地の pH 低下は認められなかった。

モロヘイヤ多糖は、NBRC13953 に対して多糖添加、及び未添加で培養後の pH の変化はなく、増殖効果は確認できなかった。NBRC12007 に対しては、原粉末と酸性多糖で、わずかに増殖効果

が認められた。ツルムラサキにおいても、NBRC13953 に対しては、ほとんど増殖効果は認められなかった。しかしながら、NBRC12007 では、増殖効果が認められた。

表8 モロヘイヤ多糖の乳酸菌増殖効果 (pH) (A)

菌株	13953		12007	
	添加	未添加	添加	未添加
多糖				
原粉末	6.56	6.55	5.88	7.01
酸性多糖	7.02	7.19	6.03	7.34
アルカリ性多糖	4.23	4.25	7.04	7.08

(B)

菌株	13953		12007	
	添加	未添加	添加	未添加
多糖				
原粉末	6.33	6.17	5.69	6.74
酸性多糖	6.81	7.21	6.09	7.21
アルカリ性多糖	6.94	7.05	5.80	7.34

(A)モロヘイヤ (B)ツルムラサキ

4. まとめ

- 1) 粘性を特徴とした作物であるモロヘイヤ、及びツルムラサキから酸、アルカリ抽出、エタノール沈殿により粘性多糖を抽出する方法を確立した。
- 2) 抽出した酸性多糖、アルカリ性多糖、不溶性多糖は食品分析表で得られた生の茎葉での値よりも、高純度で抽出できた。
- 3) 耐候試験による各多糖の安定性は、全糖分析によると、モロヘイヤではアルカリ性多糖及び不溶性多糖が、ツルムラサキでは酸性多糖が優れていた。また、色調については、どの多糖も安定であった。
- 4) 乳化力、乳化安定性はモロヘイヤ酸性多糖が、保水性はツルムラサキ不溶性多糖が優れていた。しかし、これらの物理的性質は、含有するタンパク質によって影響を受けることも示唆された。
- 5) NBRC12007 は、モロヘイヤ、ツルムラサキ

の多糖によって増殖効果を示した。

参考文献

- 1) (社)日本施設園芸協会編：“地域特産野菜の生産状況 平成12年産”。日本施設園芸協会，79 (2002)
- 2) Otani, K. et al. :“Characterization of an acidic polysaccharide isolated from the leaves of *Corchorus olitorius* (Moroheiya)”. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 59(3),378-81 (1995).
- 3) 科学技術庁資源調査会編：“五訂食品成分表”。大蔵省印刷局，114-115 (2000).
- 4) Johnson, S. J. and Toleman, M. A.:“The toxicity of jute (*Corchorus olitorius*) seed to pig”. *Aust. Vet. J.*, 58,264-265 (1982).
- 5) Johnson, S. J. and Toleman, M. A.:“Apparent lack of toxicity of jute (*Corchorus olitorius*) seed for poultry”. *Aust. Vet. J.*, 61, 124 (1984).
- 6) McKenzie, R. A. et al. :“Suspected jute seed (*Corchorus olitorius*) poisoning of cattle”. *Aust. Vet. J.*, 69, 117-118 (1992).
- 7) 濱口芳浩ほか：“牛のモロヘイヤ(*Corchorus olitorius* L.) 種子中毒”。日本獣医学会誌，51, 407-410 (1998).
- 8) 科学技術庁資源調査会編：“五訂食品成分表”。大蔵省印刷局，96-97 (2000).
- 9) 小原哲二郎ほか 編：“食品ハンドブック 第2版”，建帛社 (1973)
- 10) 斎尾恭子ほか：“大豆蛋白質の加熱ゲル化特性”。日本食品工業学会誌，21(5)，20-24 (1974)。
- 11) 青木宏，長野宏子：“大豆タンパク質の乳化特性に関する研究 (第1報) 乳化特性におよぼす基本的因子について”。日本食品工業学会誌，22(7)，12-16 (1975)。
- 12) 山内文男ほか：“アセチル化大豆蛋白質の乳化特性”。日本食品工業学会誌，25(8)，26-30 (1978)。