

## 減塩と粘性を備えた機能性しょう油による塩分摂取 及び吸収抑制効果について

蓮井 裕二\*・土谷 庸\*

Suppressor Effects of Intake and Reabsorption of Salt by Functional Soy Sauce with  
Low Salt and Viscosity

Yuji HASUI \*・You TUTIYA \*

Key words : 減塩しょう油 Low salt Soy Sauce  
粘性しょう油 Viscous soy Sauce  
塩 Salt  
抑制効果 Suppressor Effects

### はじめに

青森県は短命県として周知されており、その最も大きな原因の一つは過剰な塩分摂取である。高血圧や胃がんに関与する食塩の摂取量は健康日本21では、10 g未満/日、WHOでは5 g以下が目標とされている。国民の栄養調査報告書では<sup>1)</sup>日本人の平均の1日の食塩摂取量は11.4gと以前よりは減少しているが50～69歳の男性は13.5 gで目標値に比べるとまだ高い数値となっている。青森県の塩分摂取量は15.3 g/日とかなり高い摂取量となっているが、県民の塩分摂取量を抑制するためには、習慣化した食事を改善させる地道な保健指導、栄養教育が特に重要である。青森県はしょう油の消費量が非常に高く、この習慣化した濃い塩味をどのようにすると抑制することができるか難しい問題である。本研究では濃口しょう油の1/2塩分量(約10%)でありながら塩味は、普通の醤油(塩分18%)とほぼ変わらない減塩・粘性しょう油を開発し、本試験に供した。大学生(19.5 ± 1.4)10人の被試験者にこのしょう油を使用した料理を食してもらい、1日の塩分摂取量を調査した。早朝尿における尿量、比重、睡眠時間、尿中塩分量を記録してもらい、スポット尿中

に含まれる塩分量から公式によって1日の塩分摂取量を推定した。その結果、平均して一日の推定塩分摂取量は約9.1 g/日であることから、良好な食生活をしていることが分かった。

試験を行うに当たり、被試験者及び東北女子大学清風寮の栄養士の先生方々、寮生の同意を得た。また、本研究の実施に当たり、東北女子大学倫理規定に基づく同倫理委員会の承認を得た。

### 試験方法

#### 1. 減塩・粘性しょう油の製造<sup>2)</sup>

しょう油の粘性は一般調味料として最も使用頻度の大きなソースの粘性を基準にした。ソースの粘度は400～1000mPa・sの範囲にあり、第一報<sup>2)</sup>での減塩・粘性しょう油の粘度は735mPa・sであった。本研究における粘度はB型粘度計を使用し、ミリンドルNo4・rpm12を用いて20℃で測定した。本研究ではカラジナンの耐塩性が低いことから添加量を減らした。また、ペクチンの溶解度は調合する多糖の順番を変えることで変化することが明らかになったので、多糖調製液1000 ml中において、ペクチン添加量4 gから17 gへ、ジュンサイ多糖湿重量500 g(乾燥重量1%)を150 g添加に変更した。

\* 東北女子大学

## 2. 食事等に使用した減塩・粘性しょう油

東北女子大学清風寮における栄養士の先生方及び寮生の諸君に本試験で使用する予定の減塩・粘性しょう油を1週間使用して検討してもらった結果、調理等での使用許可を得たので、試験に供した。10日間の尿中の塩分測定期間の寮の食事における料理及びかけ醤油には減塩・粘性しょう油(塩分10%)のみを使用してもらった。その結果、魚の煮つけ、野菜の煮つけ、卵焼き、きんぴらごぼう、肉の生姜焼き、お浸し、冷奴等の料理に使用し、普通しょう油に近い塩味及びこくがあるという結果を得た。通常の寮の料理の塩味と同程度にするには量的に1.2倍程度の減塩・粘性しょう油が必要になることが明らかになった。

## 3. 尿量の測定

睡眠時間を規則的にするため、できるだけ午後11時には排尿を済ませ、就寝してもらい、11時以降まで起きている日は試験を中止してもらった。早朝(おおよそ6:30分頃)起床時間を記録してから直ちに250mlの目盛付検査用コップに採尿し、所定の項目について測定してもらった。

## 4. 尿中比重の測定

尿比重は ATAGO- 尿比重屈折計 (MASTER-URC) を使用し、測定してもらった。

## 5. 尿中塩分の測定

24時間尿を採尿することは被試験者を長時間拘束することになることから実施は困難であった。スポット尿から、クレアチニン量を分析し、身長、体重、年齢及び除脂肪体重から推定した1日のクレアチニン排出量との比を利用した<sup>3)</sup>1日の排泄量を推定する方法が行われているが<sup>4)</sup>、クレアチニンの安価な測定法はまだない。早朝尿(夜間尿)は24時間尿との相関が高いという報告<sup>5) 6) 7)</sup>があり、これらの報告を参考にして早朝尿から24時間尿中の食塩量を推測することを検討した。

尿中の塩分測定は堀場コンパクト塩分計(B-

721) を使用し、尿比重は ATAGO- 尿比重屈折計 (MASTER-URC) を使用した。被試験者は東北女子大学清風寮の学生に応募し、本試験の趣旨を説明し、賛同を得て、協力を申し出てくれた10人の学生を試験者とした。被試験者には塩分測定器及び尿比重屈折計の扱い方を指導し、数種類の塩分濃度の溶液を用意して、実際に測定練習をしてもらった。

早朝尿量については、検査用紙コップ(250ml)を渡し、尿量、尿比重及び睡眠時間を記録させた。

### 1) 尿比重の補正による尿量の補正

尿の比重は8時間睡眠時の基準比重を1.020とし、これに換算した尿量を計算した。

$$\text{実測尿量} \times \text{実測尿比重} = \text{補正尿量 (X)} \times 1.020$$

### 2) 睡眠時間の補正による尿量の補正

睡眠時間と睡眠中に作られる尿量は比例することから8時間睡眠による尿量を次のような式で補正した。

$$\text{実測尿量} \times 8 (\text{仮定の睡眠時間}) = \text{補正尿量 (X)} \times \text{実測睡眠時間}$$

### 3) 1)、2) による補正尿量における塩分量

$$1 \text{ 回の塩分量} = \text{測定値} \times \text{補正尿量} / 100$$

### 4) スポット尿中塩分量からの24時間尿中の塩分量の推定

24時間尿中の塩分量は次の公式<sup>8)</sup>を用いた。

女性の場合

$$Y (24 \text{ 時間尿中の塩分量}) = 2 X + 4.48 \text{ (g/1)} \\ r=0.75 \text{ (相関度)}$$

実測尿量及び実測塩分量を補正し、比重1.020、睡眠時間8時間における尿中塩分量として計算した。1回の実測尿中塩分量から1回の補正塩分量を求め、10日間における1回の尿中塩分平均値を求めた。この平均値を公式に当てはめ、24時間尿中の推定塩分量を求めた。

### 5) 減塩・粘性しょう油における塩分吸収抑制効

## 果

濃口しょう油の希釈溶液及び減塩・粘性しょう油を透析膜チューブ（溶質の分子量 2000～10000 通過）にそれぞれ加え、48 時間における NaCl の外液への透過量を測定し、酸性多糖類を加えた粘性しょう油の腸への塩分吸収抑制効果について検討した。実験方法は次のようにした。

- i) 濃口しょう油を蒸留水で 1/2 に希釈し、塩分 8.7% 溶液を 50 ml 作成した。
- ii) 減塩・粘性しょう油（塩分 10%）50 ml を用意した。
- iii) 500 ml の三角フラスコに蒸留水を 200 ml 加え、透析チューブをつるして、25℃で 48 時間透析した。
- iv) 各外液の塩分濃度を測定し、腸膜における膜通過塩分について推定した。

## 結 果

### 1. 減塩・粘性しょう油の製造<sup>2)</sup>

改良前の減塩・粘性しょう油の粘度は 735mPa・s であったが、改良後の粘性は 743mPa・s で粘性はやや増加した。本研究ではカラジーン耐塩性が低いことから、添加量は 12 g から 5 g に減らした。アラビアガムはジュン菜多糖と物理的特性が似ており、他の多糖類と異なり、高濃度でも粘性が低く、しょう油の粘性には寄与しないが、アラビアガムを先に溶解し、次にペクチンを溶解するとペクチンの溶解性が高まることが明らかになったので、ペクチンの添加量を 4 g から 17 g/ℓ に増加した。またジュンサイ多糖の物理

的特性が似たアラビアガムの添加量を 7.5 g から 15 g に増加させ、ジュン菜多糖の添加量を湿重量 500 g（乾燥重量 1%）から 150 g に変更した。これらのことにより、減塩・粘性しょう油の粘度は 736 mPa・s から 743 mPa・s に上昇し、構成多糖類の離水がなくなり、均一な濃度になった。結果は表 1 の通りである。

### 2. 尿量の測定

女性の早朝尿は平均で 85 ml から 300 ml の範囲にある<sup>3)</sup>。本試験の尿量は 97 ml から 450 ml の範囲にあり、ほぼ平均的な早朝尿量であった。尿量及び尿比重は個人差が大きく、睡眠時間によっても変動するので、山末等の方法<sup>3)</sup>に従って補正し、8 時間睡眠した場合に換算することにした。

本試験における 10 人の 10 日間の早朝尿平均値は 184ml になった。結果は表 2、表 3 の通りである。

### 3. 尿中比重の補正

尿の比重に異常があった場合は尿量、尿糖、尿蛋白、尿素及び尿塩分等の影響が考えられる。被試験者 10 人（1 件は測定ミスで除外）の 10 日間の尿平均比重は 1.027 であり、正常値の範囲であるが 24 時間尿の平均値である 1.014 に比較すると早朝尿はやや濃縮されていることが推定される。尿比重の補正は基準値を 1.020<sup>6)</sup> とし、実測された尿量と比重から比重 1.020 の場合の尿量に換算して尿量を求めた。全体としては比重 1.027 で平均値よりやや高めであるが、各個人の 10 日

表1 減塩・粘性しょう油の構成多糖類（2L）

	改良前	改良後
多糖の種類	重量(g)	重量(g)
ジュン菜	500.0	150.0
ペクチン	4.0	17.0
アラビアガム	7.6	15.0
カラジーン（λ）	12.0	5.0
粘度	736 mPa・s	743 mPa・s

間の実測平均値は1.014から1.034と差が大きかった。結果は表2の通りである。

#### 4. 尿中塩分の測定

平均値は184ml、比重1.027、塩分濃度1.052%、1日の推定塩分摂取量9.06gであった。武井等<sup>4)</sup>によれば塩分摂取制限した場合、1日6.0gの塩分摂取では1回の排泄Na濃度は1%以下(約0.6%)というデータを示しているが、本試験では1日9.1g塩分を摂取して、1回のNa排泄濃度は

1.052%という結果になり、ほぼ武井等の研究と一致していた。測定期間中、食事に使用したしょう油は減塩・粘性しょう油を使用し、その調理における使用量は日常使用している塩分濃度18%のしょう油の1.2倍程度量を使用して通常と同じ塩味を得たという結果から、消費した減塩・粘性しょう油(10%)の塩分量は濃口しょう油(18%)の2/3であった。このことから塩分摂取の抑制効果があることが示唆された。結果は表2、表3の通りである。

表2 各個人のデータ

①	尿量(ml)	比重	塩分%	睡眠時間	推定塩分摂取量 g/ 1 日
	270.0	1.021	0.80	7.83	
	130.0	1.030	0.73	7.30	
	120.0	1.031	1.10	6.83	
	150.0	1.030	0.82	6.20	
	150.0	1.028	0.78	5.83	
	230.0	1.029	1.20	7.30	
	210.0	1.028	2.30	6.83	
	200.0	1.032	1.30	7.33	
	170.0	1.027	2.20	6.83	
平均	181.1	1.028	1.25	6.92	9.71

  

②	尿量(ml)	比重	塩分%	睡眠時間	推定塩分摂取量 g/ 1 日
	450.0	1.030	1.00	7.50	
	150.0	1.031	0.57	6.50	
	200.0	1.025	2.20	6.50	
	350.0	1.028	0.74	6.00	
	150.0	1.028	1.70	6.00	
平均	260.0	1.028	1.24	6.50	12.42

  

③	尿量(ml)	比重	塩分%	睡眠時間	推定塩分摂取量 g/ 1 日
	250.0	1.025	1.00	7.00	
	250.0	1.028	1.10	6.96	
	200.0	1.031	0.78	6.80	
	200.0	1.025	0.80	6.62	
	250.0	1.027	1.00	6.00	
	350.0	1.010	0.71	6.32	
	200.0	1.026	0.92	6.25	
	250.0	1.021	0.80	7.00	
	200.0	1.015	0.72	7.00	
平均	225.0	1.025	0.89	6.66	9.34

④	尿量(ml)	比重	塩分%	睡眠時間	推定塩分摂取量 g/ 1 日
	150.0	1.032	2.40	6.55	
	150.0	1.035	2.20	6.53	
	225.0	1.030	0.72	6.83	
	175.0	1.030	1.10	6.83	
	100.0	1.031	1.20	5.83	
	230.0	1.028	2.70	7.50	
	210.0	1.029	2.20	6.83	
	170.0	1.031	1.70	7.33	
	200.0	1.032	2.10	6.66	
	180.0	1.031	1.90	7.50	
平均	179.0	1.031	1.82	6.84	12.11

⑤	尿量(ml)	比重	塩分%	睡眠時間	推定塩分摂取量 g/ 1 日
	160.0	1.030	0.72	7.50	
	70.0	1.038	0.59	7.83	
	100.0	1.037	0.58	7.30	
	110.0	1.030	0.70	6.50	
	300.0	1.014	0.87	7.00	
	130.0	1.033	1.20	7.50	
平均	145.0	1.030	0.78	7.23	6.98

⑥	尿量(ml)	比重	塩分%	睡眠時間	推定塩分摂取量 g/ 1 日
	100.0	1.030	0.77	7.00	
	110.0	1.040	1.10	7.25	
	100.0	1.037	0.80	7.33	
	100.0	1.028	0.66	7.00	
	75.0	1.035	0.71	6.50	
平均	97.0	1.034	0.82	7.00	6.30

⑦	尿量(ml)	比重	塩分%	睡眠時間	推定塩分摂取量 g/ 1 日
	225.0	1.011	0.67	7.00	
	300.0	1.010	0.72	7.00	
	150.0	1.010	0.71	7.00	
	150.0	1.030	0.76	7.00	
	150.0	1.010	0.64	7.00	
平均	195.0	1.014	0.70	7.00	7.60

⑧	尿量(ml)	比重	塩分%	睡眠時間	推定塩分摂取量 g/ 1 日
	160.0	1.032	0.97	6.40	
	250.0	1.016	0.61	8.00	
	140.0	1.024	0.49	7.23	
	370.0	1.016	0.65	7.50	
	160.0	1.020	0.57	7.60	
	130.0	1.035	0.70	8.48	
平均	202.0	1.029	0.88	7.54	8.25

⑨	尿量(ml)	比重	塩分%	睡眠時間	推定塩分摂取量 g/ 1 日
	175.0	1.023	0.75	7.17	
	150.0	1.028	1.30	6.16	
	110.0	1.028	1.30	7.00	
	160.0	1.026	0.81	6.67	
	110.0	1.026	0.81	6.50	
	250.0	1.020	1.40	6.17	
	110.0	1.029	0.91	6.17	
	150.0	1.027	1.10	8.30	
	200.0	1.021	1.10	6.67	
平均	157.0	1.025	1.05	6.76	8.39

表 3 各個人の10日間の平均値

	早朝尿量(ml)	比重	塩分濃度%	睡眠時間	塩分摂取量(g/1 日)
①	181.1	1.0284	1.250	6.92	9.71
②	260.0	1.0284	1.242	6.50	12.42
③	225.0	1.0248	0.890	6.66	9.34
④	179.0	1.0310	1.822	6.84	12.11
⑤	160.0	1.0290	0.810	7.23	7.40
⑥	97.0	1.0340	0.820	7.00	6.30
⑦	195.0	1.0140	0.700	7.00	7.64
⑧	202.0	1.0290	0.880	7.54	8.25
⑨	157.0	1.0250	1.053	6.76	8.39
平均	184.0	1.0271	1.052	6.94	9.06

①～⑨は10日間の平均値、推定塩分摂取量は補正值を示す

$Y=2X+4.48$

Y: 24時間尿中の食塩量

X: 早朝尿中の食塩量

## 5. 減塩粘性しょう油における塩分吸収抑制効果

濃口しょう油の1/2希釈溶液（塩分8.7%）及び減塩・粘性しょう油（塩分10%）それぞれ50 mlを直径10 mmの透析チューブ（分子量2000～10000通過）に加え、200 mlの蒸留水で透析し、48時間後の外液におけるそれぞれの塩分濃度を測定した。濃口1/2希釈溶液は2.9%と内液と外液の塩分濃度は同じになった。また、減塩・粘性しょう油の外液の塩分濃度は0.2%であり、減塩・粘性しょう油の内液塩分の10.0%分が透析膜を通過し、少量の褐変物質が透析膜を通過した。このことから粘性しょう油を摂取した場合、アルカリ性の腸内環境などによって、ペクチンの構成糖であるガラクトキロン酸のカルボキシル基は活性化され、Naの吸着が促進され、塩分

表 4 減塩・粘性しょう油における塩分吸収抑制効果

しょう油の種類	塩分濃度(%)	透析内液塩分濃度(%)	透析外液塩分濃度(%)
濃い口しょう油(1/2希釈)	8.7	2.9	2.9
減塩・粘性しょう油	10.0	7.0	0.2

500mlの三角フラスコに透析外液としてイオン交換水200mlを加え、直径10mmの透析チューブに50mlの各しょう油を加えて25℃で48時間透析を行う。測定器:堀場コンパクト塩分計(B-721)を使用。

吸収阻害効果高まることが推定された。結果は表4の通りである。

## 考 察

多糖類を調合した減塩・粘性しょう油はその粘性によって塩分の吸収を阻害することが本実験で



示唆された。辻等<sup>7)</sup>、朝倉<sup>8)</sup>、布施健二<sup>9)</sup>は、食物繊維であるペクチンがコレステロール、脂肪及び糖などの吸収を阻害することについてラットを用いた実験で報告をしている。やはり、しょう油等の塩分と食物繊維（特にペクチン等）をほぼ同時に摂取することで、塩分吸収阻害効果は特に発揮されると思われる。しかるに、しょう油に粘性を持たせ、同時に他の食品と共に摂取することは極めて効率的に塩分その他の生活習慣病に関連する成分の吸収阻害をすることになり、青森県のように塩分の摂取量が多く、高血圧、脳梗塞等の疾病の多い地域ではこのような健康食品が有用であると考ええる。

#### 文献

1. 健康・栄養情報研究会. 国民栄養の現状 (2004) 平成 14 年厚生労働省国民栄養調査結果. 東京: 第一出版, 156 ~ 157.
2. 蓮井裕二、豊川好司 (2010) 医療福祉大学紀要 第一巻、第一号 p77 ~ 84.
3. 山末耕太郎・河野英一・左近聖子・大重賢治・朽久保修 (2004) : 家庭での塩分、カリウム摂取量測定法の検討. 日循予防誌第 39 巻第 3 号 p1 ~ 7.
4. 武井としこ・三輪百合子・池野位子・岡本美志・吉村和子 (1981) : 塩分濃度計による Na 濃度測定に関する検討. 信州大学医学部付属病院分娩部. 信州大・医療技術短大紀要 Vol7, No2, p37 ~ 42.
5. 鈴木政登・飯島好子・井川幸雄 (1998) : 簡易型デジタル塩分計による尿中食塩排泄量の推定. 呼と循. 36:195 ~ 200.
6. 田口豊都 (1990) : 有機溶剤の生物学的モニタリングのための尿資料の保存と尿中濃度の補正について. 岡山医誌. 102, p99 ~ 111
7. 辻啓介・辻悦子・中川靖枝・鈴木慎次郎 (1988) : 食物繊維のナトリウム吸収能が高血圧自然発症ラットの血圧に及ぼす影響. 家政学会誌. Vol.39, p187 ~ 195
8. 朝倉富士子 (助成番号 1038) 食品由来の酸性バイオポリマーによる食塩吸収抑制効果の解析とその応用. p99 ~ 104
9. 布施健治 (1989) : Effects of pectin on fatty acid and glucose absorption and on thickness of the unstirred water layer in rat and human intestine. Shiga University of Medical Science p62 ~ 64

#### 謝辞

本研究において、東北女子大学清風寮の諸君にはこの研究を深く理解していただき、被試験者としてご協力いただいたことに深く感謝いたします。また、栄養士の先生方々に感謝申し上げます。