

市販豆腐のタンパク質および無機質類含量 に関する調査

舟木行雄, 寺田和子, 下橋淳子, 佐藤美恵子

Research of Protein and Minerals Content in Marketable Bean Curd

Yukio Funaki, Kazuko Terada, Atsuko Shimohashi and Mieko Satō

緒 言

大豆はタンパク質, 脂質に富み, アミノ酸組成も動物性タンパク質に近く(メチオニンとシスチン量が少ない)植物性タンパク質源としてすぐれた食品であり, 植物性タンパク質と言え大豆タンパクが代表されている。

この大豆から豆乳を作り, それに凝固剤を加えて凝固させた食品が豆腐である。凝固剤は本来もっぱら苦汁を使用していたが, 近年はグルコノデルタラクトン, 硫酸カルシウム, 硫酸マグネシウム, 塩化マグネシウムなどが使用され, また消泡剤としてグリセリン脂肪酸エステルなどが加えられているものもある。一方, 原料大豆も輸入品が多く用いられることによって, 市販されている豆腐の成分に差がみられるのではないかと考え, 著者らは東京都内のスーパーマーケットなどで販売している量産卸しメーカー(卸しメーカー)と製造小売店(豆腐店)のもめん豆腐と絹ごし豆腐について, 水分, タンパク質, 灰分, 無機質類(Ca, P, Na, K)含量の分析調査を行ない比較した結果を報告する。

実 験

1. 試 料

① 卸しメーカーのもめんおよび絹ごし豆腐各10試料

② 豆腐店のもめんおよび絹ごし豆腐各10試料

以上の試料は製産者別に都内のスーパーマーケットおよび豆腐店より購入した。

2. 試料採取法

各試料は表面約2cmをステンレス製ナイフで切り除き比較的均一と思われる内部の一部を切り取って精秤

し測定試料とした。

3. 測定項目および方法

水分は常圧乾燥法¹⁾, タンパク質はセミマイクロキールダール法²⁾により全窒素量を測定し, 大豆および大豆製品に対する窒素係数5.71を乗じてタンパク質量とした。灰分は乾式灰化法³⁾, 無機塩類は試料を硝酸と過塩素酸で湿式灰化⁴⁾後, カルシウムは過マンガン酸カリウム滴定法⁵⁾, リンはゴモリー法⁶⁾, ナトリウムおよびカリウムは炎光度法⁷⁾により測定した。

なお測定は各項目とも1試料につき3点ずつ行なった。

結 果・考 察

表1および表2に各種豆腐の水分, タンパク質および灰分の分析値を示す。

水分およびタンパク質含量は, 卸しメーカー, 豆腐店のもめん・絹ごしの試料間では平均値のバラツキが非常に小さかった。

水分が高い豆腐はタンパク質が低い傾向がみられた。

灰分含量は水分, タンパク質と比較して平均値のバラツキが大きく, ことに豆腐店のもめんが最も大きかった。

灰分含量のバラツキの大きかった原因の一つとして, 凝固剤に有機化合物(グルコノデルタラクトンなど)と無機塩類の使用の度合などが考えられる。

資料1に豆腐製造に関する主な特許例をあげる。

資料1をみると, 製造工程中の添加物の種類は多種あり, 各豆腐製造者がこれらの添加物をどのように使用しているか不明である。このことは各種無機質類の種類と含量に影響してくる。

表1 もめん豆腐の水分, タンパク質, および灰分含量(g)

試料	卸しメーカー				豆腐店				
	水分	タンパク質	灰分	凝固剤	水分	タンパク質	灰分	凝固剤	
1	84.7±0.5	7.7±0.3	0.9±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O MgCl ₂	89.0±0.3	5.3±0.3	0.7±0.1	CaSO ₄ ·2H ₂ O MgCl ₂	
2	86.0±0.2	5.9±0.1	0.8±0.0		CaSO ₄ ·2H ₂ O MgCl ₂	88.0±0.5	5.3±0.2		0.6±0.0
3	86.5±0.6	5.9±0.4	0.6±0.0		86.9±0.6	5.8±0.1	1.8±0.1		
4	87.8±0.3	5.5±0.3	0.4±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O	88.3±1.2	6.3±0.5	0.8±0.1		
5	87.6±0.2	6.1±0.8	0.7±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O MgCl ₂	86.8±0.2	5.8±0.4	0.7±0.0		
6	87.8±0.6	6.0±0.3	0.6±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O	86.1±0.4	6.9±0.1	0.8±0.1		
7	85.1±0.1	6.8±0.2	0.8±0.0	MgCl ₂	86.0±0.6	6.4±0.4	0.7±0.0		
8	85.8±1.8	5.7±0.1	0.7±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O	86.3±0.5	6.2±0.3	0.9±0.1		CaSO ₄ ·2H ₂ O
9	87.0±0.2	5.9±0.0	0.9±0.0	MgCl ₂	86.8±1.5	5.6±0.0	1.2±0.0		
10	86.2±0.8	6.6±0.7	0.5±0.0	MgCl ₂	86.3±0.1	6.3±0.1	0.8±0.0		
$\bar{x} \pm S. D$	86.5±1.1	6.2±0.7	0.7±0.2		87.1±1.0	6.0±0.5	0.9±0.4		

(可食部 100g 当り)

表2 絹ごし豆腐の水分, タンパク質および灰分含量(g)

試料	卸しメーカー				豆腐店				
	水分	タンパク質	灰分	凝固剤	水分	タンパク質	灰分	凝固剤	
1	88.6±0.2	5.2±0.1	1.0±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O MgCl ₂	89.5±0.1	4.3±0.1	0.8±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O MgCl ₂	
2	90.0±0.1	4.2±0.1	0.6±0.0		GδL	89.6±0.2	4.8±0.2		0.8±0.0
3	89.2±0.3	5.1±0.1	0.7±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O	89.4±0.2	4.4±0.2	0.8±0.1		
4	88.7±0.3	4.4±0.2	0.6±0.0	GδL	91.9±0.2	3.7±0.4	0.4±0.0		
5	89.4±0.2	4.7±0.1	0.6±0.0		88.8±0.2	4.6±0.2	1.0±0.1		
6	89.7±0.2	4.3±0.3	0.6±0.0	GδL MgCl ₂	88.3±0.3	5.0±0.2	0.7±0.1		CaSO ₄ ·2H ₂ O
7	87.9±0.1	5.0±0.2	0.8±0.0	GδL MgCl ₂	90.9±0.4	4.1±0.2	0.5±0.0		
8	88.9±0.1	4.7±0.0	1.1±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O	88.8±0.5	5.2±0.3	0.6±0.0		
9	88.4±0.3	4.9±0.4	0.5±0.0	CaSO ₄ ·2H ₂ O GδL	87.9±0.1	4.7±0.3	1.4±0.0		
10	88.9±0.0	5.0±0.2	0.6±0.0	MgCl ₂ CaSO ₄ ·2H ₂ O	87.2±1.2	5.4±0.3	0.8±0.0		
$\bar{x} \pm S. D$	89.0±0.6	4.8±0.4	0.7±0.2		89.2±1.4	4.6±0.5	0.8±0.3		

GδL: グルコノデルタラクトン

(可食部 100g 当り)

原料大豆から豆腐(もめん)に移行する無水物は52.5%, タンパク質は71.2%, 脂肪は75.5%である⁹⁾。

各種豆腐の Ca, P, K, Na および Ca/P 値, K/Na 値を表3および表4に示す。

各無機質含量は個々の豆腐によって差がみられた。

全豆腐を通じてそれぞれの平均値をみると、いずれも高い標準偏差値を示していた。

Ca 含量はもめんの最大値が最小値の7倍に達していた。

なお、大豆では無機質成分中、個体間の変動の激しいのは Ca であり、250点の大豆の Ca 含量は無水物中平均 0.275% で、最低 0.163% から最高 0.470% であるという報告もある¹⁰⁾。

豆腐の Ca 含量の違いは使用した原料大豆がその原因の一つと考えられるが、その他に製造工程の違い、すなわち、使用する凝固剤や消泡剤、ことに凝固剤は Ca 含量の変動に関係するように思われる。

そこで、卸しメーカーについて使用されている凝固剤の種類を調査した結果、もめんでは凝固反応は遅いが、保水性、弾力性のすぐれた製品を作ることができるといわれる硫酸カルシウムをはじめ、従来から使用されていた塩化マグネシウムを使用しているもの、また、塩化マグネシウムと硫酸カルシウムを併用しているものがそれぞれほぼ同点ずつであった。

わずかに数点ずつの試料で凝固剤の種類が豆腐の Ca 含量に影響することを論ずることはいささか問題があるう

資料1 豆腐類に関する主な特許⁸⁾

公告番号	主なる内容	公告番号	主たる内容
30-388	豆腐片を金網などの容器に収容し油中で回転しながら低温および高温で油揚	36-7328	動植物硬化油に炭酸アルカリ土類金属塩を混合した固形あわけし
30-6184	酸化油または酸性油に炭酸カルシウム粉末と生石灰を加える消泡剤	38-6557	濃厚豆乳をあらかじめ凝固剤を入れたポリエチレン製袋中に自然落下により流し込むポリエチレン製袋入り豆腐製造法
31-3735	同上	38-12704	大豆浸漬液に重合リン酸塩添加
31-8677	凍豆腐の乾燥法、高温乾燥工程を経た後湿度50~75%程度を含有する熱風を強制送風	40-845	豆乳にグルコノデルタラク톤を加え、袋に分注し、加熱する袋入り豆腐製造法
32-8677	水溶性窒素が50%以上の脱脂大豆に還元剤、高分子保護膠質剤、乾化剤などを混合し豆腐類加工原料とする	40-18014	豆腐水漬用水に重合リン酸塩添加
32-8678		43-738	生豆乳と白豆腐に発泡剤および重合リン酸塩を加えて混合し、これを油揚げする
33-6819	不溶性シオール型ビタミンB ₁ 誘導体を添加するビタミン強化豆腐の製法	43-8683	アルドン酸またはウロン酸のラク톤を添加し、加熱により酸性を呈しせしめその酸性により豆腐を製造
34-6225	豆腐生地を蒸熟し温時高温油揚	43-8684	脂肪酸モノグリセライドを豆乳に添加
34-9979	重合リン酸塩を豆乳に添加後豆腐製造	43-8685	豆乳製造時多価アルコール脂肪酸エステルを添加
35-2884	溶剤抽出脱脂大豆を8メッシュ以下に破碎し、極微粉とミセラを除去、豆乳の抽出率を一定にした豆腐類加工用原料		

表3 もめん豆腐の無機質含量

試料	卸しメーカー						豆腐店					
	Ca(mg)	P(mg)	Ca/P	Na(mg)	K(mg)	K/Na	Ca(mg)	P(mg)	Ca/P	Na(mg)	K(mg)	K/Na
1	142±4	112±4	1.3	7±0	95±4	13.6	137±4	89±7	1.5	5±0	64±4	12.8
2	112±3	86±13	1.3	9±0	135±0	15.0	69±2	94±3	0.7	6±0	79±1	13.2
3	89±1	84±5	1.1	4±0	86±0	21.5	483±18	82±1	5.9	6±0	46±1	7.7
4	27±1	62±7	0.4	8±0	53±1	6.6	170±16	92±7	1.8	4±0	16±1	4.0
5	38±1	102±1	0.4	23±1	152±3	6.6	109±2	101±5	1.1	5±0	92±0	18.4
6	91±5	82±3	1.1	8±0	93±1	11.6	158±3	127±2	1.2	5±0	66±2	13.2
7	124±2	215±7	0.6	4±0	92±1	23.0	123±7	90±6	1.4	6±0	89±1	14.8
8	106±8	109±13	1.0	6±0	91±1	15.2	216±12	88±2	2.5	8±0	64±1	8.0
9	119±3	102±3	1.2	12±0	139±1	11.3	228±21	71±0	3.2	6±2	61±2	10.2
10	76±9	94±5	0.8	5±0	70±0	14.0	83±3	89±2	0.9	9±2	134±2	14.9
x ± S. D	92±37	105±42	0.9±0.3	9±6	101±32	13.8±5.4	178±119	92±15	2.0±1.6	6±2	71±31	11.7±4.2

(可食部 100g 当り)

が、凝固剤として硫酸カルシウムを使用している試料は塩化マグネシウムのみを使用している試料より予想に反してCa含量はむしろ低かった。

一方、卸しメーカーの絹ごしではグルコノデルタラク톤単独または硫酸カルシウムや塩化マグネシウムとの併用試料は硫酸カルシウム使用の試料よりCa含量が低い傾向を示し、絹ごしでは硫酸カルシウムを使用したものの方がCa含量が高くなる傾向がみられた。

P含量はCa含量よりバラツキは小さかった。

P含量は卸しメーカーの方がもめん、絹ごしともにやや高く、ことに卸しメーカーの絹ごしでその傾向が強くみられた。

一般に豆腐に凝固剤を加え良質のゲルを形成するためには豆乳中のP含量が問題になるといわれている¹¹⁾。

豆乳中のPはタンパク質の保水力を高めたり、タンパク質とCaの反応に介入するようで、Pが高いとタンパク質のゲル形成速度を遅らせると同時に凝固剤の適量範囲を広くする作用があるともいわれている¹²⁾。

したがって、品質改良剤の目的で重合リン酸塩などが使用されている。

ことに、重合リン酸塩は離水量を少なくし、均一で滑らかな面をつくり、食味や舌ざわりもよいということから絹ごしに使用されることが多い¹³⁾。

これらのことを合せ考えると、ことに豆腐店より卸し

表4 絹ごし豆腐の無機質含量

試料	卸しメーカー						豆腐店					
	Ca(mg)	P(mg)	Ca/P	Na(mg)	K(mg)	K/Na	Ca(mg)	P(mg)	Ca/P	Na(mg)	K(mg)	K/Na
1	158±2	85±1	1.9	11±0	159±2	11.5	133±1	71±3	1.9	6±0	114±2	19.0
2	34±1	55±1	0.6	11±1	137±2	12.5	107±3	77±4	1.4	7±0	136±2	19.4
3	110±3	97±2	1.1	14±0	98±1	7.0	126±1	71±3	1.8	7±1	107±4	15.3
4	36±0	68±2	0.5	12±0	167±3	13.9	48±3	43±2	1.1	6±0	67±2	11.2
5	86±2	83±1	1.0	7±1	128±1	18.3	198±9	87±3	2.3	7±0	109±1	15.6
6	62±3	139±1	0.4	4±0	105±3	26.3	99±5	84±5	1.2	5±0	125±2	25.0
7	72±2	193±6	0.4	25±0	180±1	7.2	76±3	54±3	1.4	4±0	72±6	18.0
8	169±4	153±9	1.1	7±0	108±4	15.4	83±2	71±1	1.2	6±0	97±4	16.2
9	59±2	77±4	0.8	7±0	99±1	14.1	312±2	71±1	4.3	9±0	156±2	17.3
10	70±2	74±1	0.9	5±0	128±1	25.6	70±3	82±8	0.9	8±1	154±1	19.3
$\bar{x} \pm S. D$	86±74	102±44	0.9±0.5	10±6	131±30	15.2±6.6	124±75	71±14	1.8±1.0	7±1	114±30	17.6±3.6

(可食部 100g 当り)

資料2 各種大豆の組成¹⁷⁾

品種・銘柄	産地	千粒重 g	水分 %	タンパク質 %	脂肪 %
十勝長葉	十勝	177	12.2	36.1	14.2
大谷地2号	十勝	303	11.8	34.5	16.0
白鶴の子	札幌	328	9.8	36.3	14.9
目白1号	福島	210	11.6	33.2	16.8
北浜1号	福井	210	11.3	36.6	19.2
兄	長野	253	9.2	33.8	17.3
松浦佐賀	佐賀	150	11.7	38.2	15.6
白茨1号	熊本	159	10.9	41.1	13.9
宮城	宮城	131	15.4	32.1	15.8
福島	福島	290	14.8	33.5	15.8
信州	長野	308	13.5	33.4	16.6
熊本	熊本	156	10.6	39.7	16.7
鹿児島	鹿児島	142	11.6	36.7	17.9
Harosoy	アメリカ	182	9.6	33.1	19.4
Hawkeye	〃	178	9.0	35.8	19.5
Jackson	〃	147	10.0	33.3	19.0
Mamloxi	〃	217	9.8	37.7	16.0
Ogden	〃	168	9.8	34.7	18.2
イリノイ	アメリカ	153	10.4	33.3	19.5
〃	〃	157	11.8	35.4	19.5
オージナリ	〃	148	10.5	32.8	18.8
〃	〃	167	11.5	36.7	19.4
中国	中国	163	11.8	33.1	17.7
〃	〃	152	12.2	32.1	18.6

資料3 5地域で5年間栽培した10種類の大豆種子の平均成分組成¹⁸⁾

品種または系統	タンパク質 (N×5.71) (%)	脂肪 (%)
Mandarin	42.23	18.16
Mukden	41.80	19.26
Dunfield A	37.80	20.97
Dunfield B	37.86	20.91
Illini	38.89	19.99
Manchu	40.26	19.40
Scioto	38.83	20.29
T-117	38.26	20.37
Peking	37.06	17.07
P. I. 54563-3	38.54	19.91

メーカーの試料にP含量が高いことも納得できる。

Ca/P 値は、もめん、絹ごしともに豆腐店の方が高かった。全豆腐を通じてバラツキはあるが、ほぼ好ましい値であると思われる。

K含量は明らかに卸しメーカーの方が絹ごし、もめんともに高く、また、卸しメーカー、豆腐店ともに絹ごしの方が高い値を示していた。

これは、もめん豆腐製造における湯抜き過程で水溶性成分としてKが除かれるためと考えられる。

Na含量は全豆腐を通じて含量は低く、したがってK/Na 値は非常に高い値を示している。

大豆のように高タンパク質含有の植物は、根から窒素を吸収し、体内で移動する際、Kが随伴カチオンとして重要な役割を果しているためにK量が多く含有されている¹⁴⁾¹⁵⁾。

資料4 5地域で5年間栽培された10品種の大豆
についての灰分, リン, カリウム, カル
シウムの平均値¹⁹⁾

文 献

品 種	灰 分 (%)	リ ン (%)	カリウム (%)	カルシウム (%)
Mandarin	5.37	0.696	1.64	0.386
Mukden	5.00	0.660	1.74	0.240
Dunfield A	4.65	0.626	1.62	0.226
Dunfield B	4.61	0.627	1.58	0.221
Illini	4.81	0.623	1.67	0.252
Manchu	5.12	0.670	1.67	0.313
Scioto	5.17	0.658	1.68	0.343
T-117	5.02	0.654	1.67	0.248
Peking	5.21	0.727	1.75	0.272
Boone	4.97	0.653	1.71	0.253
平 均	4.99	0.659	1.67	0.275

我が国が輸入大豆を使用して豆腐製造を開始した当時は、アメリカ産大豆は日本産大豆と処理法が異なり、最終製品にも差異が認められて、その差異は大豆の品種的な違いによるとされ、多種のアメリカ品種が検討された結果、ホーカイ種が最も豆腐製造に適していることがわかった¹⁶⁾。

現在我が国の豆腐生産者が使用している原料大豆の品種は輸入品が多く、どの品種を使用しているかは不明である。したがって豆腐成分含量の個々の違いは、原料大豆、製造条件、添加物などの違いによって個々の豆腐の成分に差異が生じてくる。

参考に各種大豆の成分含量を資料2, 3, 4に示す。

ま と め

都内の卸しメーカーと豆腐店のもめんおよび絹ごし豆腐の成分分析調査を行い次の結果を得た。

- (1) 水分, タンパク質含量はバラツキも小さく, 四訂食品成分表表示値と近似していた。
- (2) 灰分含量はバラツキが大きく, 四訂食品成分表表示値よりかなり高値を示した。
- (3) Ca 含量はバラツキは大きかったが, もめん, 絹ごしとも豆腐店の方が高かった。
- (4) P 含量は Ca 含量よりバラツキは小さかったが, もめん, 絹ごしとも卸しメーカーの方が高かった。
- (5) Ca/P 平均値は 0.9~2.0 の範囲であった。
- (6) K 含量は, 絹ごしの方が高かった。
- (7) Na 含量は, いずれも低かった。
- (8) K/Na 値は, いずれも高値であった。

- 1) 渡辺篤二ら: 食品分析法日本食品工学会, 食品分析法編集委員会編, 株式会社光琳, p. 3~8 (1982)
- 2) Kjeldahl, J: Z. Anal. Chem, 22, 366, (1883)
- 3) 渡辺篤二ら: 食品分析法日本食品工学会, 食品分析法編集委員会編, 株式会社光琳, p. 239~246
- 4) 小原哲二郎ら: 食品分析ハンドブック, 建帛社, p. 261~263 (1975)
- 5) 小原哲二郎ら: 食品分析ハンドブック, 建帛社, p. 263
- 6) Gomori, G: J. Lab. Clin. Med., 27, 955 (1942)
- 7) 平野四蔵ら: 無機応用比色分析, 共立出版株式会社, 第3巻, p. 108 (1973)
- 8) 辻 薦: 食品加工技術ハンドブック, 建帛社, p. 128~129 (1971)
- 9) 辻 薦: 食品加工技術ハンドブック, 建帛社, p. 127 (1971)
- 10) 渡辺篤二ら: 大豆食品, 株式会社光琳, p. 38 (1977)
- 11) 渡辺篤二ら: 大豆食品, 株式会社光琳, p. 89 (1977)
- 12) 渡辺篤二ら: 大豆食品, 株式会社光琳, p. 90 (1977)
- 13) 渡辺篤二ら: 大豆食品, 株式会社光琳, p. 85 (1977)
- 14) Ben, Zioni, A., Vaadia, & Lips, S. H: Physiol. Plant, 24, 288 (1971)
- 15) Mengel, K. & Simic, R: Physiol. Plant, 28, 232 (1973)
- 16) 渡辺篤二ら: 大豆タンパク質, 建帛社, p. 277~278 (1974)
- 17) 辻 薦: 食品加工技術ハンドブック, 建帛社, p. 120 (1971)
- 18) 渡辺篤二ら: 大豆タンパク質, 建帛社, p. 4 (1971)
- 19) 渡辺篤二ら: 大豆タンパク質, 建帛社, p. 18 (1971)