

— 総 説 —

手作り豆腐作成条件の違いによるミネラル含量の 変化と味覚への影響

田中 智子 達 牧子 茶山 健二* 辻 治雄*

Variations of mineral contents and the influence of taste depending
on the difference of making conditions of handmade Tofu

Satoko TANAKA Makiko TSUJI Kenji CHAYAMA Haruo TSUJI

要 旨

手作り豆腐作成条件の違いによるミネラル含量の変化とおいしさについて検討を行った。“ご”の加熱温度は非加熱、85℃、100℃と3条件について検討したが、加熱温度に比例して豆乳中のミネラル含量は多くなった。また、100℃加熱の豆腐はしっかり凝固し離水量も少なく、ミネラル総量は多くなり中でもNaとK含量において顕著であった。磨砕時間の異なった豆乳中のミネラル含量は、5分より3分でZn、Fe、MnおよびNa含量が多くなった。また、豆腐中ミネラル総量は、凝固温度75℃の方が85℃に比べFeとNaおよびCa総量は明らかに多くなった。また、官能検査では、凝固温度75℃の方が甘味があり、有意水準5%で風味と総合評価の有意差が認められた。

キーワード：手作り豆腐 handmade tofe ミネラル mineral
原子吸光分析 atomic absorption spectrophotometry
炎光分光分析 flame spectrophotometry
官能検査 sensory evaluation

1. はじめに

豆腐製造の起源は中国の唐代とされ、わが国へは平安時代、仏教の伝来と共に伝えられたとされている。豆腐は植物性タンパク質や良質の脂質の他、ミネラルを豊富に含む優れた栄養性と経済性から生活に不可欠な食品である。

豆腐の製造は、大豆を浸漬し水を加えて磨砕後、“ご”を加熱した後にろ過して豆乳とおからに分けるところから始まる。そこで、得られた豆乳に凝固剤を加え凝固後、水さらしを行うと豆腐となる。絹ごし豆腐は豆乳濃度を濃くし、豆乳全体を凝固させる。それに対し木綿豆腐は豆乳濃度を薄くし、重石をかけ余分の水分を“ゆ”として排出させる。豆腐作成では、凝固

* 甲南大学理工学部 機能分子化学科

剤添加時の温度や操作が重要なポイントで、現場でも経験や勘に頼ることが多い。そのため、学生の実習などで豆腐の作成実験を行うと、この工程で製品の重量や品質に差が生じる。さらに、“ご”の加熱は、沸騰状態を保つことが大切であるが、ふきこぼれや豆乳を焦がさないようにすることに注意するあまり温度が低下している場合がよくある。これらの操作の違いは、製品の良否以外に栄養面にも影響するのではないかと考えられる。そこで、本研究では栄養面のなかでもミネラルに着目し、“ご”の加熱温度と凝固剤添加時の豆乳の温度等の作成条件を変えた豆腐について、各工程中のミネラル含量について検討した。試料の分解には硝酸と過塩素酸を用いた湿式灰化法により、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、亜鉛 (Zn)、鉄 (Fe)、銅 (Cu) およびマンガン (Mn) は原子吸光分析法で、ナトリウム (Na) およびカリウム (K) は炎光分光分析法で分析した。併せて、一般成分の測定と官能検査を行い、おいしさとの関係についても調査した。凝固剤は、最近消費者の天然物志向と味の良さから、市販豆腐は「にがり」(塩化マグネシウム)が多く使用されているが¹⁾、今回は未経験者でも凝固させやすい硫酸カルシウムを用いた。

2. 実験

2.1. 試料

試料大豆は、平成11年度の市販北海道鶴の子大豆を、豆腐を作成した水はイオン交換水を用いた。凝固剤の硫酸カルシウムは、広瀬薬品の食品添加物用を用いた。

2.2. 豆腐の作成

大豆を体積の3倍量のイオン交換水(水)を用い5℃で17時間浸漬後、吸水した大豆は家庭用ミキサーで加水し5分間磨砕した。“ご”は浸漬大豆体積の2倍量の水となるように調整した。続いて、“ご”は非加熱、85℃5分、100℃5分の3つの加熱条件で処理し、それぞれの豆乳を得た。

次に、豆腐の作成にはピーカーを用い、凝固剤量と凝固温度はあらかじめ予備実験により一番凝固しやすく豆腐重量が多くなる条件を求めた。すなわち、豆乳量50gに対し凝固剤0.3g(0.6%)を凝固温度85℃に保ちながら添加し、直ちに5℃の冷蔵庫で20分間冷却後、クリープメーターで硬さを測定した。その後、No2のろ紙で10分間自然ろ過を行い、ろ紙に残ったものを豆腐として重量を測定し、pHと水分量と灰分量を求めた。各ミネラルの測定は、磨砕した“ご”・豆乳・豆腐それぞれについて行った。

さらに、ミキサーの磨砕時間を3分にした“ご”について、100℃5分の加熱後得られた豆乳を用いて凝固温度85℃と75℃の2種類の豆腐を作成し同様に試料とした。

2.3. 試薬 器具の洗浄 装置

前報²⁾に準じた。

2.4. 測定項目

1) ミネラルの定量

灰化は硝酸一過塩素酸を用いた湿式灰化を行い、定量は原子吸光分析と蛍光分光分析によったが、その詳細は前報²⁾に準じた。

2) 一般成分の測定

豆腐の水分量は、豆腐試料 5 g について温度 105 ± 3 °Cにおける常圧加熱乾燥法で行い、灰分量は 550 °Cでそれぞれ恒量値を求めた。pH は堀場 H-7LC 型 pH メーターを使用し測定した。

3) 硬さの測定

山電卓上物性測定器 TPU-2S を用い硬さを測定した。条件はプランジャー 3 (直径16mm) を使用し、チャートスピード30cm/min.レコーダー入力感度100mVフルスケールで10mm押しした時の硬さを求めた。測定はピーカーで作成したものをそのまま試料とした。

4) 官能検査

“ご”の加熱温度の違いにより作成した豆腐は順位法でクレマーの簡易検定表³⁾により、また、磨砕時間と凝固温度の違いによる豆腐は、それぞれ2点比較法の両側検定表⁴⁾により統計処理をした。検査項目は風味、口当たり、総合評価の3点について、パネルは食物栄養学科2年生女子11名で行った。

3. 結果と考察

3.1. 大豆浸漬条件の違いによるミネラル量の変化

乾燥大豆中の各ミネラルを測定した結果、大豆100 g 中の Zn 含量は3.5mg, Fe7.3mg, Cu1.1 mg, Mn2.7mg, Na4.0mg, K2034mg, Ca138mgおよび Mg 含量は230mgとなり、Na は成分表値⁵⁾と比較すると高かったが、その他のミネラルは成分表値に近かった。

次に、豆腐を作成する最初の工程である大豆の浸漬温度によるミネラル含量について検討した。大豆は5 °Cと28 °Cで17時間浸漬し、浸漬大豆中のミネラル含量を測定し、乾燥大豆に換算した。結果は、乾燥大豆中各ミネラル含量を100%として、浸漬大豆のミネラル残存率を求め図1に示した。いずれの温度でもミネラルは流出しているが、5 °Cの方がミネラル残存率は高く、ほとんどのミネラルで85%以上が大豆中に残ったが、Na は70%前後であり、水に流出しやすいミネラルといえる。そこで、今後の浸漬温度は5 °Cで行うことにした。

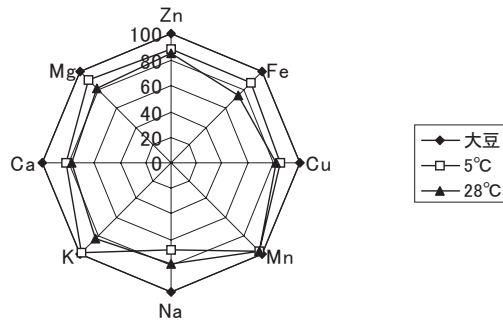


図1 乾燥大豆ミネラル量を100%とした時の浸漬大豆ミネラル残存率

3.2. “ご”の加熱温度の違いによるミネラル含量の変化

ミキサーで5分磨砕した“ご”について、加熱温度を非加熱、85°C、100°Cとして得られた豆乳中ミネラル含量を図2に示した。加熱温度の違いによって豆乳100g中のNaとK含量は加熱温度が高くなると増大した。これは、一般に溶解度は温度と正の相関があるものと思われる。また、とくにNaでこの変化が大きかったことより、大豆中Naは熱水に溶けやすいミネラルということが言える。その他の豆乳ミネラル含量では、加熱温度による大きな差はなかった。

次に、豆乳50gから作成した豆腐の特性を表1に示した。“ご”の加熱温度が高くなるほど豆腐の破断荷重は大きくなり、ろ液量も少なくしっかりとした豆腐になっていた。pHと水分量は、加熱温度の違いによる差は認められなかった。一方、灰分量は非加熱でやや少なかった。これらの結果から、“ご”の加熱温度は高いほど、離水量は少なく豆乳全体がしっかり凝固していることがわかる。

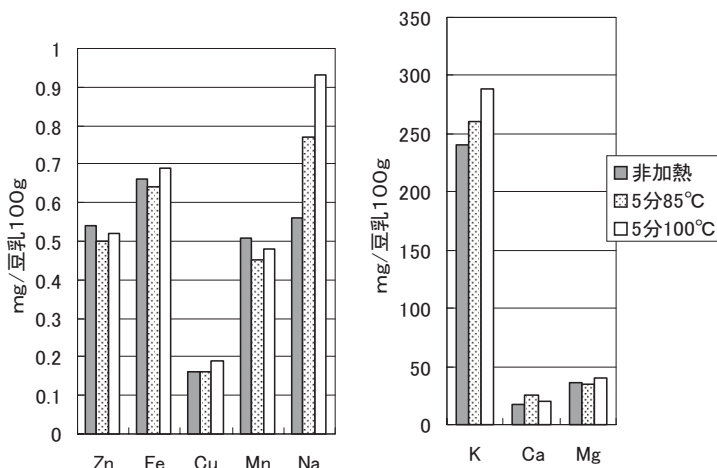


図2 「ご」の加熱温度の違いによる豆乳中ミネラル量の変化

表1 豆腐作成条件の違いによる豆腐重量と硬さ

	ごの加熱温度		
	非加熱	85℃ 5分	100℃ 5分
豆腐重量 (g)	31.6	36.2	40.2
ろ液量 (g)	15.9	9.3	5.3
豆腐硬さ (N)	0.23	0.6	0.78
水分 (%)	85.6	85.2	84.8
灰分 (mg/100 g)	10.55	11.63	11.66

また、それぞれ3種類の豆乳50gから得られた豆腐中ミネラル総量を図3に示した。NaとK含量は、加熱温度に比例して多くなっていた。Naの豆乳から豆腐への移行率は非加熱72%、85℃と100℃で99%となり、ろ液中のNa量はわずかで加熱温度による差は認められなかった。また、Kの豆乳から豆腐中への移行率を見ると、それぞれ53%、61%、80%であり、“ご”の加熱温度が高くなるにしたがい豆腐中に多く移行していた。一方、ろ液中のK総量は、非加熱で36mg、85℃で24mg、100℃で25mgであった。85℃と100℃のろ液中Kに差がなく、移行率が異なるのは豆乳中のK量が加熱温度が高くなるほど多かった結果である。Kは“ゆ”中に含まれるため、木綿豆腐中のK量は低いという報告⁶⁾があるが、本実験でもろ液中に一番多く流出したミネラルであった。一方、Caは凝固剤として添加しているため、豆乳中よりかなり多くなっている。その他のミネラルの豆腐への移行率は75~90%でミネラルにより差が生じたが、“ご”の加熱温度は高いほうが豆腐中のミネラル総量は多くなり、中でもNaとK含量において顕著であった。

“ご”の加熱温度を変えて作成した豆腐について、風味、口当たり、総合評価について順位法による官能検査を行った。加熱温度が低くなると豆の青臭さが残るため、非加熱では豆腐の味ではなかった。そのため風味、口当たり、総合評価のいずれにおいても有意水準5%で100℃加熱がおいしく、非加熱はおいしくなかった。ミネラル含量だけではなく味覚の面からも“ご”は100℃の条件で沸騰させるのが良いことがわかった。

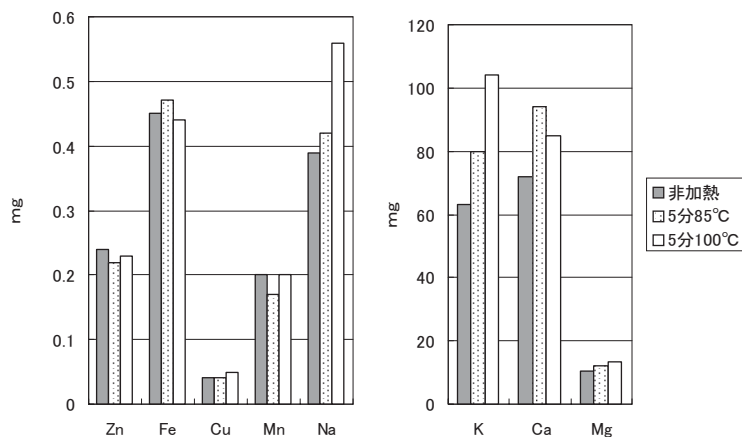


図3 豆乳50gから作成した豆腐中ミネラル総量

3.3. ミキサーでの磨砕時間によるミネラル量の変化

磨砕時間を5分と3分にした加熱前の“ご”100gのミネラル含量を表2に示した。いずれのミネラル含量も磨砕時間による違いはなかった。

表2 ミキサー磨砕時間による加熱前「ご」のミネラル量

	Zn	Fe	Cu	Mn
磨砕時間 3分	35.4±5	0.89±0.1	0.15±0.03	0.50±0.06
磨砕時間 5分	35.2±6.1	0.75±0.2	0.14±0.01	0.49±0.05
	Na	K	Ca	Mg
磨砕時間 3分	0.38±0.01	280±33	24.9±5.3	35.4±5
磨砕時間 5分	0.43±0.19	277±24	23.6±4.1	35.2±6.1

次に、加熱条件の一番良かった、100℃5分によって得られた豆乳100g中のミネラル含量を図4に示した。Zn, Fe, Mn および Na 含量は3分磨砕の方が多くなった。作業性は、3分磨砕の方が明らかに良く、5分では豆乳とおからの分離が難しかった。3分磨砕のミネラル含量が多いのは、5分では豆乳として分離できなかったミネラルがおからの方に残ったり、さらに、磨砕時間が長い5分ではおからの粒子が細かく表面積が大きくなった結果、一度熱水中に溶出したミネラルがおからの表面に吸着した可能性も考えられる。乾燥大豆100gからの豆乳量は、5分磨砕で210gであったのに対し、3分では290gと多かった。そのため、豆乳中ミネラル総量は3分磨砕の方がいずれのミネラルについても多かった。また、おからの水分量を測定した結果、3分磨砕のおからは78.2%に対して5分では82.2%と多く、おから中に豆乳が残っていることが裏付けられた。

次に、作業性が優れていた磨砕時間3分の豆乳について、凝固温度85℃と75℃の2種類の豆腐を作成し、磨砕時間5分、凝固温度85℃のものと比較した。これら豆乳50gから作成した豆腐の一般成分を表3に示した。磨砕時間3分で85℃の豆腐重量は他より多かったが、それは水

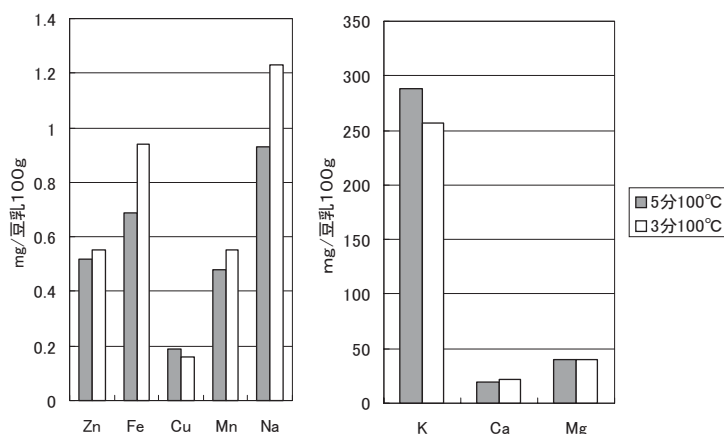


図4 ミキサー磨砕時間の違いによる豆乳中ミネラル量の変化

表3 豆腐作成条件の違いによる豆腐重量と硬さ

磨砕時間	5分	3分	3分
凝固温度	85℃	85℃	75℃
豆腐重量 (g)	40.2	42.5	39.3
ろ液量 (g)	5.3	3.7	5.9
豆腐硬さ (N)	0.78	0.65	0.72
水分 (%)	84.8	85.6	84.9
灰分 (mg/100 g)	11.66	10.61	14.74

分量が他より多かった結果で、破断荷重は低く軟らかかった。

豆乳50 gから作成した豆腐中ミネラル総量を図5に示した。磨砕時間は5分より3分の方がミネラル総量が多い傾向にあった。また、凝固温度は75℃の方が85℃と比べてFeとNaおよびCa総量が明らかに多かった。表3に示したが灰分も3分磨砕で凝固温度75℃の方が他に比べ多かった。次に、磨砕時間5分と3分で凝固温度85℃の豆腐については、2点比較法（両側検定）による官能検査を行ったが、いずれの項目も有意差はなかった。また、凝固温度が85℃と75℃の2種類の豆腐について官能検査を行った。その結果、凝固温度75℃の場合が、有意水準5%で風味と総合評価でおいしいという結果となった。おいしさの理由を尋ねたところ、75℃の方で甘味が強く感じられ、口当たりの有意差はなかったが少しねっとりしているという答えが多かった。このねっとり感は85℃の時、水分が多かったのが原因とも推定される。75℃の時、甘味が強くおいしいと感じたのは、測定した結果ミネラル量が多かったことからその他の栄養素も多く残っていた可能性があるからではないかと思われる。

これらの結果から、手作り豆腐作成時のポイントである凝固操作で、製品重量や品質以外にミネラル含量に違いが生じることが示唆された。また、凝固温度は「おいしさ」に深く関わっていることが再確認できた。

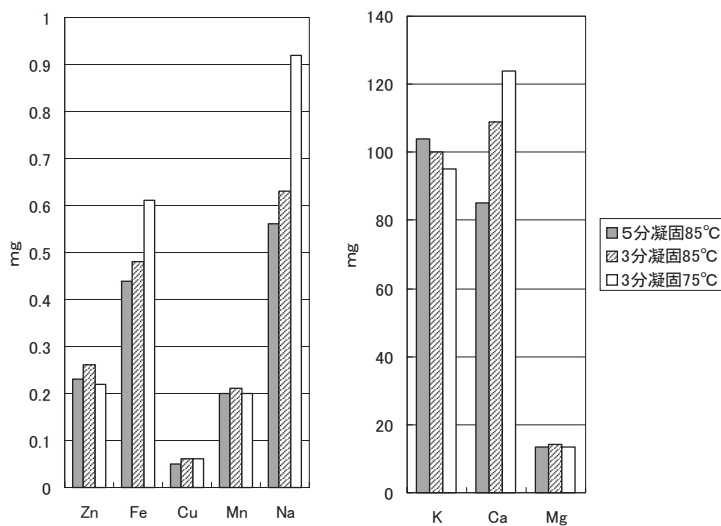


図5 作成条件の異なる豆乳50 gからの豆腐中ミネラル総量

4. まとめ

手作り豆腐は作成時に凝固温度や操作によって製品重量や品質に差が生じるが、この操作は製品の良否以外に栄養面にも影響するのではないかと考えた。そこで、ミネラルに着目し“ご”の加熱温度と凝固剤添加の温度等の作成条件を変えた豆腐を作成し、ミネラル含量とおいしさについて検討し次のような結果を得た。

- (1) 豆乳中のNaとK含量は、“ご”の加熱温度に比例して顕著に多くなり、豆腐中のミネラル総量も多くなった。また、加熱温度が高いほど離水量は少なくなり、豆乳全体がしっかり凝固している豆腐となった。さらにおいしさの面から“ご”は100℃で沸騰させる必要がある。
- (2) 磨砕時間を変えた場合の豆乳中のミネラルは、Zn, Fe, Mn および Na 含量が5分より3分磨砕の方が多かった。また、豆乳量は3分の方が5分に比べ重量が1.3倍となった。その結果ミネラル総量も多くなった。50gの豆乳から作成した豆腐中ミネラル総量は、磨砕時間3分の方が多い傾向にあった。また、凝固温度は85℃より75℃の方がFeとNaおよびCa総量が明らかに多くなった。
- (3) 凝固温度85℃と75℃の豆腐について、パネル11名で2点比較法による官能検査を行ったところ、有意水準5%で風味と総合評価で75℃の凝固温度において有意においしかった。
- (4) 手作り豆腐製造時のポイントといわれる凝固時の温度や操作によって、製品重量だけではなくミネラル含量にも違いが生じ、かつ官能検査より豆腐中のミネラル総量が多くなるほどおいしいという結果となった。また、凝固温度は「おいしさ」に影響を及ぼすことが再確認できた。
- (5) 結論としてミネラル含有量が多くおいしい豆腐を作成するためには、今回検討した条件では以下の操作を用いるのが良いことが判明した。すなわち、大豆の浸漬温度は5℃、ミキサー磨砕時間は3分間、“ご”の加熱温度は100℃、豆乳の凝固温度は75℃であった。

文献

- 1) 社団法人日本食品工業学会編：新版食品工業総合事典，p.898，光琳（1993）
- 2) 田中智子，茶山健二，辻 治雄：原子吸光分析法ならびに蛍光分光分析法による豆腐中ミネラルの分析，神戸女子短期大学「論攷」，46，pp.129-137（2001）
- 3) 加藤保子編集：食品学総論，p.212，南江堂（1997）
- 4) 日本フードスペシャリスト協会編：食品の官能評価・鑑別演習，p.15，建帛社（2000）
- 5) 香川芳子監修：5訂食品成分表2001，女子栄養大学出版部（2001）
- 6) 平 春枝，木嶋弘倫，阿部範雄：凝固剤を異にした豆腐の一般成分組成および無機質成分組成，FFIジャーナル，188，pp.49-56（2000）