

豆乳の Brix 値に影響する要因の解明

中澤 芳則・高橋 将一・小松 邦彦
(九州沖縄農業研究センター)

Factors concerning Brix value of soy milk

Yoshinori NAKAZAWA, Masakazu TAKAHASHI and Kunihiko KOMATSU

(Natl. Agric. Res. Cent. for Kyushu Okinawa Region)

国産大豆は豆腐原料用としての利用が多く、九州地域でも実需者から豆腐加工適性が高いと評価されているフクユタカの作付けが多い。そのため、大豆の品種改良あるいは加工分野での豆腐加工適性に関する研究は古くから行われている。しかし、加工適性の評価手法を含め豆腐の凝固機作などについては不明な部分も多く残され、研究が続けられている。そのような豆腐加工に関連する研究では、豆乳濃度（豆乳固形物抽出率（食糧研究所研究報告 1960））が試験過程で測定されることが多い。しかし、正確な測定には乾燥処理が必要なため簡便に測定できる Brix 計を利用した測定値を豆乳濃度の目安として利用することも多い。

また、豆腐製造業者も原料大豆のロット毎に適切な凝固剤濃度などの製造手法を決めたり、通常の製造工程で作成した豆乳濃度を確認する場合などに簡便に測定できる Brix 計を用いることも多い（地域食文化普及啓発事業地域伝承食品発掘調査報告書（豆腐）2002）。この理由の1つとして、Brix 計は比較的安価な機器であり、迅速簡便に測定可能であるため、製造工程などにすぐに反映できることがあると推測する。

このように豆腐に関する研究あるいは実際の製造工程において豆乳濃度の目安に Brix 値が利用されることはしばしば認められ、筆者らも、豆腐加工適性評価手法の開発などで利用している。

しかし、これまでの筆者らの経験において、加熱絞りで調製した豆乳と生絞りで調製した豆乳で Brix 値に大きな差異が認められるが、それらの豆乳から製造した豆腐では堅さにほとんど差異が認められない事例が認められている。そのため、豆腐の加工適性評価手法を開発する上で、豆乳の Brix 値が何を示しているのかについて検討する必要があると思われる。

本報告では、製造方法を変えて調製した豆乳を用いて Brix 値と豆乳固形物抽出率などを測定し、それらの試験結果より豆乳の Brix 値に関係すると思われる要因を検討した。

材料と方法

豆乳調製のための供試材料として「ことゆたか」（2005年度の熊本県産）を用いた。豆乳は、先に報告した豆腐加工適性評価方法（中澤ら 2005）に準じて調製した。すなわち、丸大豆50g（乾物）にイオン交換水を加えて250gにし、20℃で16時間浸漬後、ミキサー（山陽理化製 TYPE SYK-5000-15A）で2分間磨砕後、6倍加水になるようにイオン交換水を加えた。その磨砕物を電熱器により加熱し、蒸発した水分を補うためのイオン交換水を加えた後、遠心機（山陽理化製 TYPE-SYK-5000-15A）で100meshのフィルターにより3,000rpmで1分間処理し、加熱絞りで豆乳を調製した。その際、ミキサーの回転数をそれぞれ2,000rpm, 4,000rpm, 6,000rpmおよび8,000rpmに設定して磨砕した“ご”を電熱器600Wで3分間予熱後、300Wで4分間加熱して調製した4種類の豆乳、および、8,000rpmで磨砕した“ご”を電熱器600Wで3分間予熱後、300Wでそれぞれ1分間、2分間、4分間、8分間加熱して調製した4種類の豆乳の合計2組の豆乳を試験に供試した。また、生絞り豆乳は6倍加水になるようにイオン交換水を加えた後、8,000rpmのミキサーで2分間磨砕した“ご”を遠心機に100meshのフィルターを使用して3,000rpmで1分間処理して調製した。その豆乳を氷水中で冷却し、電熱器600Wで3分間予熱後、300Wでそれぞれ2分間、4分間、8分間加熱し、加熱前と加熱後の Brix 値を測定して比較した。

調製した豆乳は、豆乳収量、Brix 値および豆乳固形物抽出率を測定した。Brix 値は、調製した豆乳を氷水中で十分に冷却した後、濃度差が生じないように十分攪拌し、ATAGOの Brix 計 PR100で6回測定して平均値を算出した。豆乳固形物抽出率は秤量瓶に豆乳を適量採取し、115℃で2日間乾燥して重量を測定し、算出した。また、調製した豆乳は既報（中澤ら 2005）に準じた方法で凝固剤（和光製 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ）濃度を0.20%～0.50%に変えて豆腐を製造し、その豆腐の堅さも調査した。

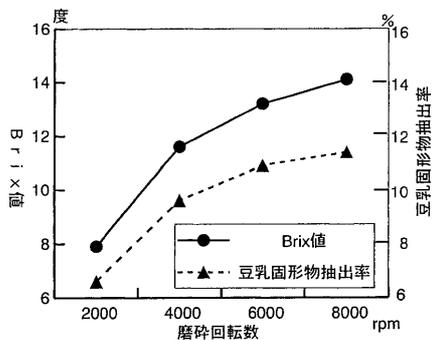
キーワード：加熱時間、豆乳、豆乳固形物抽出率、Brix 値、磨砕時間

結果と考察

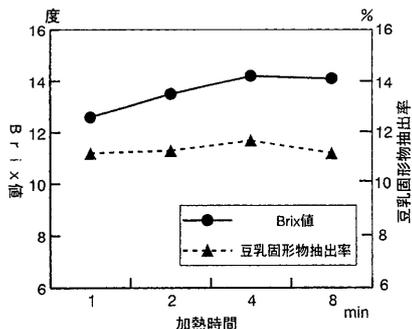
調製方法の異なる2組の豆乳には、8,000rpmで磨砕した“ご”を600Wで3分間加熱した後に300Wで4分間加熱した豆乳は両方に含まれる。それらの豆乳の豆乳収量、Brix値および豆乳固形物抽出率に若干の差異が認められた。しかし、それぞれの組の試験結果(第1図、第2図)より、豆乳調製時の手作業による誤差と推測し、試験精度に問題はないと考えた。

ミキサーの回転数を変えて作成した豆乳のBrix値と豆乳固形物抽出率の関係を第1図に示す。第1図よりBrix値は豆乳固形物抽出率との関係が強いことが示唆される。しかし、“ご”の加熱時間を変えて調製した豆乳のBrix値と豆乳固形物抽出率については第2図に示すとおり明瞭な関係が認められず、Brix値に豆乳固形物抽出率以外の要因が関与していると推測された。

豆乳中には、オイルボディ状粒子、熱で乖離した可溶性7S・11Sタンパク質、および、7S・11Sが再会合したタンパク質粒子が分散し、それらの性状は加熱条件などで変化するといわれている(Onoら 1996)。また、豆腐の凝固についても、タンパク質の熱変性が関与しているといわれている(大豆とその加工 I 1987)。それらのことから、“ご”の加熱時間を変えて作成した豆乳のBrix値と豆乳固形物抽出率に明瞭な関係が認められなかった要因として、熱変性によるタンパク質の再会合による影響が推測される。タンパク質の熱変性については、“ご”の加熱時間を長くして調製した豆乳から製造した豆腐の最大破断強度が堅く



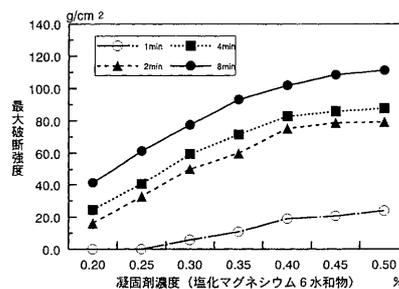
第1図 磨砕回転数によるBrix値と豆乳固形物抽出率の変化。



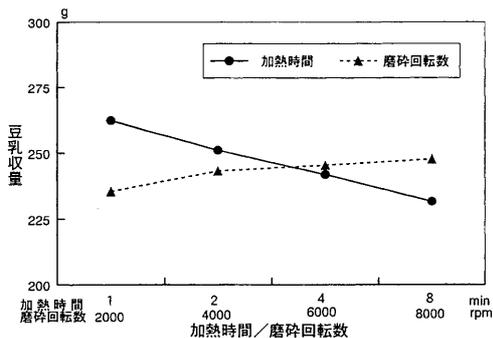
第2図 呉の加熱時間によるBrix値と豆乳固形物抽出率の変化。
注) 加熱時間は電熱器600Wで3分間予熱後に300Wで加熱した時間

なる傾向が認められたことから示唆された(第3図)。そこで、呉を加熱せずに生絞り法で豆乳を調製し、その豆乳を氷水中で同じ条件で冷却後、沸騰水中で一定時間加熱し、Brix値の変化を調査した。その結果、加熱することでBrix値が上昇することが確認できた(第1表)。

豆乳収量は、ミキサーの回転数の高い方が多く(第4図)、豆乳固形物抽出率およびBrix値も高い傾向が認められたことから、十分に磨砕することが原料大豆からの豆乳抽出率を高くすると考えられた。一方、“ご”の加熱時間が長くなると、豆腐は堅くなる傾向が認められたが、豆乳収量は少なくなる傾向が認められた(第3、4図)。この理由として、タンパク質の熱変性で凝固に関与するSH基の露出が多くなり、大豆中の二価イオンを架橋として“おから”と結合しやすくなり、豆乳抽出率が低くなったためと考えられる。このような二価イオンを架橋としたタンパク質の結合は豆乳でも生じており、豆乳中のタンパク質粒子の再会合に関与していることが推測できる。そのため、“ご”の加熱時間を変えて調製した豆乳は、タンパク質のSH基の露出程度に差異が生じ、二価イオンを架橋としたタンパク質粒子の再会合に影響を与え、その違いが光の屈折に影



第3図 呉の加熱時間による豆腐の最大破断強度の変化。



第4図 磨砕回転数および加熱時間と豆乳収量。

第1表 生搾り豆乳の加熱時間によるBrix値の変化。

加熱時間 (分)	Brix値	
	加熱前	加熱後
2	11.5	11.2
4	11.8	12.6
8	11.6	13.5

注) 氷水中で冷却した豆乳を電熱器600Wで3分間予熱後、300Wで加熱

響して Brix 値に影響すると考えられる。従って、Brix 値には豆乳固形物抽出率だけでなくタンパク質粒子の再会合の程度も関与していると考えられる。

摘 要

「ことゆたか」を供試材料として、浸漬大豆を磨砕するときのミキサー回転数および“ご”の加熱時間を変えて豆乳を調製し、各豆乳の Brix 値と豆乳濃度（豆乳固形物抽出率）を測定した。その結果、Brix 値は豆乳濃度（豆乳固形物抽出率）だけではなく、熱変性したタンパク質粒子の再会合の影響も受けていると考えられた。

引用文献

- 中澤芳則・高橋将一・小松邦彦 2005. 凝固剤の種類と濃度を変えた豆腐加工適性評価. 日作九支報 71: 89-91.
- Ono, T., M. Takeda and S. Guo 1996. Interaction of Protein Particles with Lipids in Soybean Milk. *Biosci. Biotech. Biochem.* 60: 1165-1169.
- 食糧研究所 1960. 食糧研究所研究報告 第14号別冊. 7.
- 食生活情報サービスセンター 2002. 平成13年度 地域食文化普及啓発事業地域伝承食品発掘調査報告書 (豆腐). 44-46.
- 渡辺篤二・斉尾恭子・橋詰和宗 1987. 大豆とその加工 I, 建帛社. 10-12.