

凝固剤濃度を変えて調製した黒ダイズ品種の豆腐の色調と破断応力

中澤芳則

(2014年6月23日 受理)

要 旨

中澤芳則 (2015) 凝固剤濃度を変えて調製した黒ダイズ品種の豆腐の色調と破断応力。九州沖縄農研報告 63: 1-13

黒ダイズ品種に含まれるアントシアニンは pH で色調が変化することが知られていることから、酸凝固剤のグルコノデルタラクトンおよび塩凝固剤の塩化マグネシウムの濃度を変えて豆腐の色調および破断応力の変化を調査した。

グルコノデルタラクトンを用いた場合、肉眼では豆腐の色調の変化がわずかに認められ、色彩色差計では L* 値および a* 値が凝固剤濃度と有意な正の相関、b* 値が凝固剤濃度と有意な負の相関を示した。また、塩化マグネシウムを用いた場合、肉眼では豆腐の色調の変化が認められなかったが、色彩色差計では b* 値が凝固剤濃度と有意な負の相関を示した。

また、グルコノデルタラクトンでは豆腐の堅さの指標となる破断応力が凝固剤濃度と有意な二次相関を示し、供試した濃度範囲 (0.20 ~ 0.50%) では凝固剤濃度の増加とともに破断応力も増加した。一方、凝固剤に塩化マグネシウムを用いた場合、破断応力は凝固剤濃度が 0.40 ~ 0.45% で最大値を示す有意な二次相関となる曲線的な変化を示した。

キーワード：黒ダイズ、豆腐、色調、アントシアニン、pH、凝固

I. 緒 言

黒ダイズの作付面積や生産量に関する統計情報は少ないが、マーケティング調査¹⁷⁾によると平成 18 年の全国のダイズ全体に対する黒ダイズの作付面積は 6.6%、収穫量は 7.1% である。矢内・白戸¹⁶⁾ は機能性食品に対する関心や健康意識の高まりでアントシアニンやイソフラボンを含む黒ダイズに対する需要の増加が期待されることから、黒ダイズの生産はさらに増加し、また、利用されるものと予想している。

九州地域でも古くから黒ダイズは栽培されていたが、主に自家用として在来品種が栽培されていた。黒ダイズの在来品種は農家が個別に種子を保有していることから種子消失の危険が高く、さらに由来や名称がわからず加工適性も明らかでないなど商業的な流通利用には適さなかった。そのような理由もあり、九州地域では市場流通を目的とした黒ダイズが栽培されることはほとんどなかった。しかし、正月の煮豆用なども含め九州地域でも黒ダイズの需要は多いことが考えられた。そこで九州沖縄農業研究センターでは、黒ダイズの品種育成に取り組

み、2004 年に九州地域で最初の育成品種となる「クロダマル」⁷⁾ を品種登録した。現在、「クロダマル」は地域コンソーシアムや 6 次産業化の素材として活用され¹⁾、栽培面積も 2006 年に 0.2ha であったものが 2013 年には 100ha を超えるまでに普及している。

一般に黒ダイズは子実の大きさで選別後、大粒のものは煮豆用、中粒から小粒のものは菓子用などとして取引されることが多いが、豆腐用として利用されることは少ない。その理由として原料となる黒ダイズの価格が高いこともあるが、上野ら¹⁴⁾ が指摘しているように豆腐の色が灰色がかり、くすんだ紫色であることも影響しているためと考えられる。黒ダイズは種皮にアントシアニンを含んでいることから、このアントシアニンが豆腐の色に影響しているためと考えられる。アントシアニンは pH で色が変わることから、pH 調整剤などの前処理で黒ダイズの豆腐の色を改善できる可能性を上野ら¹⁴⁾ は指摘している。

豆腐を製造する場合、通常、酸凝固剤であるグルコノデルタラクトン (以下、GDL と記載) あるいは塩凝固剤の硫酸カルシウムや塩化マグネシウム (にがりの主成

分)を単独あるいは混合して利用し、豆乳を凝固させることが一般的である。酸凝固剤であるGDLの場合、徐々にグルコン酸に変化することでpHが低下し、豆乳が酸凝固により豆腐となる(中山ら⁶⁾)。従って、凝固剤のGDL濃度を変えることで豆腐のpHも変化し、黒ダイズの豆腐の色調も変化するものと推測される。一方、Ono et al.⁹⁾ および Tezuka et al.¹¹⁾ は塩凝固剤である塩化カルシウムあるいは塩化マグネシウムの添加により、豆乳のpHが低下することを報告している。それらの現象からOno et al.⁹⁾ および Toda et al.¹²⁾ は、添加した塩凝固剤の陽イオンがフィチン酸などのリン酸塩と結合することでプロトンを放出し、その結果、豆乳のpHが低下して凝固するものと推測している。従って、塩凝固剤の塩化マグネシウムの濃度を変えることで豆腐のpHが変化し、黒ダイズの豆腐の色調も変化する事が考えられる。

また、塩化マグネシウムの濃度を変えて調製した豆腐の破断応力は最大値のある曲線的な変化を示すことが知られている(Toda et al.¹³⁾) が、その理由は明確ではない。プロトンが少しでも過剰になることで静電的反発が生じ、豆腐の凝固が崩壊すると考えた岑ら⁵⁾ の推測からプロトンの関与も推測されるが関連する報告はない。しかし、pHで色調が変化するアントシアニンを含む黒ダイズ品種を利用すれば、豆腐の色調の変化と破断応力の変化を同じ試料で調査することでプロトンが曲線的な破断応力の変化に影響しているのか否かを調べられる可能性がある。

本報告では、酸凝固剤のGDLおよび塩凝固剤の塩化マグネシウムの凝固剤濃度を変えることで黒ダイズ豆腐の色調を改善できるのかを検討し、また、豆腐の色調と破断応力の変化からプロトンと凝固の関係を検討した。

II. 材料と方法

1. 供試材料

(独)農研機構九州沖縄農業研究センター(熊本県合志市)の圃場で栽培収穫した「クロダマル」と「丹波黒」を供試した。栽培は、2007年にダイズ育種圃場の生産力検定試験(標準播種期)の標準耕種法に準じて行った。種子は、脱穀調整後10℃以下の種子庫で保管し、2008年に試験を行った。なお、近赤外分析計(フォステイケーター

Infratec 1241)によるタンパク質含有率は「クロダマル」が42.6%、「丹波黒」が43.1%であった。

2. 豆乳の調製

供試品種の種子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(日本精機DX-8)で8,000rpmで2分間磨砕後、6倍量にイオン交換水を加えた。その磨砕物をIHヒーター電熱器(DRETEC製DI-701)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(山陽理化学TYPE-SYK-5000-15A)で100meshのフィルターにより3,000rpmで1分間処理する加熱しぼり法で豆乳を調製した。磨砕後の加熱は、IHヒーターのレベル「やや低」で2分30秒間予熱した後、さらにレベル「低」で3分間かきまぜながら行った。調製した豆乳は氷水中で十分に冷却した後、濃度差が生じないように攪拌しながら内径28mmの7本の平底試験管に30gずつ分注した。豆乳を分注した平底試験管は凝固剤を添加するまで氷水中で保管した。

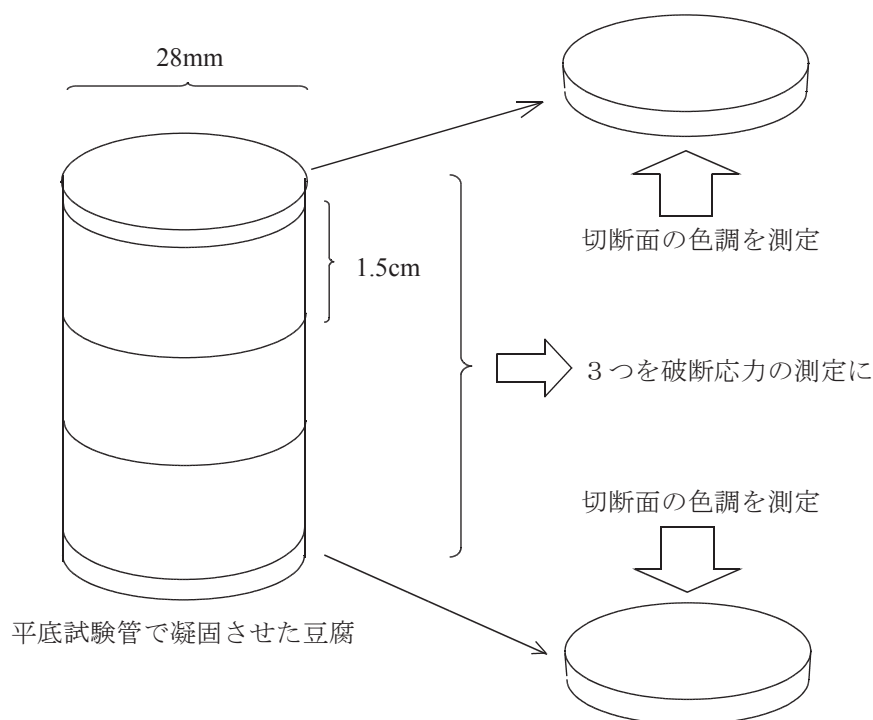
なお、豆乳の調製、豆腐の加工は各供試品種について2反復で実施した。

3. 豆腐の加工

凝固剤はGDL(和光純薬)およびにがりの主成分である塩化マグネシウム($MgCl_2 \cdot 6H_2O$, 和光純薬特級)を用いた。凝固剤はイオン交換水で溶解させ、最終濃度が0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50%の7段階になるように平底試験管の豆乳に添加した。凝固剤を豆乳に添加した後、すみやかにスパチュラで攪拌し、設定温度78℃の恒温水槽(Fisher Scientific MODEL210)で1時間加熱して凝固させた後、色調や物性を測定するまで氷水中で保管した。

4. 色調の測定

平底試験管で凝固させた豆腐を取り出し、中央部から破断応力を測定するための材料(15mm×28mm径の円柱)を3つ切り出し、残りの上部と下部の豆腐の切断面を色彩色差計(CR-200, ミノルタ製)を用い、 $L^*a^*b^*$ 表色系で測定した(第1図)。豆腐の色調は、測定した上部と下部の切断面の平均値であらわした。



第1図 平底試験管で凝固させた豆腐の色調と破断応力の測定方法

5. 破断応力の測定

凝固剤濃度による堅さを確認するため豆腐の破断応力を測定した。

平底試験管で凝固させた豆腐を取り出し、中央部から1.5cm × 28mm 径の円柱上の豆腐を3つ切り出し、レオメーター (FUDOH RHEOMETER NRM-2010J-CW) で破断応力をそれぞれ測定し (第1図)、測定した3試料の平均値であらわした。測定は、直径15φの粘弾性用プランジャーを用い、移動速度は6cm/minで行った。

6. pHによる市販黒大豆豆乳の色調変化

市販の黒大豆豆乳 (A社市販品、品種「丹波黒」) を用い、塩酸 (容量分析用、和光純薬) あるいは水酸化ナトリウム (容量分析用、和光純薬) でpHを強酸性 (pH0.5) から強アルカリ (pH11.5) まで調整し、豆乳の色調の変化を肉眼で観察した。

Ⅲ. 結 果

1. GDLでの豆腐の色調と破断応力

測定に用いたL*a*b*表色系では、明度をL*、色相と彩

度を示す色度をa*、b*で表わし、a*およびb*は色の方向を示す。すなわち、a*は赤方向、-a*は緑方向、そしてb*は黄方向、-b*は青方向を示す。

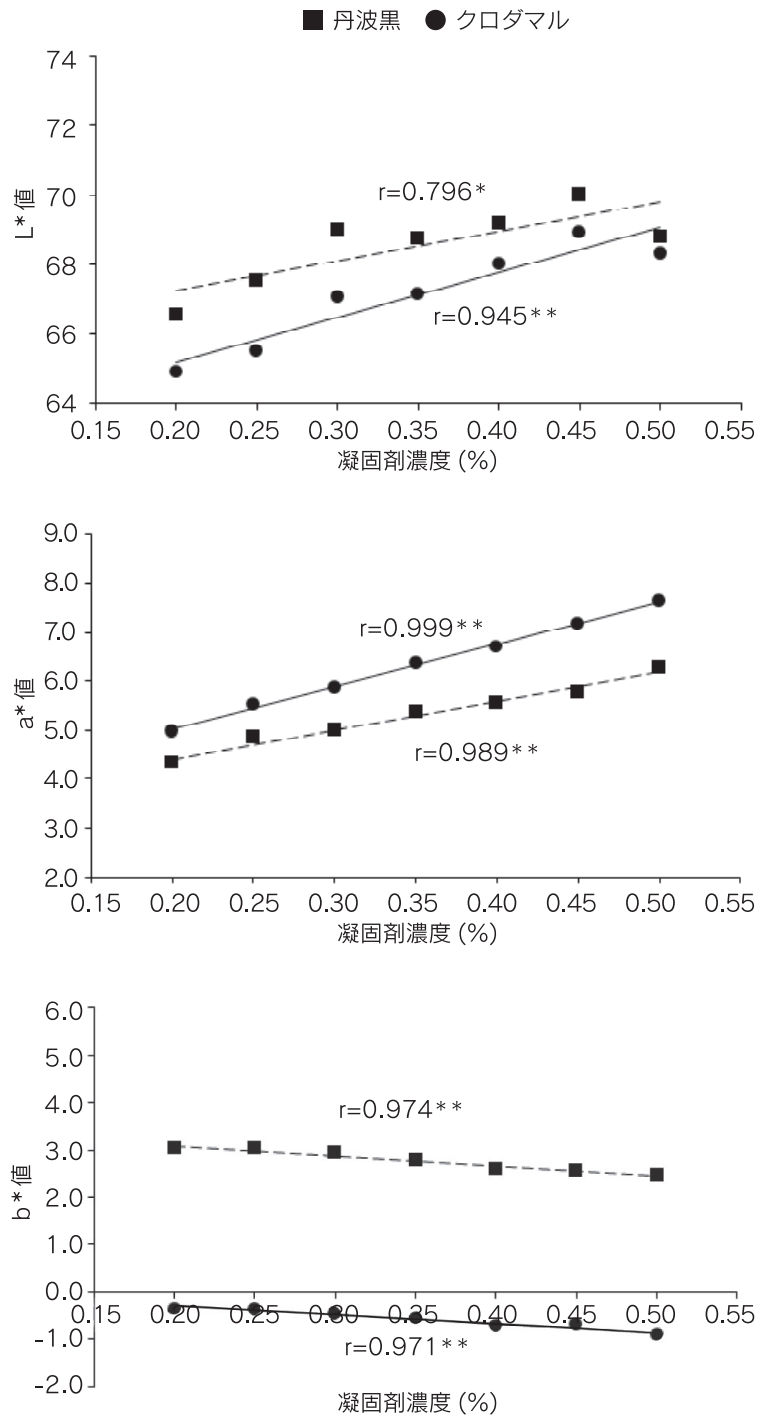
肉眼で豆腐の色調に違いが認められたが、その差はかなり小さいと考えられた (写真1、写真2)。しかし、色彩色差計による測定では凝固剤濃度の増加とともに色調の変化が認められ、その傾向は両品種とも同じで、凝固剤濃度が増加するに従いa*値は高くなり、b*値はやや低くなり、有意な相関が認められた (第2図)。L*値はa*値より相関は低いが、凝固剤濃度の増加に伴い高くなる傾向が認められた。従って、凝固剤にGDLを用いて豆腐を調製した場合、凝固剤濃度が高いほど豆腐は明るく赤みの強い色調に変化すると考えられた。

供試した2品種間では、肉眼の場合、同じ凝固剤濃度で加工した豆腐の色調は個別にみると差異がわかりにくいですが、並べて比較するとわずかに差異が認められた。色彩色差計では、凝固剤濃度にかかわらず「クロダマル」が「丹波黒」よりもL*値およびb*値が小さく、a*値が大きかった。従って「クロダマル」の豆腐は「丹波黒」よりも暗く、赤味をおびているものと考えられた。

凝固剤にGDLを用いた場合、両品種とも凝固剤濃度

の増加に伴い破断応力が大きくなる傾向があり、同じ凝固剤濃度では「丹波黒」が「クロダマル」より高い数値を示した (第3図)。凝固剤濃度と破断応力の関係は、一

次回帰および二次回帰ともに有意な相関を示したが、二次回帰でより高い有意性が認められた。

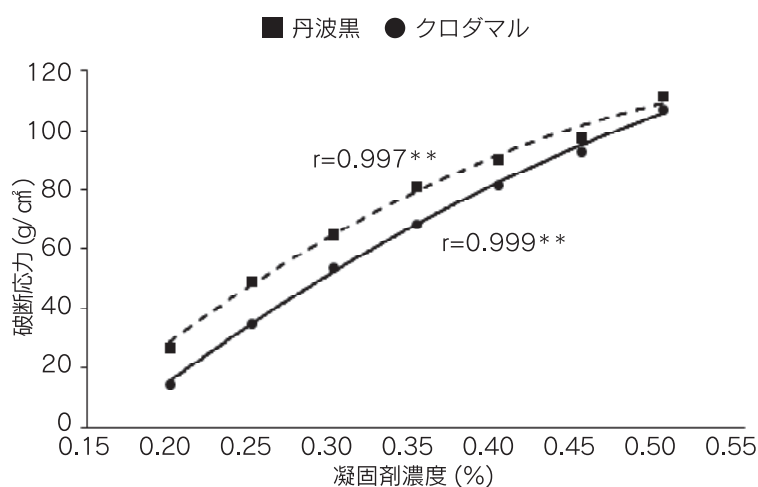


第2図 凝固剤 (GDL) 濃度を変えて調整した豆腐の色調変化

注) 色彩色差計: CR-200 (ミノルタ製), 2反復平均値

r は一次回帰での相関係数

** : 1% 水準で有意, * : 5% 水準で有意



第3図 凝固剤（GDL）濃度を変えて調整した豆腐の最大破断応力
 注）FUDOH RHEOMETER NRM-2010J-CW で測定
 条件：15 φ粘弾性用プランジャー，移動速度：6cm/min
 2反復平均値
 rは二次回帰での相関係数，**：1%水準で有意

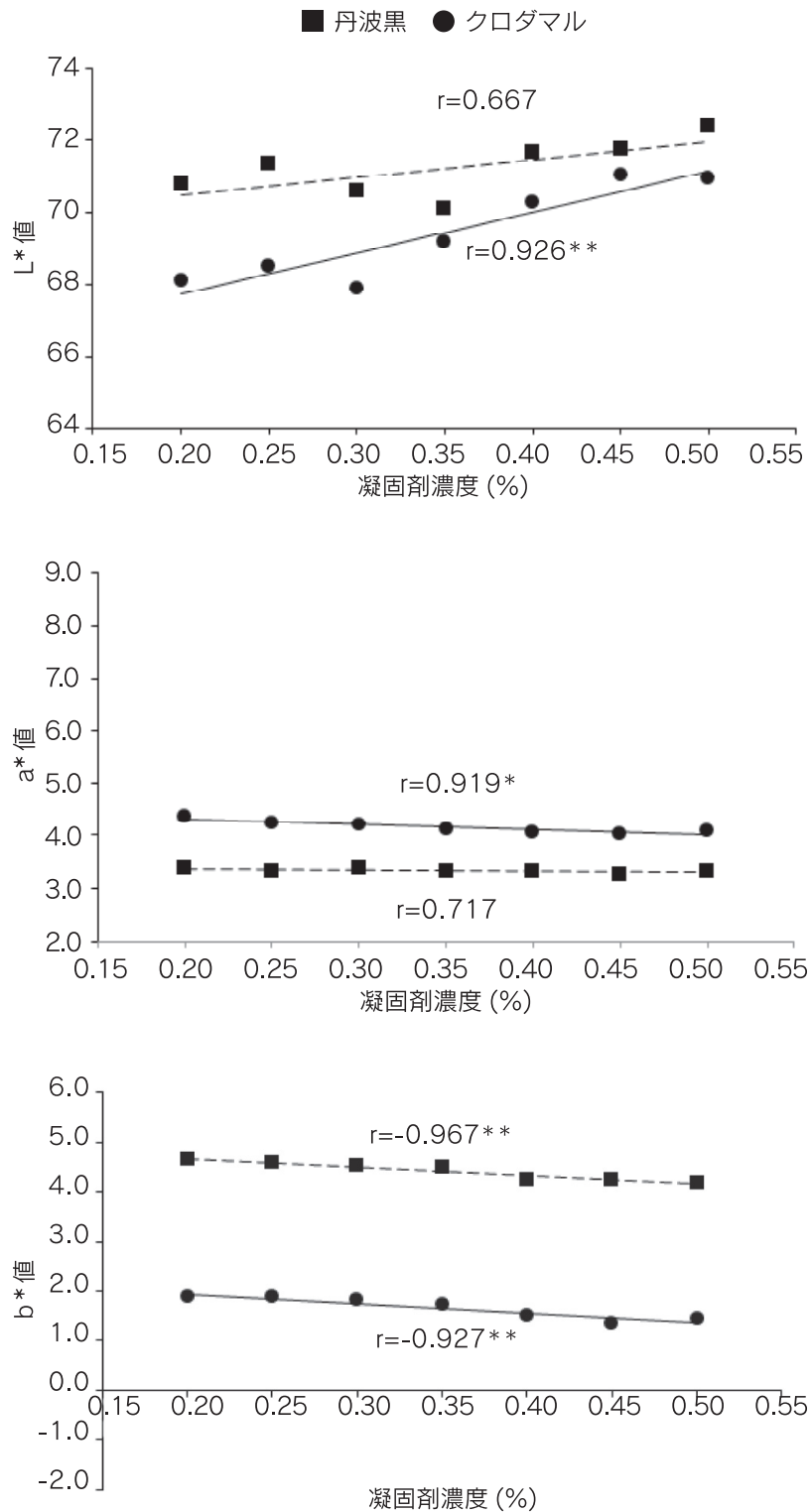
2. 塩化マグネシウムでの豆腐の色調と破断応力

凝固剤として塩化マグネシウムを用いた場合，肉眼では凝固剤濃度による豆腐の色調の変化はほとんどわからなかった。色彩色差計による調査では，GDLと異なる傾向が認められた。すなわち， a^* 値については「クロダマル」では凝固剤濃度と負の相関（5%水準で有意）が認められたが，「丹波黒」では有意な相関が認められなかった。 b^* 値についてはGDLと同様に両品種とも凝固剤濃度と有意な負の相関が認められた。 L^* 値については「クロダマル」ではGDLと同様に凝固剤濃度と有意な正の相関が認められたが，「丹波黒」では認められなかった。

供試した2品種間の色調の差異はGDLと同様に小さく，肉眼の場合，同じ凝固剤濃度で加工した豆腐の色調は個別にみると差異がわかりにくい，並べて比較するとわずかに差異が認められた。色彩色差計では，

「クロダマル」の豆腐の色調は「丹波黒」と比べて凝固剤濃度にかかわらず L^* 値および b^* 値が小さく， a^* 値が大きく，GDLと同じ傾向が認められた（第4図）。すなわち塩化マグネシウムで調整した場合もGDLと同様に「クロダマル」の豆腐は「丹波黒」よりも暗く，赤味をおびていると考えられた。

しかし，凝固剤濃度の増加に伴う破断応力の変化はGDLを用いた場合と異なっていた。凝固剤にGDLを用いた場合，供試した凝固剤濃度の範囲では濃度の増加とともに破断応力が増加したが，塩化マグネシウムの場合，ある凝固剤濃度までは増加した後，低下するというピークのある曲線的な変化を示した（第5図）。また，品種間で比較すると低い凝固剤濃度では「丹波黒」の破断応力が「クロダマル」より大きく，高い凝固剤濃度では「クロダマル」の破断応力が「丹波黒」より大きかった。

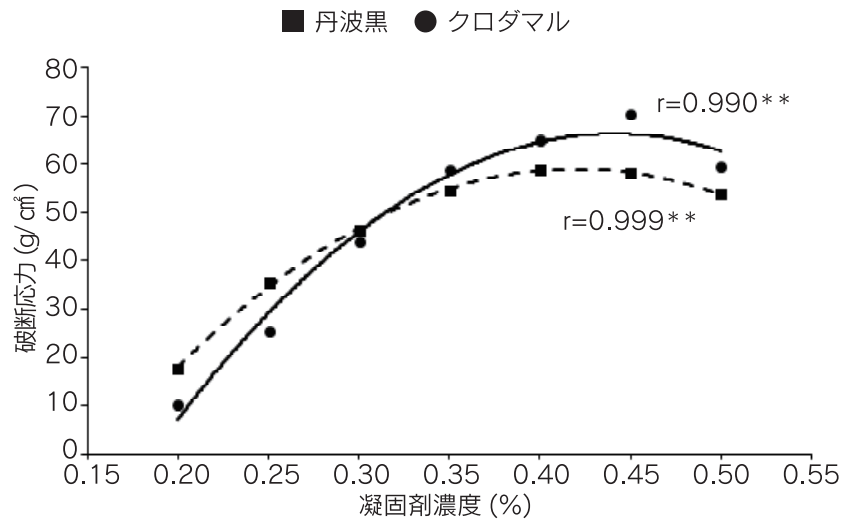


第4図 凝固剤（塩化マグネシウム）濃度を変えて調整した豆腐の色調変化

注）色彩色差計：CR-200（ミノルタ製），2反復平均値

r は一回帰での相関係数

**：1%水準で有意，*：5%水準で有意



第5図 凝固剤（塩化マグネシウム）濃度を変えて調整した豆腐の最大破断応力

注) FUDOH RHEOMETER NRM-2010J-CW で測定

条件：15 φ粘弾性用プランジャー，移動速度：6cm/min

2 反復平均値

r は二次回帰での相関係数，**：1% 水準で有意

3. pHによる市販黒大豆豆乳の色調変化

肉眼で観察した黒大豆豆乳の色調は、pHとともに変化し、pHが低下すると赤味が強くなることが認められた(写

真3, 写真4)。特に、酸性側(写真3)で色調の変化が大きいことが認められた。



写真1 GDL凝固剤濃度を変えて調整した「クロダマル」の豆腐
凝固剤濃度は左から0.20%, 0.25%, 0.30%, 0.35%, 0.40%, 0.45%, 0.50%



写真2 GDL凝固剤濃度を変えて調整した「丹波黒」の豆腐
凝固剤濃度は左から0.20%, 0.25%, 0.30%, 0.35%, 0.40%, 0.45%, 0.50%



写真3 塩酸を加えてpHを調整した「丹波黒」市販豆乳の色
左から pH0.5, pH1.0, pH3.0, pH4.0, pH5.0, pH6.46 (添加なし)



写真4 水酸化ナトリウムを加えてpHを調整した「丹波黒」市販豆乳の色
左から pH6.46 (添加なし), pH8.0, pH9.0, pH10.0, pH11.0, pH11.5

IV. 考 察

酸凝固剤のGDLを用いた場合、黒ダイズ品種の豆腐の色調は、第2図のように凝固剤濃度の増加に伴い変化した。酸凝固剤であるGDLの特性から凝固剤濃度の増加に伴って豆腐のpHが低下し、それに伴い a^* 値、 L^* 値が増加していると考えられる。

豆乳のpHがGDL濃度の増加に伴い低下することはIshiguro et al.⁴⁾、中山ら⁶⁾も報告している。一般的な反射型の色彩色差計では液体の色調を測定することが難しいため、液体のアントシアニンの調査事例は少ないが、ブラッドオレンジのアントシアニンについて色調をLab表色系で測定した報告³⁾がある。その報告では、pHの変化に伴うアントシアニンの色調変化は b 値で少ないが、 a 値はpHの低下に伴って高くなることを認めている。Lab表色系と $L^*a^*b^*$ 表色系は L^* と L は明度、 a^* と a は赤と緑の補色チャンネル、 b^* と b は黄と青の補色チャンネルであり、色空間が類似している。つまり、ブラッドオレンジのアントシアニンの色調の変化を $L^*a^*b^*$ 表色系にした場合、 b^* 値の変化が小さく、 a^* 値ではpHの低下とともに高くなり、GDL濃度の増加につれpHが低下したと考えられ、本報告も同様の結果となっている。従って、GDLを用いた場合、凝固剤濃度による黒ダイズの豆腐の色調の変化は種皮に含まれるアントシアニンによるものと考えられる。

抽出アントシアニンの色調は、pHによって色調が赤紫から青色まで鮮やかに変化することが知られている。しかし、写真1および写真2のように「クロダマル」および「丹波黒」で作成した豆腐では色調の変化が少ないように考えられた。この要因の一つとして供試したGDL濃度の違いにより生じたpHの変化が小さいためと考えられた。そこで、市販の「丹波黒」の豆乳を用いてpHを強酸性(pH0.5)から強アルカリ性(pH11.5)まで調整して色調の変化を調べた。豆乳は液体であることから色彩色差計(CR-200, ミノルタ製)での測定はできなかったが、肉眼による色調の変化はアルカリ性(pH8.0～pH11.5)よりも酸性(pH0.5～pH5.0)で大きいことが認められた

(写真3, 写真4)。豆腐のpHは種類や凝固剤などで異なるが、通常は酸味などが強くなるようにpH4.0からpH6.46の範囲内にあると考えられる。写真3のpH4.0とpH6.46での豆乳の色調の違いから、pH調整剤を用いた場合でも黒ダイズ品種の豆腐の色調を大きく変えることは難しいことが考えられる。

一方、塩凝固剤の塩化マグネシウムでは濃度を変えても豆腐の色の変化は肉眼ではほとんどわからず、色彩色差計による測定でも第4図のようにわずかな変化で、両品種で凝固剤濃度と有意な相関が認められたのは b^* 値のみであった。従って、凝固剤として塩化マグネシウムを使用しても豆腐の色調の改善はほとんど期待できないと考えられた。

以上、豆腐の色調についてまとめると酸凝固剤のGDLあるいは塩凝固剤の塩化マグネシウムの濃度を変えて色調を改善することは難しく、また、豆乳での色調の変化よりpH調整剤を利用しても豆腐の色調を改善することは難しいと考えられた。黒ダイズ品種の豆腐では色調を変えるのではなく、他の特徴で差別化を検討することが適切と考えられる。

一方、破断応力については、酸凝固剤であるGDLの場合、第3図のように凝固剤濃度が増加するにつれて「クロダマル」および「丹波黒」の両品種でともに増加する傾向が認められた。これは、Ishiguro et al.⁴⁾、中山ら⁶⁾の報告と同様にGDLの分解で生じたグルコン酸が増加することでpHが低下し、酸凝固がより強くなったためと考えられる。塩凝固剤である塩化マグネシウムの場合、第5図のように破断応力は凝固剤濃度の増加に伴い0.40～0.45%にピークのある曲線状の変化を示した。この傾向は「クロダマル」および「丹波黒」の両品種で認められた。一方、色彩色差計による豆腐の色調の変化から、凝固剤濃度が違ってpHは変化していない可能性が示唆された。原²⁾は塩凝固剤の硫酸カルシウムを用いた豆腐製造試験で豆腐をつぶした混合乳化物のpHを測定し、凝固剤濃度で破断応力は変化するが豆腐のpHがほとんど変化しないことを報告している。塩化マグネシウムを凝固剤とした本報告でも、非破壊による豆腐の色調調査では

とんど pH が変化していない可能性が示唆された。従って、塩化マグネシウムを凝固剤として濃度を変化させた場合の曲線状の破断応力の変化は、岑らの推測したプロトン過剰に起因するものではない可能性がある。小野⁸⁾、Ono et al.⁹⁾ は塩類を添加したときの豆乳のタンパク粒子の凝集と pH の調査から、凝固につながる主な要因は塩凝固剤でも pH 低下によるものと推測している。しかし、原²⁾ および本報告の結果から塩凝固剤では凝固剤濃度で凝固した豆腐の pH がほとんど変わらない可能性が示された。これらの結果から、豆乳状態では pH の低下が凝集の要因となっているが、凝固の段階では pH 以外の要因が影響していることが推測される。渡辺・阿部¹⁵⁾ は Ca 塩および Mg 塩による豆乳の pH の低下を認めているが、凝固の状況は酸と異なることを報告している。抽出ダイズタンパクによる酵素処理試験で Tang et al.¹⁰⁾ らは凝集過程と凝固過程をわけて機作を検討している。塩化マグネシウムを凝固剤として用いた場合の破断応力の曲線的な変化は凝集と凝固をわけて検討する必要がある。

引用文献

- 1) 後藤一寿 (2011) 新品種活用型の農商工連携の成果と課題 ～共創的連携のための8箇条～ 農村経済研究 **29**: 30 - 38.
- 2) 原健次 (1988) 国産大豆の豆腐への加工適性に関する試験 (第2報) 低蛋白質大豆の絹ごし豆腐原料としての利用方法. 神奈川農総研報 **130**: 85 - 90
- 3) 平岡芳信・逢坂江理・開俊夫 (2010) ブラッドオレンジの加工に難する研究 (第2法) - ブラッドオレンジの加工適性 - 愛媛産技研報 **48**: 32 - 35.
- 4) ISHIGURO, T., Tomotada ONO, Takahiro WADA, Chigen TSUKAMOTO, and Yuhi KONO. (2006) Changes in soybean phytate content as a result of field growing conditions and influence on tofu texture. Biosci. Biotechnol. Biochem. **70**: 874 - 880
- 5) 岑友里恵・村上香織・東敬子・吉原志保・福永公寿・佐伯隆・澤野悦雄 (2005) 豆腐製造における各種凝固剤の比較 食科工誌 **52**: 114 - 119
- 6) 中山修・寺町弥生・渡辺篤二 (1965) 袋豆腐用凝固剤としてのグルコノデルタラクトンについて 日食工誌 **12**: 81 - 84
- 7) 中澤芳則・高橋将一・小松邦彦・松永亮一・羽鹿牧太・酒井真次・異儀田和典 (2006) ダイズ新品種「クロダマル」の育成とその特性 九州沖縄農研報告 **48**: 11 - 30.
- 8) 小野伴忠 (1999) 牛乳と豆乳におけるタンパク質会合体. New Food Industry **41**: 65 - 78
- 9) ONO, T., Shoji KATHO, and Kazunori MOTHIZUKI (1993) Influences of calcium and pH on protein solubility in soybean milk. Biosci. Biotech. Biochem. **57**: 24 - 28.
- 10) TANG, C-H., H. WU, H-P YU, L. LI, Z. CHEN and X-Q. YANG (2006) Coagulation and gelation of soy protein isolates induced by microbial transglutaminase. J. Food Biochem. **30**: 35 - 55
- 11) TEZUKA, M., Hideharu TAIRA, Yasuo IGARASHI, Kazuhiro YAGASAKI, and Tomotada ONO (2000) Properties of tofus and soy milks prepared from soybean having different subunits of glycinin. J. Agric. Food Chem. **48**: 1111 - 1117
- 12) TODA, K., Koji TAKAHASHI, Tomotada ONO, Keisuke KITAMURA and Yoshiyuki NAKAMURA (2006) Variation in the phytic acid content of soybeans and its effect on consistency of tofu made from soybean varieties with high protein content. J. Sci. Food Agric. **86**: 212 - 219.
- 13) TODA, K., Tomotada ONO, Keisuke KITAMURA, Makita HAJIKA, Koji TAKAHASHI and Yoshiyuki NAKAMURA (2003) Seed protein content and consistency of tofu prepared with different magnesium chloride concentrations in six Japanese soybean varieties. Breeding Sci. **53**: 217 - 223
- 14) 上野和秋・持田秀之・松永亮一 (2000) 有色大豆の豆

- 腐と枝豆の食味について 日作九支報 66 : 17 - 19.
- 15) 渡辺篤二・阿部和可 (1962) 各種酸類および塩類による豆乳の凝固について. 日食工誌 9 : 158 - 161
- 16) 矢内和博・白戸洋 (2011) 安曇野産黒豆「信濃黒」の普及に向けた研究と高次利用法の開発. 松本大学研究紀要 9 : 169 - 177
- 17) 財団法人 電源地域振興センター 平成 20 年度マーケティング調査 (長野県安曇野市)「黒大豆の特産品化・ブランド化方策」報告書 (2009) . 14p.

Difference in color and breaking stress of tofu prepared with different coagulant concentrations in black soybeans

Yoshinori Nakazawa

Summary

The change of color and breaking stress were examined for tofu made of two black soybean varieties. Glucono-delta-lacton and magnesium chloride were used in various concentrations as coagulants.

The naked eye could detect a little difference in the color of tofu prepared with different glucono-delta-lacton concentrations, but no difference was observed with magnesium chloride. A color differential colorimeter detected a significant positive correlation between L^* and glucono-delta-lacton concentration. There was significant positive correlation between a^* and glucono-delta-lacton concentration, too. Significant negative correlations were observed between b^* and coagulant concentration, both glucono-delta-lacton and magnesium chloride.

There were significant secondary correlations between breaking stress and coagulant concentration in both coagulants. In this experiment, breaking stress increased as coagulant concentration increased in glucono-delta-lacton, but a curved line-like change with the maximum peak was observed in magnesium chloride.

Key words : Black soybean, Tofu, Color, Anthocyanin, pH, Coagulation