

# おいしい小粒納豆を造るための品種選抜システムの開発(第 1 報)

櫻井正晃\* 久保雄司\* 中川力夫\*

## 1. はじめに

「納豆小粒」は本県大豆作付面積(平成 24 年度)のうち約 40%で栽培されている主力品種だが、納豆の加工適性に優れた北海道産「スズマル」に比べて硬く色が暗いので、納豆加工メーカーからは、柔らかく色が明るく仕上がる本県オリジナル納豆用品種の育成が求められている。

従来は、栽培特性に主眼を置いて品種育成を進めてきたが、納豆用大豆としては加工適性を品種選抜の早い段階から評価することが重要となる。

納豆にする前の子実(生豆、吸水豆、煮豆)で加工適性を評価するシステムが確立できれば、納豆加工に向けた優良品種を確実に育成することができる。しかしながら、現状では納豆に加工する前の子実と納豆の間で、味、物性及び成分の相関関係が不明で、納豆加工適性評価のために測定すべきパラメーターは定まっていない。そこで、納豆に加工する前の子実で、納豆加工後の硬さ、色、味などを推定する手法を確立し、おいしい納豆用大豆の効率的選抜システムを開発する。

## 2. 目的

本事業は産学官連携研究開発推進事業として、農業総合センター生物学研究所、茨城県納豆商工業協同組合と分担・協力して研究を行う(図 1)。

農業総合センター生物学研究所では子実(生豆、吸水豆、煮豆)の硬さ・色から納豆としての加工適性を推定する手法を確立し、効率的な選抜システムを開発すること、またこの手法を用いておいしい納豆用大豆系統を育成することを目標とする。

茨城県納豆商工業協同組合は納豆の硬さ・色・呈味などの食味官能試験を行い、評価法の確立を目指す。

工業技術センターでは納豆に加工してからの硬さ・色・呈味成分および生豆の内容成分により加工適性を評価し、生豆等でのデータとの相関関係を明らかにしていく。

平成 25 年度、当センターでは(1)「納豆小粒」および「スズマル」について納豆に加工してからの硬さ・色を測定し、指標を設定すること(2)納豆と生豆成分を数値化し、相関性を推定するための手法を確立することを目標とした。

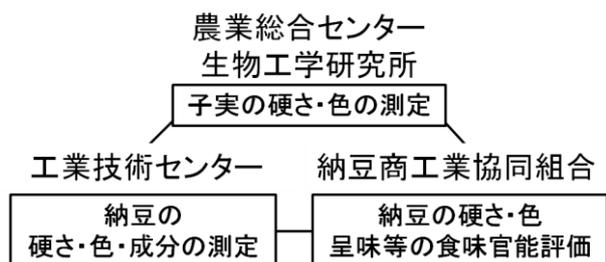


図 1 産学官連携事業での役割

## 3. 研究内容

### 3.1 供試材料

平成 25 年度は以下の 2 種類の大豆を用いて、実験を行った。

- (1)「納豆小粒」(市販品・茨城県産)
- (2)「スズマル」(市販品・北海道産)

### 3.2 納豆試作方法

納豆の試作は茨城県納豆商工業協同組合の協力のもと、当センターの設備を用いて、次の手順で行った。

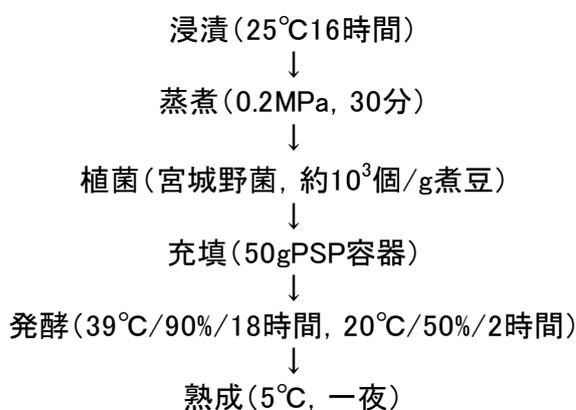


図 2 納豆試作工程

### 3.3 物性測定装置を用いた納豆の硬さ測定

作成した納豆を用いて、「納豆小粒」および「スズマル」の硬度を測定した。

テンシプレッサーTTP-50BX II (タケトモ電機) 1 バイト測定モードを用いて納豆の硬度を測定した。直径 3mm の円柱型プランジャを使用し、クリアランス 0.3mm, 圧縮速度 5mm/秒とした時のサンプル 1mm あたりの最大荷重値を「硬度」とした。なお、測定時にはサンプルの転がりを防ぐため、長軸 9mm, 短軸 5mm, 厚さ 1mm の楕円形の自作枠を測定試料台に貼り付けて使用した。

### 3.4 色彩色差計による納豆の色差測定

納豆をラップフィルムに挟み軽く押しつぶした後、色彩色差計 SE2000(日本電色)で 25 点を測定し平均を求めた。 $a^*$ 値(+赤色度~緑色度)および $b^*$ 値(+黄色度~青色度)は色度を表し、 $L^*$ 値(黒(0)~白(100))は明度を表す。 $a^*$ 値、 $b^*$ 値の二乗の和の平方根から彩度 $C^*$ 値を算出した( $C^*$ 値= $\sqrt{a^*^2+b^*^2}$ )。

### 3.5 TLC 分析

後述する高速液体クロマトグラフ法(以下、HPLC と略称)による糖分析のプレ実験として、大豆(生豆)から納豆への糖含量のおおまかな変化について調べるために薄層クロマトグラフィー法(以下、TLC と略称)による分析を行った。

生豆および凍結乾燥後粉碎した納豆試料 100mg に 80%エタノール 300  $\mu$  l を加え 50°C で 1 時間抽出後遠心分離 (10,000rpm, 5 分) を行い, 上清液を採取。この操作を 3 回行い, 上清液を集約, サンプル溶液とした<sup>1)</sup>。

プレートはシリカゲル 60F254(Merck) を用いた。展開液にはアセトニトリル-水=70:30 を用いた。展開後, ドライヤーの冷風で 7 分乾燥, 硫酸:メタノール=5:95 溶液に浸したのちに, ホットプレート 180°C で加熱し, スポットを検出した。

同時に糖標準液 5mg/ml (グルコース, フルクトース, スクロース, ラフィノース, スタキオース) を展開し, 生豆, 納豆とのスポット位置との比較に用いた。

### 3.6 HPLC 分析

前記の TLC 分析と同様に遊離糖類を抽出したサンプル溶液を作成した。この溶液を 80%エタノール溶液で 5 倍希釈した溶液を 0.20  $\mu$  m フィルター濾過後, HPLC を用いて分析した。条件は表 1 のとおり。

表 1 HPLC 分析条件

機種	CTO-20ACprominence
カラム	Asahipak NH2P-50 4E (4.6mmIDx250mmL)
カラム温度	30°C
移動相	アセトニトリル/水=75/25(v/v)
流速	1.0ml/min
検出	corona CAD 荷電化粒子検出器
検出温度	30°C
検量線(標品)	グルコース, スクロース, フルクトース ラフィノース, スタキオース

大豆の水分は赤外線水分計FD-800を用いて加熱乾燥・質量測定方式により求めた。(各糖含量の原試料大豆乾物換算用)。

## 4. 研究結果と考察

### 4.1 物性測定装置を用いた納豆の硬さ測定

「納豆小粒」の納豆の硬度を 1 とした相対値で表すと, 「スズマル」の納豆の硬度は「納豆小粒」と比べて 1 回目と 3 回目は 5%水準, 2 回目は 1%水準で有意に柔らかく, 「納豆小粒」の約 6~8 割程度の硬さを示した (図 3)。

今回用いた測定方法を用いて, 来年度は納豆硬度比と食味官能評価の硬さの相関関係について求めていく。

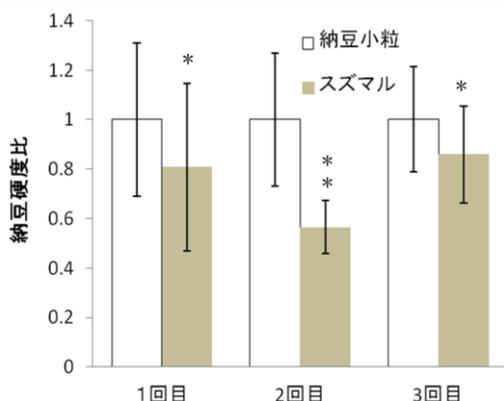


図 3 「納豆小粒」および「スズマル」の納豆硬度比

納豆小粒の硬度を 1 とし相対値で表した。

範囲は標準偏差を示す。(n=25)

\*:5%水準で有意 \*\*:1%水準で有意

### 4.2 色彩色差計による納豆の色差測定

「納豆小粒」の納豆の表色値を 1 とした相対値で表すと, 「スズマル」の納豆の表色値は「納豆小粒」と比べ a\*値が 5%水準で有意に低く, b\*値, L\*値が 1%, C\*値が 5%水準で有意に高かった (図 4, 5)。

今回の測定から「スズマル」は「納豆小粒」と比較して黄色味が強く明るい色調であることが数値で示された。今回測定した方法を用いて次年度以降は官能評価のデータと合わせ相関関係を調べていく。

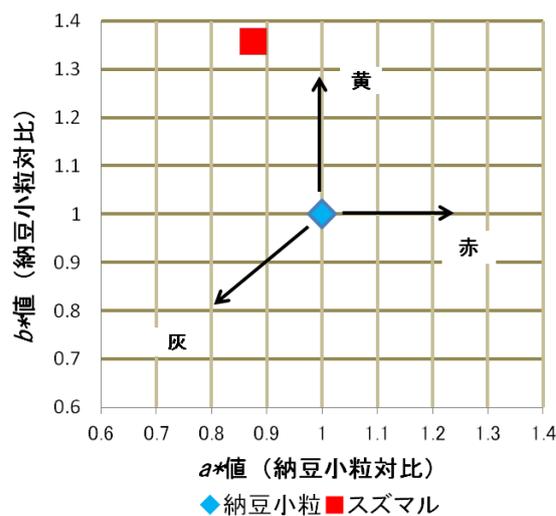


図 4 納豆小粒およびスズマルの納豆表面値比 (a\*値-b\*値 n=25)

納豆小粒の表面色を 1 とし相対値で表した。

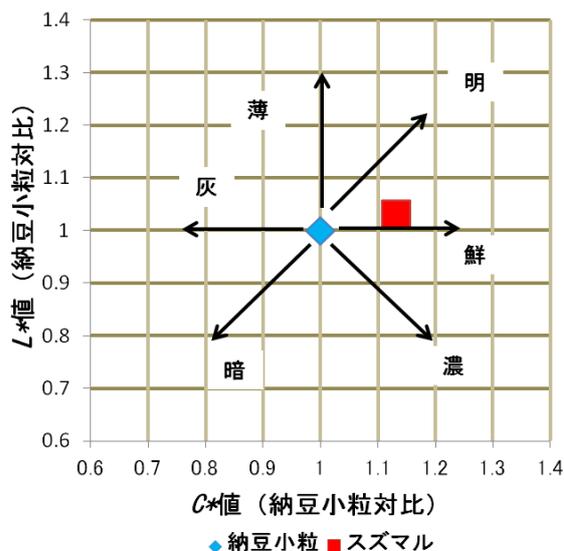


図 5 「納豆小粒」および「スズマル」の納豆表面値比 (C\*値-L\*値 n=25)

「納豆小粒」の表面色を 1 とし相対値で表した。

### 4.3 TLC分析

「納豆小粒」と「スズマル」の生豆と納豆のTLC展開図を図6に示す。左側4つ(a)～(d)がサンプル、右5つ(e)～(i)が糖の標準液のスポットである。

標準糖の展開の高さを見ると、高い順に(e)グルコース、(f)フルクトース、(g)スクロースがほぼ同じで、(h)ラフィノース、(i)スタキオースと続いた。今回のHPLC分析はTLC分析とほぼ同じ溶媒組成を用いるので、ピークの検出順番はこの展開の高さと同じになると予想できる。

標準糖の(e)グルコース、(f)フルクトース、(g)スクロースのスポットについて、位置がほぼ同じであり、同じ高さにある生豆サンプル(a)、(c)の濃いスポットがどの糖であるか判別はできなかった。しかし、文献<sup>2),3)</sup>にある様々な大豆の糖含量のデータから、サンプルの濃いスポットはほとんどスクロースであるということが考えられる。

(a)、(c)の濃いスポットの下には(h)ラフィノース、(i)スタキオースと思われるスポットが検出された。含有量が少ないためか、TLCの測定条件のためか、スポットは薄く、各糖の分離ははっきりとは出来なかった。

生豆サンプル(a)、(c)と比較して納豆サンプル(b)、(d)に関してスポットはほとんど検出されなかった。糖成分に関しては、納豆製造時、発酵中に減少することが知られている<sup>4)</sup>。今回もこの図6の結果から、納豆にすると糖含量が減少するという予想が出来る。

今回のHPLC分析のプレ実験としてTLC測定を行った結果から、HPLC分析の際の糖の検出の順番、また大豆(生豆)から納豆への糖含量のおおまかな変化について予想することが出来た。

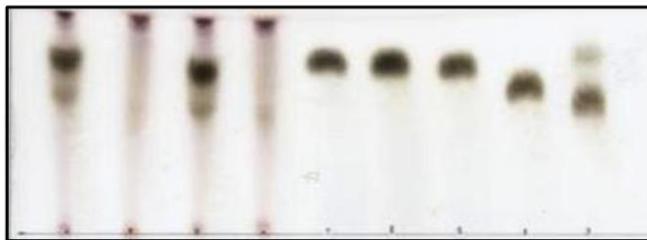


図6 TLC分析

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
サンプル	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a)納豆小粒 生豆</li> <li>(b)納豆小粒 納豆</li> <li>(c)スズマル 生豆</li> <li>(d)スズマル 納豆</li> </ul>				標準				
					<ul style="list-style-type: none"> <li>(e)グルコース</li> <li>(f)フルクトース</li> <li>(g)スクロース</li> <li>(h)ラフィノース</li> <li>(i)スタキオース</li> </ul>				

### 4.4 HPLC分析

納豆小粒、スズマルの大豆(生豆)、納豆の糖のHPLCの結果を図7～10に示す。また、各HPLCピーク図の番号は以下の糖に対応している。

表2 糖対応表

1:	フルクトース
2:	グルコース
3:	スクロース
4:	ラフィノース
5:	スタキオース

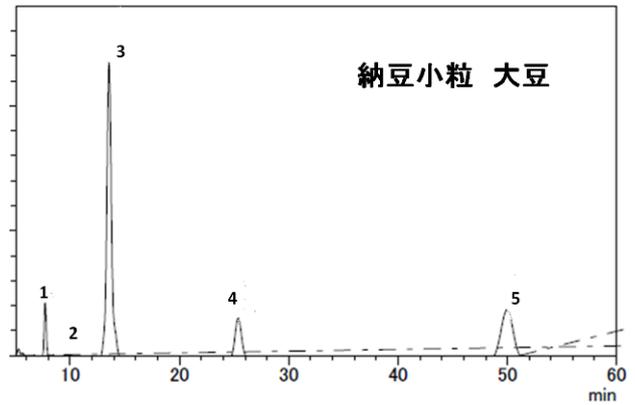


図7 納豆小粒 大豆(生豆)

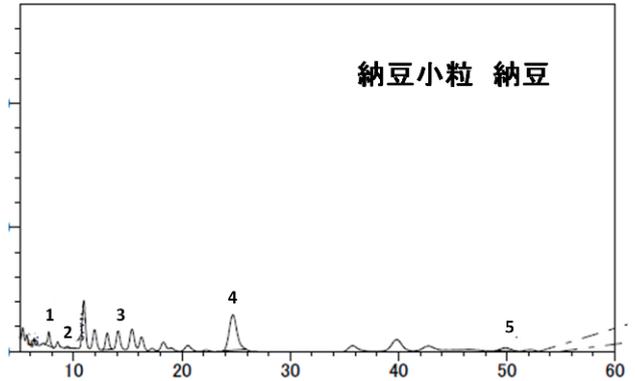


図8 納豆小粒 納豆

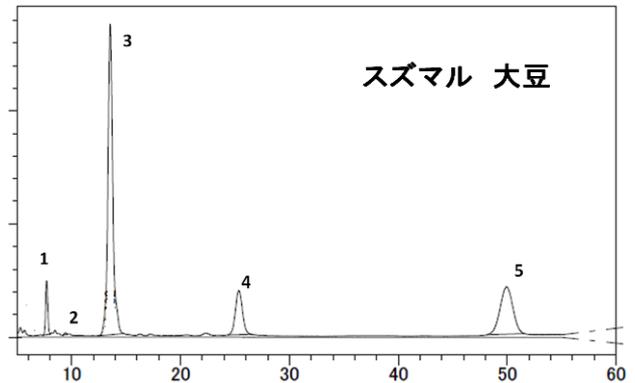


図9 スズマル 大豆(生豆)

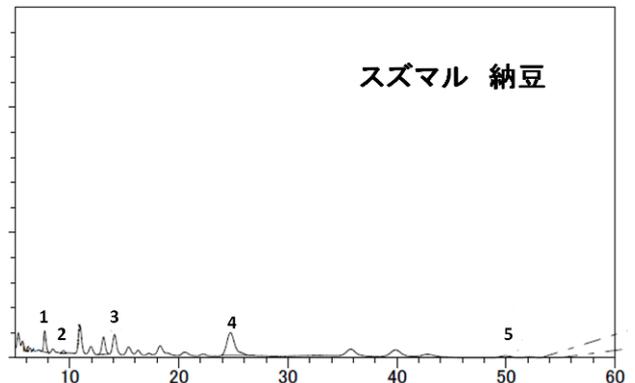


図10 スズマル 納豆

グルコースについては、今回測定したサンプル全てに対して検出限界以下の濃度であった。

図7、図9の生豆については、グルコース以外の4種類のピークを検出することができた。

図8, 図10の納豆に関してはTLC測定の前予想どおり、糖のピークが大きく減少しており、大豆では現れなかったピークが現れた。これらのピークは発酵によって出現したマンニトリオースやメリビオースなど様々なオリゴ糖であると考えられている<sup>4)</sup>。

この測定を3回行い、糖含有量の平均値を出した(図11)。納豆小粒(大豆)は5種類の糖合計含有量が12.57%、スズマル(大豆)は12.53%となり、ほぼ同じ値となった。また、納豆にすると納豆小粒は0.91%、スズマルは1.56%となった。今回の納豆の数値はスズマルの方が大きい、糖の分解量は発酵条件などでも変わると考えられるので、必ずスズマルの方が多く糖が残るとは断定はできない。

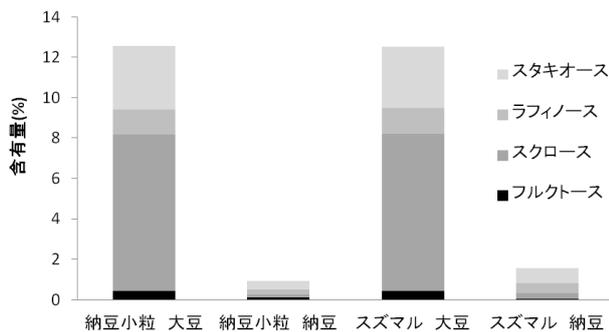


図11 遊離糖含量(乾物) (n=3)

納豆と生豆成分を数値化し、生豆等との相関性を推定するための測定条件を検討したところ、表1の条件で測定を行うことができた。

この測定条件を用いて次年度以降は官能評価のデータと合わせ相関関係を調べていく。

## 5. まとめ

### 5.1 物性測定装置を用いた納豆の硬さ測定

テンシプレッサーを用いて納豆の硬度を測定した。「納豆小粒」の納豆の硬度を1とした相対値で表すと、「スズマル」の納豆の硬度は「納豆小粒」と比べて1回目と3回目は5%水準、2回目は1%水準で有意に柔らかく、「納豆小粒」の約6~8割程度の硬さを示した。

### 5.2 色彩色差計による納豆の色差測定

「納豆小粒」の納豆の表色値を1とした相対値で表すと、「スズマル」の納豆の表色値は「納豆小粒」と比べa\*値が5%水準で有意に低く、b\*値、L\*値が1%、C\*値が5%水準で有意に高かった。

### 5.3 TLC分析

HPLCのプレ実験として大豆と納豆から抽出した糖成分のTLC分析を行った。標準糖の展開の高さの順番から、HPLC分析の際のピークの順番の予想をつけることができた。また、大豆はスポットが検出され、納豆ではスポットがほとんど検出されなかったことから、大豆から納豆で糖含量が減少するという予想をした。

### 5.4 HPLC分析

グルコースは、今回測定したサンプル全てに対して検出限界以下の濃度であった。

生豆については、グルコース以外の4種類の糖(フルクトース、スクロース、ラフィノース、スタキオース)のピークを検出することができた。

納豆に関してはTLC測定の前予想どおり、糖含量が大きく減少していることがわかった。

「納豆小粒」、「スズマル」の大豆(生豆)、納豆の糖の成分を数値化し、生豆等との相関性を推定するための測定条件を検討したところ、表1の条件で測定を行うことができた。

## 6. 今後の課題

平成26年度は生物工学研究所にて選定された20品種・系統を納豆に加工し、硬さ、色、成分および生豆の成分を測定する。そして、測定データから納豆の加工適性を評価し、生豆等でのデータとの相関関係を明らかにしていく。

## 7. 参考文献

- 1) 浅野三男 大久保一良 山内文男  
大豆の温水浸漬によるオリゴ糖の浸出挙動  
日本食品工業学会誌, 38, 9, 770-775(1991)
- 2) 村岡信雄 松岡徹夫  
大豆子実の遊離糖含量  
東北農業研究 45, 117-118(1992)
- 3) 平春枝 田中弘美 斎藤昌義  
国産大豆の全糖・遊離型全糖および遊離糖類の含量  
日本食品工業学会誌 36, 12, 968-980(1989)
- 4) 菅野 彰重, 高松 晴樹, 高野 伸子, 秋本 隆司  
納豆製造工程における糖成分の動向  
日本食品工業学会誌 29, 2, 105-110 (1982)