

## 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3報)

野口友嗣\* 久保雄司\* 長谷川裕正\* 中川力夫\*

## 1. はじめに

納豆は本県を代表する加工食品である。全国納豆協同組合連合会に所属する172社<sup>1)</sup>のうち本県所在の納豆加工メーカーは24社(14%)で、県別で最も多い。

納豆用大豆のうち「納豆小粒(なっとうしょうりゅう)」は本県で育成された品種で、県内大豆作付面積の38%(平成25年度)を占める主力品種である<sup>2)</sup>。しかし、「納豆小粒」は納豆加工時の仕上がりが硬く、色が暗い。そのため納豆加工メーカーからは、豆が軟らかく、色が明るく仕上がる県オリジナルの納豆用大豆品種が求められている。

従来、大豆の品種育成は栽培特性が重視されてきたが、納豆の加工適性は大豆の栽培特性と必ずしも一致せず、納豆を製造するまでその加工適性は評価できない。そのため大豆の育種や加工設備、一定の収量が必要となり、加工適性評価に長い時間と手間を要した。

したがって、大豆子実から納豆の加工適性を判定する評価系が確立されれば、納豆加工に適した大豆品種を効率的に選抜することができる。

## 2. 目的

本事業では、大豆子実(生豆、煮豆)から納豆加工適性を直接判定することができる大豆の品種選抜システム開発を目的とした。

なお、本事業は産学官連携研究開発推進事業として平成25年度から平成27年度にかけて、県農業総合センター生物学研究所(以下、「生工研」という。)、茨城県納豆商工業協同組合(以下、「納豆組合」という。)と協力して研究を行った<sup>3),4)</sup>。

各機関の役割は、工業技術センターで(1)納豆の硬さ、色、成分等を測定する手法の開発、(2)納豆の硬さ、色、呈味成分および生豆の成分測定を担当するほか、生工研で(1)子実の硬さ、色を測定する手法の開発、(2)子実から納豆加工適性を推定する品種選抜システムの開発および納豆用大豆系統の育成、納豆組合で納豆の食味官能評価を行った。

最終年度は、工業技術センターでは納豆の硬さ・色・呈味成分および生豆内容成分を測定し、数値化したデータと納豆食味官能評価との間に相関が認められるか確認することで、品種選抜システムの指標としての有効性を検証した。

## 3. 研究内容

## 3.1 供試材料

材料は、前報<sup>4)</sup>に従って「納豆小粒」を含む大豆20品種・系統を用いた。生豆内容成分と納豆食味官能評価の相関性の検証には、栽培条件の異なる同一の大豆品種に加えて、小粒品種「すずろまん」、「すずおとめ」、「予3(H26予11)」、「予26(H26予21)」、

「H26予3」、「予4(H26予12)」、「予23(H26予16)」、「予18(H26予15)」および「育成系統A」を用いた。

## 3.2 納豆の試作

納豆組合の協力のもと前報<sup>4)</sup>に従って納豆を試作した後、食味官能評価および遊離アミノ酸分析を行った。

## 3.3 生豆、納豆のアミノ酸分析

高速液体クロマトグラフProminence(株式会社島津製作所製)を用いて生豆および納豆の遊離アミノ酸含量を測定した。

凍結乾燥処理した粉末状のサンプル1gに5mlの5%トリクロロ酢酸溶液を加えて攪拌後、10°Cで9000rpm、10分間遠心分離して得られた上清を回収した。

残った沈澱に5mlの5%トリクロロ酢酸溶液を加えて攪拌し、再び遠心分離を行った。以上の操作を3回繰り返して回収した上清をメスフラスコで25mlに定容後、そのうち10mlを0.45μmフィルター(ADVANTEC社製25CS045AN)ろ過して2倍希釈(納豆の場合は3倍希釈)したものをHPLC用のサンプルとした。

このとき分析条件は、島津高速液体クロマトグラフアミノ酸分析システム応用データ集p.8<sup>5)</sup>に従った。

なお、測定は1サンプルにつき1点で行った。

## 3.4 生豆の油分、タンパク質、全糖測定

近赤外分光計Infratec™1241 Grain Analyzer(FOSS社製)を用いて生豆の油分、タンパク質および全糖を測定した。

なお、測定は1サンプルにつき3反復で行った。

## 4. 研究結果と考察

## 4.1 生豆、納豆のアミノ酸分析

遊離アミノ酸のうちグルタミン酸(Glu)やアラニン(Ala)は、食品の旨味や甘味に関係することが知られている<sup>6)</sup>。そのため、高速液体クロマトグラフProminenceを用いて、生豆および納豆の遊離アミノ酸含量を測定した。このうち生豆の主な遊離アミノ酸含量を乾物100g当たりで表1に示す。

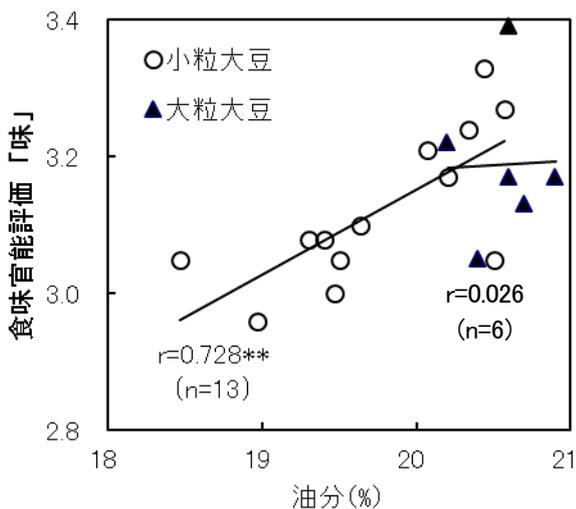
両年とも「育成系統B」、「納豆小粒」および「生研11号」のグルタミン酸含量が多く、「生研11号」、「納豆小粒」のアラニン含量が多かった。両アミノ酸の含量は27年産よりも26年産の方が高い傾向を示した。しかし、栽培条件が異なる場合は同一品種でも値のバラツキが大きく、納豆の食味官能評価との間に相関は認められなかった(データ非掲載)。

## 4.2 生豆の油分、タンパク質、全糖測定

近赤外分光計Infratec™1241 Grain Analyzerを用いて小粒大豆および大粒大豆の油分、タンパク質および全糖を測定して、納豆の食味官能評価結果と比較した。

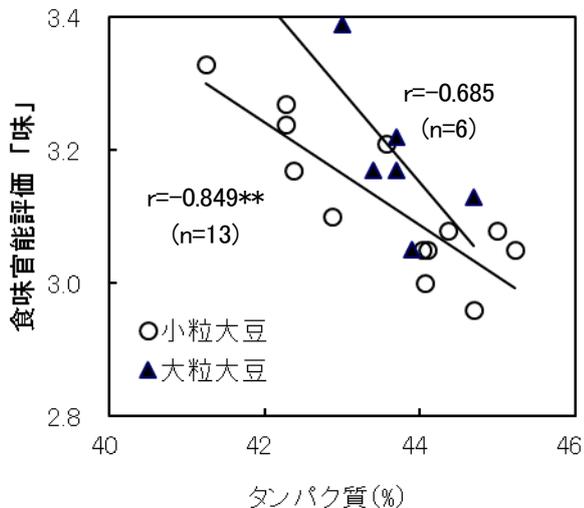
\*地場食品部門

このとき油分の測定結果を図1, タンパク質の測定結果を図2, 全糖の測定結果を図3に示す。



\*\* : 1%水準で有意

図1 生豆油分と納豆食味評価



\*\* : 1%水準で有意

図2 生豆タンパク質と納豆食味評価

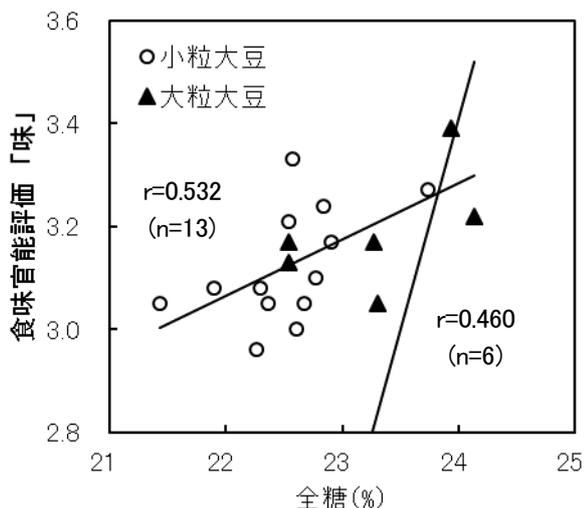


図3 生豆全糖と納豆食味評価

その結果、小粒大豆13品種・系統(納豆小粒, スズマル, ひたち1号, 生研9号, 生研10号, 生研11号, ひたち2号, 生研12号, 生研13号, 予15, 生研6号, すずほのか)において、生豆の油分と納豆の食味官能評価「味」の間に1%水準で正の相関が認められた(図1)。その一方で、大粒大豆6系統(フクユタカ, ミヤギシロメ, トヨマサリ, 里のほほえみ, タチナガハ)においては相関が認められなかった。

さらに小粒大豆は、生豆タンパク質と納豆の食味官能評価との間に1%水準で負の相関が認められた(図2)。大粒大豆については同じ傾向を示すものの、統計的な有意差は確認されなかった。

全糖については、小粒大豆, 大粒大豆ともに相関は認められなかった(図3)。

#### 4.3 品種選抜システム指標としての有効性の検証

納豆食味官能評価との間に相関がみられた小粒大豆の油分およびタンパク質について、栽培条件の異なるサンプルやその他の大豆品種を用いた場合も納豆の食味官能評価との間に相関が認められるか検証した。このとき油分における検証結果を図4, タンパク質における検証結果を図5に示す。

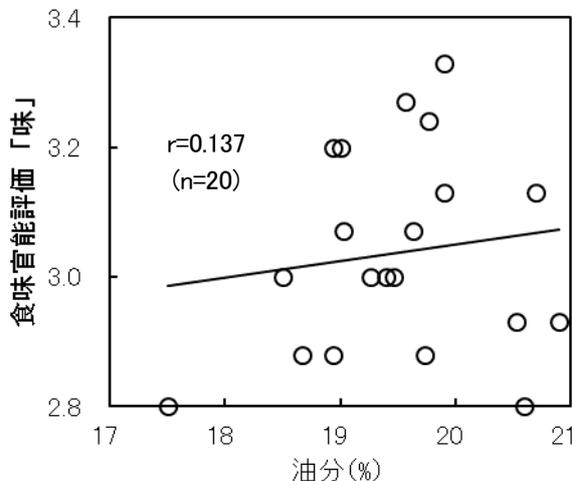


図4 生豆油分(平成27年産)と納豆食味評価

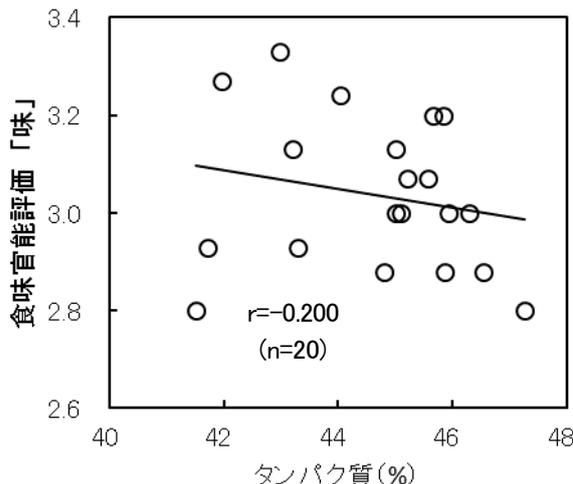


図5 生豆タンパク質(平成27年産)と納豆食味評価

図4および図5より、生産地、栽培年度の異なる大豆品種（平成27年産）およびその他品種については、油分、タンパク質とも前年産大豆の測定結果と同じ傾向を示した。しかし納豆食味官能評価との間に統計的な有意差は確認されなかった。

すなわち、栽培条件の異なる大豆を用いた場合、生豆成分（油分、タンパク質）と納豆食味官能評価との間に相関は認められなかった。この理由として、大豆成分の年次変動や、納豆作成における発酵の影響が考えられる。大豆成分の年次変動については、「フクユタカ」を供試した試験でタンパク質量や脂質が年度により有意に変動した報告<sup>7)</sup>があるほか、栽培地や栽培年度による日長や気温等の気象条件の差異が大豆の生育状況に影響を与えたためと考えられる。また、納豆は煮豆に納豆菌を植菌後、発酵させて作られるが、遊離アミノ酸は発酵工程中に増加傾向を示すことが報告されている<sup>9)</sup>。本研究では納豆の試作はすべて同一条件で行っているが、材料である大豆の成分に年次変動があることに加えて、発酵の程度に品種間で差異があるかもしれない。これについては今後、詳細な調査が必要だと考えられた。

なお、先に測定した大豆2品種間では糖含量に差異がみられず<sup>3)</sup>、全糖でも相関は認められなかったが、エダマメにおいてはショ糖含量が食味評価と有意に相関がある<sup>6),8)</sup>ことも報告されている。そのため、生豆のショ糖含量と納豆食味評価に関する調査も必要と思われる。

以上から、今回測定した生豆成分のうち、油分やタンパク質は納豆の食味官能評価における「味」の推定に利用できる可能性がある。ただし、納豆用大豆品種選抜システムの指標として利用するためには、年次変動を考慮した妥当性の確認試験を行う必要がある。

## 5. まとめ

- (1) 生豆の遊離アミノ酸、油分、タンパク質および全糖と納豆の遊離アミノ酸を測定して納豆の食味官能評価結果と比較した。
- (2) 生豆の油分、タンパク質は納豆の食味官能評価における「味」の推定に利用できる可能性がある。
- (3) 生豆の油分、タンパク質を大豆品種選抜システムの指標として利用するためには、妥当性の確認試験が必要である。

## 6. 今後の課題

生豆成分（油分、タンパク質など）の測定と納豆の食味官能評価との比較を複数年継続して行い、両項目の間に相関が認められるか検証する。相関が認められる項目に関しては、品種選抜システム指標としての精度や適用範囲を明らかにすることで、妥当性を確認する。そして、育種の初期段階で納豆加工適性に優れた大豆を選抜する品種選抜システムを確立する。

## 7. 謝辞

本研究は文部科学省の特別電源所在県科学技術振興事業補助金を活用して実施した成果であり、感謝いたします。

また、共同研究機関である茨城県納豆商工業協同組合および県生物工学研究所に感謝いたします。

## 8. 参考文献

- (1) 全国納豆協同組合連合会ホームページ  
納豆連会員名簿  
<http://www.natto.or.jp/about/member/index.html>
- (2) 農林水産省 大豆関連データ集  
10. 大豆都道府県別品種別作付状況  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_data/pdf/010.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/pdf/010.pdf)
- (3) 櫻井正晃, 久保雄司, 中川力夫  
おいしい納豆を造るための品種選抜システムの開発 (第1報)  
茨城県工業技術センター研究報告 第42号, 29-32 (2014)
- (4) 野口友嗣, 久保雄司, 中川力夫  
おいしい納豆を造るための品種選抜システムの開発 (第2報)  
茨城県工業技術センター研究報告 第43号, 35-38 (2015)
- (5) 島津高速液体クロマトグラフ アミノ酸分析システム 応用データ集  
島津製作所 分析事業部 応用技術部編, 49 (2008)
- (6) 阿部利徳, 氏家隆光, 笹原健夫  
生およびゆでエダマメの遊離アミノ酸および糖含量の品種間差異  
日本食品科学工学会誌 第53巻 第3号, 172-176 (2004)
- (7) 沼田邦雄, 廣瀬理恵子, 野田誠司  
大豆の一般成分調査結果について  
東京都立食品技術センター研究報告 第10号, 21-25 (2001)
- (8) 古谷 規行, 野村 知未, 大谷 貴美子ら  
丹波黒大豆エダマメにおける食味評価法の開発  
園芸学研究 11(3), 309-314 (2012)
- (9) 平春枝, 平宏和, 桜井芳人  
大豆加工品のアミノ酸に関する研究 (第5報)  
納豆製造工程中のアミノ酸  
栄養と食糧 第17巻 第4号, 24-26 (1964)

表1 生豆の遊離アミノ酸含量 (重量 mg/乾物 100g)

品種・系統名	Asp	Thr	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Val	Met	Ile	Leu	Phe	His	Lys
納豆小粒	45.4	Tr	4.3	85.9	6.7	4.3	51.0	21.0	Tr	Tr	Tr	7.6	6.3	5.1
スズマル	47.2	Tr	2.4	52.2	4.0	3.9	31.6	22.5	Tr	Tr	Tr	5.8	Tr	6.0
ひたち1号	43.8	Tr	Tr	48.4	3.8	3.3	31.8	22.2	Tr	Tr	Tr	7.4	Tr	5.7
生研9号	34.6	Tr	3.6	73.2	6.5	2.5	35.8	18.5	Tr	Tr	Tr	6.5	Tr	Tr
生研10号	28.7	Tr	3.0	75.2	4.6	2.6	32.9	18.6	Tr	Tr	Tr	5.6	Tr	Tr
生研11号	39.3	4.1	5.4	76.0	5.9	3.8	52.1	20.6	Tr	Tr	Tr	7.5	15.9	3.3
ひたち2号	63.3	3.9	5.2	56.3	6.9	4.9	42.9	20.5	Tr	Tr	Tr	7.2	24.6	10.4
生研12号	35.8	3.3	3.5	63.8	7.0	3.3	33.7	23.2	Tr	2.9	2.9	8.2	4.3	8.0
生研13号	38.3	3.3	3.5	55.3	5.7	2.9	29.1	19.4	Tr	Tr	Tr	8.2	5.1	7.3
予15	35.4	Tr	2.9	49.0	5.1	3.3	24.2	20.1	Tr	Tr	Tr	6.4	4.3	7.3
生研6号	45.8	Tr	3.5	44.1	5.8	4.6	31.2	19.5	3.3	2.9	3.6	8.3	6.0	6.5
フクユタカ	35.5	Tr	Tr	27.5	3.3	3.4	22.2	15.3	Tr	Tr	Tr	5.6	3.5	4.1
ミヤギシロメ	33.8	Tr	4.7	74.6	7.1	4.7	34.1	22.5	6.7	5.9	7.4	9.3	8.7	13.2
とよまさり	61.3	Tr	4.1	53.7	5.2	5.1	33.0	17.1	Tr	3.7	3.7	5.6	7.8	5.7
里のほほえみ	36.2	2.7	3.6	52.5	6.5	5.5	31.3	17.9	Tr	3.7	4.5	6.5	4.4	6.6
タチナガハ	64.1	Tr	2.4	48.4	2.6	4.7	34.3	20.6	Tr	3.0	3.7	5.6	7.9	9.1
青丸くん	51.2	3.5	5.5	53.2	6.7	5.2	30.1	21.8	7.0	6.1	5.4	8.7	21.7	11.9
コスズ	36.7	Tr	3.0	43.1	7.1	5.5	44.6	19.1	Tr	Tr	3.0	9.3	Tr	6.6
すずほのか	42.9	Tr	Tr	57.4	4.6	4.2	36.8	19.2	Tr	Tr	Tr	7.5	Tr	5.0
育成系統B	35.3	3.9	5.2	108.9	7.0	3.7	32.0	20.3	Tr	3.6	4.3	7.3	4.3	8.9
予3 (H26 予11)	42.1	Tr	3.6	67.7	6.0	3.5	42.0	22.9	Tr	Tr	3.8	9.5	5.4	7.6
予26 (H26 予21)	29.2	4.0	5.3	77.0	7.1	4.6	39.6	25.0	4.2	3.7	5.2	10.2	13.1	9.9
ハタユタカ	38.4	Tr	4.2	55.0	4.6	4.7	35.3	17.9	Tr	Tr	Tr	Tr	8.8	7.5
H26 予3	34.5	Tr	4.2	90.8	8.0	3.5	30.8	24.3	Tr	3.8	3.0	9.5	3.6	11.0
予4 (H26 予12)	42.3	Tr	3.5	68.1	6.4	3.8	37.8	23.5	4.2	3.7	3.7	9.2	6.9	9.8
予23 (H26 予16)	38.1	Tr	4.2	68.2	9.2	3.9	31.6	25.5	Tr	Tr	Tr	8.5	Tr	9.2
フクユタカ (H26 佐賀)	44.7	Tr	Tr	32.7	3.9	3.8	24.4	18.0	Tr	Tr	Tr	5.6	3.5	7.5
ミヤギシロメ (H26 宮城)	57.5	2.7	7.2	44.3	5.2	6.4	29.4	21.3	Tr	Tr	Tr	5.6	19.4	10.8
里のほほえみ (H26 山形)	71.2	2.7	4.1	44.8	6.5	5.1	30.1	21.8	6.7	5.2	5.2	7.4	9.6	14.0
タチナガハ (H26 宮城)	43.9	4.7	11.2	69.2	5.2	12.2	47.4	21.0	4.2	3.7	5.1	5.5	14.8	10.6
コスズ (H26 福島)	82.6	3.3	3.5	49.3	5.1	4.5	23.5	25.7	Tr	3.6	3.6	5.4	14.5	11.2
ユキシズカ (H26 北海道)	55.0	Tr	3.0	42.5	3.9	3.8	27.3	24.6	Tr	Tr	Tr	Tr	6.2	7.5
すずろまん	43.2	4.1	12.0	63.7	5.9	9.4	48.7	22.7	5.1	3.7	4.5	6.6	23.0	9.2
すずおとめ	40.7	Tr	4.8	70.8	9.1	4.7	25.2	20.6	4.2	3.7	3.7	12.2	16.7	12.4
ひたち1号 (H27 生工研)	68.4	2.7	3.0	34.4	2.6	3.4	28.5	24.5	Tr	Tr	3.0	6.6	8.9	6.7
ひたち4号 (H27 生工研)	59.2	3.5	3.7	55.9	6.7	4.8	32.8	20.6	Tr	3.1	3.1	7.7	13.6	11.1
納豆小粒 (H27 生工研)	46.6	3.5	4.9	67.8	10.1	3.9	42.6	22.5	4.4	3.8	5.4	10.6	8.1	13.6
スズマル (H26 北海道)	60.1	Tr	2.4	33.2	3.2	3.8	25.7	23.1	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	6.6
生研10号 (H27 生工研)	60.0	2.8	3.0	56.2	5.3	4.8	29.9	23.0	Tr	3.8	3.8	8.6	10.8	11.0
生研14号 (H27 生工研)	80.4	3.4	4.2	47.4	4.6	5.6	35.4	25.6	3.4	3.8	3.8	7.6	20.5	6.7
生研6号 (H27 生工研)	74.2	4.9	6.2	47.5	5.4	5.7	38.7	20.6	4.4	Tr	3.1	7.8	25.5	9.4
生研9号 (H27 生工研)	63.1	2.8	3.1	44.8	6.1	4.4	29.2	19.9	Tr	3.1	3.8	7.7	7.3	10.3
すずほのか (H27 生工研)	70.1	Tr	3.1	56.9	6.7	5.3	42.3	25.4	3.5	3.1	4.6	8.7	7.3	6.8
育成系統A (H27 生工研)	50.8	3.4	4.2	48.6	6.6	5.1	34.0	19.3	5.1	Tr	4.5	5.6	23.9	8.3
育成系統B (H27 生工研)	67.5	2.8	6.8	66.8	7.5	6.6	42.0	22.8	3.5	3.9	4.6	6.8	8.2	9.5
青丸くん (H27 生工研)	51.8	Tr	Tr	29.9	6.0	4.4	29.0	21.1	Tr	Tr	Tr	4.8	4.5	5.1
生研11号 (H27 生工研)	49.6	3.5	4.3	69.4	10.7	4.8	38.9	23.2	4.3	3.1	3.8	8.7	12.6	11.1
生研12号 (H27 生工研)	49.7	3.4	3.6	58.3	10.6	4.3	28.7	21.5	Tr	Tr	3.0	7.6	6.2	10.9
ひたち2号 (H27 生工研)	64.4	3.5	5.0	40.8	7.5	5.3	37.3	21.4	Tr	Tr	Tr	2.0	17.4	6.9
H26 予15 (H27 生工研)	43.3	Tr	Tr	39.4	5.4	4.4	29.0	22.5	Tr	Tr	Tr	6.7	7.2	6.8

Tr:成分が検出されているものの、微量で正確な定量を行えなかったことを意味する。