

# 博士論文

## 京都府産丹波黒大豆 (*Glycine max* (L.) Merr.) 系 品種の完熟および未熟子実の調理科学的特性

---

2014年

京都府立大学大学院生命環境科学研究科応用生命科学専攻

野村知未

第1章 序論.....	1
引用文献.....	5
第2章 丹波黒大豆系子実品種‘京白丹波’の理化学的および官能評価.....	7
緒言.....	7 材
料および方法.....	8
1) 試料.....	8
2) 大豆の一般成分.....	8
3) 大豆重量および煮熟増加比率.....	8
4) 黄大豆表面および豆乳の色調.....	9
5) 煮熟大豆の物性.....	9
6) 煮熟大豆の遊離糖および遊離アミノ酸含量.....	9
7) 官能評価.....	10
8) 統計解析.....	11
結果.....	12
1) 大豆の一般成分.....	12
2) 百粒重および煮熟増加比率.....	12
3) 黄大豆表面および豆乳の色調.....	12
4) 煮熟大豆の物性.....	13
5) 煮熟大豆の遊離糖および遊離アミノ酸量.....	13
6) 官能評価.....	14
考察.....	15 摘
要.....	18 引用
文献.....	30 第3章
‘京白丹波’未熟子実の品種特性—エダマメへの利用拡大にむけて—.....	33 緒
言.....	33
第1節 丹波黒大豆エダマメにおける食味評価法の開発.....	34
試料および実験方法.....	34
1) 試料.....	34
2) 「紫ずきん <sup>®</sup> 」の遊離糖および遊離アミノ酸含量.....	34
3) 「紫ずきん <sup>®</sup> 」の物性.....	35
4) 官能評価.....	35
5) 統計解析.....	35
結果.....	36
1) 「紫ずきん <sup>®</sup> 」の遊離糖および遊離アミノ酸含量.....	36
2) 「紫ずきん <sup>®</sup> 」の物性.....	36
3) 「紫ずきん <sup>®</sup> 」の官能評価.....	37

第2節 ‘京白丹波’エダマメの食味評価.....	38
試料および実験方法 .....	38
1) 試料 .....	38
2) 莢および子実の特徴 .....	38
3) エダマメの遊離糖および遊離アミノ酸.....	38
4) エダマメ物性 .....	39
5) 官能評価 .....	39
6) 統計解析 .....	40
結果 .....	41
1) 莢および子実の特徴 .....	41
2) エダマメの遊離糖および遊離アミノ酸含量.....	41
3) エダマメの物性 .....	42
4) 官能評価 .....	42
考察.....	43
摘要.....	46
引用文献 .....	61
第4章 エダマメのマルトース生成に及ぼすデンプン特性と $\beta$ -アミラーゼ活性... 62	62
緒言 .....	62
試料および方法 .....	63
1) 試料 .....	63
2) 遊離糖の分析 .....	63
3) $\beta$ -アミラーゼの測定 .....	64
4) デンプンの定量 .....	64
5) デンプンの分画 .....	64
6) デンプンの糊化温度の測定 .....	65
7) 統計解析 .....	65
結果 .....	66
1) エダマメの栽培および品種特性.....	66
2) エダマメの遊離糖量 .....	66
3) $\beta$ -アミラーゼ活性 .....	67
4) デンプン含量と糊化温度 .....	67
考察.....	68
摘要.....	70
引用文献 .....	77
第5章 総合考察 .....	79
引用文献 .....	82
研究発表 .....	84
謝辞 .....	85

## 第1章 序論

大豆は、タンパク質と脂質を豊富に含み栄養価が高いことから、米・小麦・トウモロコシの世界の三大穀物に並ぶ世界的に重要な作物として位置づけられている。世界的に大豆は、トウモロコシと同様に食物としての認識は低く、収穫された約98%が大豆油の原料および家畜の餌となっている（Glen *et al.*, 2011）。世界の人口増加に伴う家畜の需要増（川島，2010）から、大豆の生産量は増加傾向にあり、その量は2013年度においては283百万t（米国農務省，2013<sup>i)</sup>）でこれは20年前の約2.7倍にあたる。

一方、東南アジア地域（特に、中国および日本）では、大豆は食物であり日本では縄文晩期より食されていた（小畑ら，2007）。今日においても豆腐，味噌，納豆などの大豆加工食品は、国内の食文化および食を支える重要な食物と位置付けられている。食の欧米化が進んだ現在でも、消費量が減少し続ける米とは異なり食用大豆の消費量は減少していない（農林水産省，2013<sup>ii)</sup>）。2013年12月に、日本食が無形文化遺産に登録（日本経済新聞，2013）され、登録された理由の一つである「栄養バランスに優れた食材が多く存在する事」の項目には、大豆があげられている。しかし、1960年より大豆の輸入自由化が始まり国内に単価の安い外国産大豆が出回るようになったことで、国内の大豆生産量は急激に減少し、低迷している。油糧を除いた食用途においても自給率は22%（2011年度）と非常に低く、大豆消費量の約80%を輸入に頼っているのが現状である（農林水産省，2013<sup>iii)</sup>）。そのような背景の中で、消費者の輸入食品に対する不安や高品質な国内産大豆の育種・生産の要望（香西ら，1989）により80年代後半から、地域のイメージを活用した大豆の地域ブランド化の取り組みが各地で行われている。古くから栽培されていた特色ある在来種「さとういらす」「みずくぐり」などの復活による他大豆との差別化や、積極的に良食味や特色ある新たな品種を育成するなど、大豆主要産地を問わずこれまでに数多くの品種が育成されている。現在の主要大豆（完熟子実）品種は80品目以上（農林水産省，2013<sup>iii)</sup>）に達し、それらは煮豆以外にも先に挙げた日本の食文化を支える様々な加工品の材料として利用される。また、一部の大豆品種は未熟子実をエダマメとして食する事が可能である。大豆同様にエダマメもそれが持つ優れた特性から日本を始め東南アジアの一部で古くから食

されて来た。そのため加工用の完熟大豆子実とは別に、エダマメ専用品種も数多く育種されている。このように、各食用途に適した様々な大豆が各地域で育種・ブランド化が行われ、近年は、黄大豆にとどまらず茶豆系、黒豆系、青豆系と様々な大豆品種が流通している。

様々な大豆品種の中で、丹波黒大豆（以下、丹波黒）（山下と古谷，2003）は正月のお節の“黒豆”にも用いられる高級食材として全国的に最も有名である。丹波黒は、現在の京都府（中・南丹地域）と兵庫県（篠山市）に位置する丹波地方で栽培されていた黒大豆の総称であり、江戸時代の料理本や絵図にも名産として登場するほど歴史は古い。近年、各府県で栽培されていた在来系統から純系分離により良品質な丹波黒が選抜され、京都府では‘新丹波黒’（京都府立農業総合研究所，1978年）が、兵庫県では‘兵系黒3号’（兵庫県立中央農業技術センター，1987年）が丹波黒として栽培されている。丹波黒は、丹波地方以外の他県においても生産されているが、全国の丹波黒の主要栽培産地の作付面積（2013年度：3177ha）のうち、兵庫県と京都府が約6割を占め、さらに京都府の大豆栽培面積のうち6割以上が丹波黒（南山ら，2012）で従来から“京のブランド産品”の一つとされている。

丹波黒が、煮豆用大豆として消費者から優れた高い評価を得ている理由（廣田，2004）は、極大粒で加熱後は軟らかく、他大豆には見られない“もちもち”とした特徴的な食感と良食味にある（廣田ら，2011）。この優れた特性を生かそうと新たな品種を育成する際に交配親として全国各地で数多く用いられている。これまでに、丹波黒の血を引く大豆としては黒大豆の‘玉大黒’（長野県）、‘黒っこ姫’（兵庫県）、‘クロダマル’（食総研）、黄大豆の‘タマフクラ’（北海道）、‘京白丹波’（京都府）などが育成され、各地域の特産品となっている。一方、丹波黒は数多く存在する大豆品種の中でも珍しく、完熟子実および未熟子実の両方で利用可能な兼用品種でそのエダマメも大粒で良食味である。京都府産丹波黒（‘新丹波黒’）は、丹波黒大豆エダマメ「紫ずきん<sup>®</sup>」を構成する品種の一つとして流通している。‘新丹波黒’とその形質を引き継ぐ‘紫ずきん2号’、‘紫ずきん’（Fig. 1-1）の3品種は「紫ずきん<sup>®</sup>」として1995年に“京のブランド産品”として認証され、年間約2億円を売り上げている。

大豆の“美味しさ”には、呈味成分の量が重要視されること（平ら，1989）が報

告されている。大豆以外にも、農産物の食味（美味しさ）を評価する際には低分子呈味物質の遊離糖や遊離アミノ酸などの量が指標とされることが、これまでに野菜類（建石ら，1986；Shono *et al.*, 1997；高橋ら，2009）だけでなく畜肉類や海産物（堀内ら，2007；奥津ら，2010）においても報告されている。つまりこれらの値は、食物の食味を評価する上で欠かせないものといえる。しかし、これらの呈味成分と官能評価を合わせて食味を評価した報告は少なく、大豆に至っては、実際それらの量が食味にどのように影響するかは報告がなされておらず、未だ不明である。また、食物の美味しさには食感も関与（佐藤，2004；相良，2009）し、大豆の煮豆についても食感の重要性（松本と松元，1977）は報告されている。煮豆の硬軟が食感に関与しているという報告（平，1983；香西ら，1989；松岡と塩川，1990；増田，2003；廣田ら，2005；廣田ら，2011）はあるが、粘性やもろさなどその他の項目についてはほとんど報告がみられない。このように、消費者や実需者から良食味が求められる大豆について、十分な食味評価方法や指標が未だ確立されていない。そのため品種選抜時には育成者の勘に頼ることが多く、今後育種による一層の良食味化を図る上で支障を来すことが考えられる。また、最近では、国民の健康推進のためイソフラボンや黒大豆種皮のもつポリフェノールなどの機能性成分に着目した育種も取り組まれており、機能性成分の強化は品種の差別化には重要であるが、食物である大豆が“良食味”であることは前提条件であり、食味の評価法の確立が急務である。

そこで本研究では、良食味大豆の丹波黒とその形質を引き継ぐ大豆を含めた丹波黒大豆系品種（Fig. 1-1）の完熟および未熟子実の呈味成分や特徴的な食感を指標化し、他大豆と比較することで良食味大豆に求められる食味に関わる要因を明らかにすることを目的とした。第2章では、丹波黒の形質を引き継ぐ新品種黄大豆‘京白丹波’の特性を明らかにすることを目的に、理化学的評価および官能評価法を用いて食味や食感の特性を比較検討し‘京白丹波’の調理科学的特性を明らかにした。第3章では「紫ずきん<sup>®</sup>」3品種を用いてエダマメの食味評価法の開発を行い、丹波黒大豆系品種で完熟子実品種として育成された‘京白丹波’のエダマメとして利用の可能性を評価した。第4章では、丹波黒大豆系のエダマメの持つ優れた特性とされる、加熱によるマルトース生成能に着目し、それに関わる $\beta$ -アミラーゼ活性やデンプン特性について明らかにした。

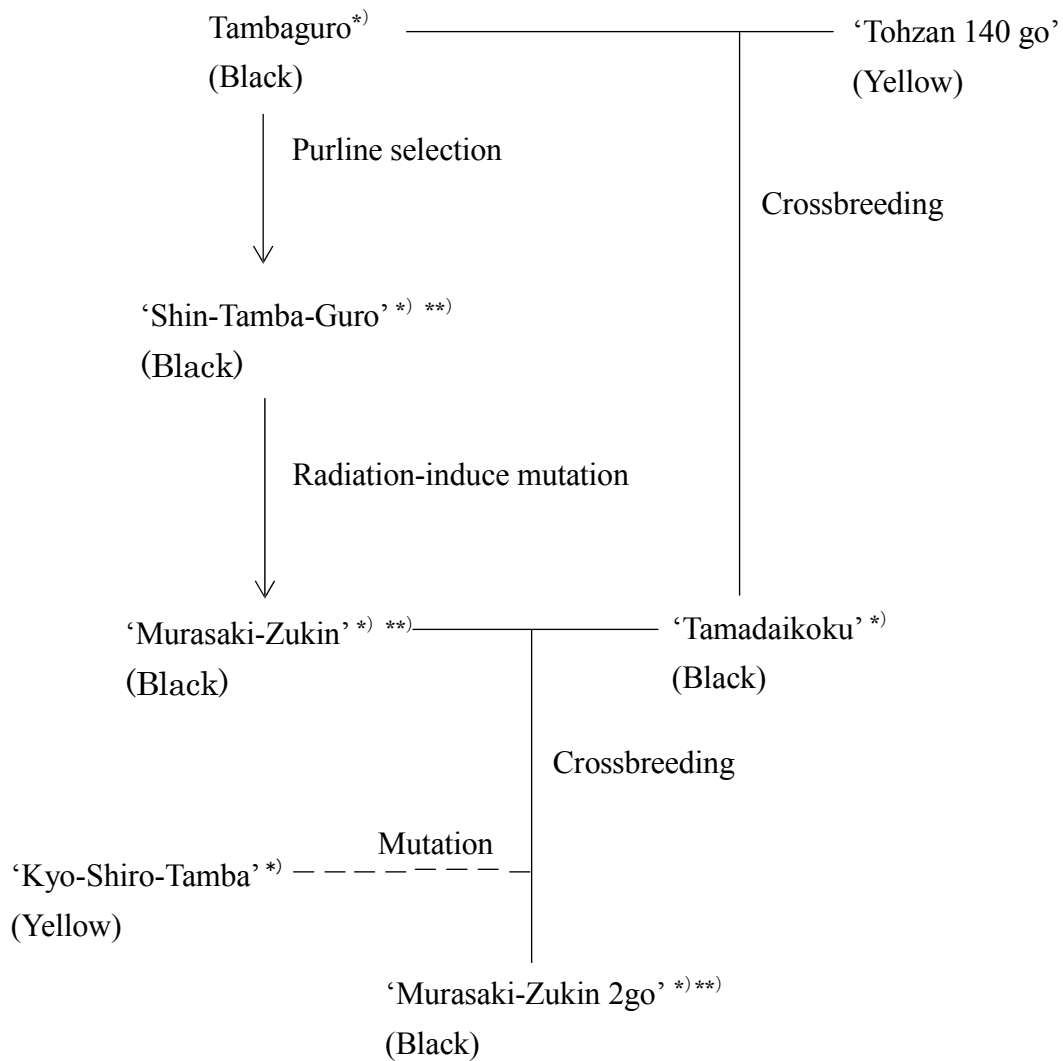


Fig. 1-1. The genealogy of kinds of Tamba black soybean

The word within brackets indicates color of seed coat.

\*) Kinds of Tamba black soybean;

\*\*\*) Three cultivars constitute a brand name “Murasaki-Zukin®”

## 引用文献

- Glen L. Harman, Ellen D. West and Theresa K. Herman (2011) Crops that feed the World  
2. Soybean-worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and  
pests. *Food sec.* **3.** 3-17
- 廣田智子 (2004) 丹波黒大豆から学ぶ県産農林水産物のブランド化への方策, 兵  
庫県政学. **10.** 25-32
- 廣田智子, 田畑広之進, 小河拓也, 祝正志, 井上喜正 (2005) 兵庫県産大豆の品  
質特性. 兵庫農技総セ研報 (農業). **53.** 6-12
- 廣田知子, 下野真喜, 澤田和也, 小坂高司, 寺井雅一, 小嶋拓, 小田垣昇 (2011)  
丹波黒の食味評価と機能性成分に関する研究. 日食科工第 58 回大会要旨集.  
p.101
- 堀内 篤, 井手 華子, 柴田 昌利 (2007) ブタ肉の保存期間中における呈味成分,  
物性および電気的特性の変化. 静岡畜技研中小研セ研報. **1.** 13-22
- 川島博之 (2010) 世界の食料生産とバイオマスエネルギー - 2050 年の展望 - . 日  
本醸造協会誌. **105.** 118-123
- 香西由紀夫, 平 春枝, 田中弘美, 斉藤昌義, 宗形豊喜 (1989) 煮豆用原料大豆  
の評価. 日食工誌. **36.** 132-141
- 増田亮一 (2003) 大豆品種「丹波黒」の食感と細胞壁多糖類特性との関係の解明.  
飯島記念食品科学振興財団年報. 63-85
- 松岡洋子, 塩川美絵 (1990) 食塩水浸漬・加熱黒大豆の性状. 調理誌. **23.** 311-314
- 『日本経済新聞』2013 年 10 月 23 日朝刊. 「和食」世界の文化遺産に 小畑弘己,  
佐々木巾香, 仙波靖子 (2007) 土器圧痕からみた縄文時代後・晩期に  
おける九州のダイズ栽培. 植生史研究. **15.** 97-114.
- 奥津 智之, 進士 淳平, 野原 節雄, 野村 武史, 前野 幸男, Wilder M. N. (2010)  
閉鎖循環式養殖システムで飼養したバナメイエビと他のエビ類における筋肉  
中遊離アミノ酸含量の比較. 水産技術. **3.** 37-41
- 相良泰行 (2009) 食感性モデルによる「おいしさ」の評価法. 日食科工誌. **56.**  
317-325



- 佐藤清隆 (2004) 食べ物のおいしさと食感—物性からのアプローチ—. 日本味と匂誌. **11**. 147-156
- Shono Yohoko, Yoshimura Miki, Kimura Sachiko and Yamauchi Naoki (1997) Sucrose Metabolism in Stored Green Peas. Food Sci Technol. Int. Tokyo. **3**. 41-45
- 平春枝 (1983) 国産大豆の品質 (第 3 報) 物理的性状・化学成分組成および加工適性の相互関係. 食総研報. **42**. 27-39
- 平春枝, 田中弘美, 佐藤正義 (1989) 国産大豆の全糖・遊離型全糖および遊離糖類の含量. 日食工誌. **35**. 968-980
- 高橋晋太郎, 増田亮一, 中村善行, 国分牧衛 (2009) ソラマメ子実の登熟過程における糖類と遊離アミノ酸の含有率の変化およびその食味に及ぼす影響. 園学研. **8**. 373-379
- 建石耕一, 熊谷光広, 中村明史, 小林利江, 飯島隆志 (1986) スイートコーン貯蔵中における糖類の組成および含量の変化と呼吸の関係. 日食工誌. **33**. 592-597
- 山下道弘, 古谷規行 (2003) 黒ダイズの来歴と品種生態. 農業技術大系作物編 6. ダイズ・アズキ・ラッカセイ. 農文協, 東京. 追録第 25 号 (技) p.2 の 2-2 の 15

#### 引用 URL

- i) 米国農務省, Soybean Area, Yield, and Production. 2013-12-10.  
<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=906&hidReportRetrievalTemplateID=1> (accessed 2013-12-20)
- ii) 農林水産省. 大豆関連データ集. 11. 大豆の需要量, 自給率の推移.  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_data/pdf/011\\_juyou.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/pdf/011_juyou.pdf)  
(accessed 2013-12-20)
- iii) 農林水産省. 国産大豆品種の事典 2013. 2013-7.  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_ziten/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_ziten/) (accessed 2013-12-20)

## 第2章 丹波黒大豆系子実品種‘京白丹波’の理化学的および官能評価

### 緒言

大豆が日本で栽培化され始めたのは縄文時代(小畑ら, 2007)といわれており、今日まで大豆や大豆加工品は我が国の食文化・食生活を支える重要な食物となっている。しかし、我が国の大豆自給率(油糧を含む)は40年以上10%を下回り(農林水産省, 2013<sup>i)</sup>)ほとんどを輸入大豆に頼っているのが現状である。そのような背景の中、消費者からの安全で高品質な国産大豆を求める声(香西ら, 1989)に対応するため、品種育成や在来種のブランド化に向けた取り組みが各地域で行われている(南山ら, 2012)。現在、国内の主要大豆品種登録数(農林水産省, 2013<sup>ii)</sup>)は約80種を超え、それぞれの加工用途に適した品種が使い分けられている。京都府では、今日まで丹波地方で栽培されていた丹波黒を主体とした育種が行われてきた。一方、京料理を彩る豆腐や湯葉などに利用される黄大豆は、府内の生産量は丹波黒に比べて極めて少ない。さらに京都府独自の黄大豆品種は存在せず(南山ら, 2012)、加工用大豆の多くを他県産の大豆に頼っている現状から、実需者から京都らしさを感じさせる黄大豆生産の要望が高まっていた。こうした中、丹波黒大豆エダマメ「紫ずきん<sup>®</sup>」の品種改良の際に種皮色が透明な黄大豆が見いだされた。京都府は、これを極大粒黄大豆としてさらに品種改良を重ね‘京白丹波’ (南山ら, 2012)として2013年3月に品種登録した。現在のところ、京都府の大豆(完熟子実)作付面積407 ha(農林水産省, 2013<sup>iii)</sup>)のうち、‘京白丹波’の栽培面積は未だ4 haであるが、京都府独自のブランド大豆を目指して府をあげて生産振興を図っている。しかし、‘京白丹波’の特性については未だ検討されていない。

そこで、本章では‘京白丹波’の特性を明らかにする目的で、丹波黒大豆系品種3品種と黄大豆のオオツルと比較し、食味や食感の特性を評価した。

## 材料および方法

### 1) 試料

試料は、京都府農林水産技術センター・生物資源研究センター（京都府相楽郡精華町）のほ場で栽培された黄大豆の‘京白丹波’（2008年産）、‘オオツル’（2008年産）、黒大豆の‘新丹波黒’（2008年産）、‘玉大黒’（2010年産）である。‘オオツル’および‘新丹波黒’は、京都府が推奨する良食味大豆であり、‘玉大黒’は‘京白丹波’の交配親にあたる。これら‘オオツル’および‘新丹波黒’、‘玉大黒’の3品種は、いずれも煮豆用大豆として流通しているものである。大豆は、品種特性として粒の大小があるため、本研究では篩目の直径が‘京白丹波’は 9.1 mm、‘オオツル’は 8.5 mm、‘新丹波黒’は 10.0 mm、‘玉大黒’は 8.5 mm の篩の上に残る大豆を試料とした。

全試料 (Fig. 2-2) は、実験に供するまで室温 5°C、湿度 65%の倉庫で貯蔵した。

### 2) 大豆の一般成分

各大豆の一般成分を定量した。水分量は、常圧加熱・直接法により 130°C 2 hr 加熱し重量を測定した。タンパク質量はケルダール法により全窒素を求め、窒素・タンパク質換算係数 5.71 を乗じて算出した。脂質量はクロロホルム-メタノール混液抽出法にて、炭水化物量は試料重量から、水分、タンパク質、脂質及び灰分量を除いて算出した。灰分量は、直接灰化法 (550°C) により灰化させ重量を測定した。結果は水分含量 15%として示した。

### 3) 大豆重量および煮熟増加比率 百粒重は、大豆栽培基準（農林水産省，2013

<sup>iv)</sup> に準じ、水分含量は 15%とし

て示した。大豆の大きさは Fig. 2-1 に示したように、デジタルノギスで測定した。その後、供試大豆に対して 10 倍量のイオン交換水を加えて 10°C 16 hr 浸漬させた。水を換え IH 調理器（Panasonic）で沸騰するまで 3000 W で 7 min 加熱し、その後 700 W で計 90 min 加熱し、煮熟大豆とした。煮熟後の重量および大きさは、豆の表面の水を軽く拭き取って測定し、次の式で煮熟増加重量比率および伸長比率を計算した。

重量比率 (%) = (煮熟大豆重量 (g) / 乾燥大豆重量 (g)) × 100

伸長比率 (%) = (煮熟大豆の長さ (mm) / 乾燥大豆の長さ (mm)) × 100

#### 4) 黄大豆表面および豆乳の色調

##### ①大豆の色調

乾燥と煮熟黄大豆（‘京白丹波’，‘オオツル’）の表面を測色色差計（CR-300/KONICA MINOLTA）を用いて色差を測定し、ハンターの Lab 値，CIE の L\*a\*b\*値，三刺激の XYZ 値を得た。その後，得られた値より，下記の式によりハンター白色度（W），黄色度（YI）を算出した。

$$W = 100 - [100 - L]^2 + (a^2 + b^2)]^{1/2}$$

$$YI = 100(1.28X - 1.06Z)/Y$$

##### ②豆乳の色調

豆乳は，乾燥大豆 100g を浸漬し，乾燥大豆に対し 5 倍量の水を加えて，豆乳メーカー（MSP-8501RJ/MAZUBA）により調製した。以下，①と同様に色調を測定した。

#### 5) 煮熟大豆の物性

物性はクリープメータ(RE2-3305B/YAMADEN，プランジャー：1mm 幅平面くさび型)，解析ソフトは破断強度解析（BAS-3305-LE Ver.2.0/YAMADEN）を用いて破断荷重（N）および破断変形（mm），もろさ荷重（N），もろさ変形（mm）を測定した。測定速度は，0.5 mm/sec，クリアランスは 99%とした。種皮を除去し半粒を子葉接合面（平坦な面）が試料台に接するように置き，8 反復測定を行った。

#### 6) 煮熟大豆の遊離糖および遊離アミノ酸含量

乾燥大豆をミルで粉碎し，50 メッシュ（300 μm/東京スクリーン）でふるい，単糖およびオリゴ糖（以下，遊離糖）および遊離アミノ酸抽出用サンプルとした。得られたサンプルに 5 倍量の水を加え，オートクレーブで 121°C 3 min 加熱後，最終濃度が 80%となるようにメタノールを加えて遊離糖および遊離アミノ酸の抽出および脱脂を Nicole ら（1997）の方法を改変して行った。得られた抽出液を 0.45

μm のメンブランフィルターに通して濾過し分析用サンプルとした。遊離糖は、HPLC (1260 Infinity/Agilent technology, カラム : Asahipak NH2P-50 4E (4.6 mm I.D. × 250 mm)/Shodex, ガードカラム : Asahipak NH2P-50G 4A. (4.6 mm I.D. × 10 mm)/Shodex, カラム温度 40°C, 検出器 : 1260 RID/Agilent technology) を用いて分析した。移動相は、70%アセトニトリル (流速 1.0 ml/min) を用いて分離した。標品としてフルクトース, グルコース, スクロース, マルトース, ラフィノース, スタキオース (和光特級/Wako) を使用し, 各遊離糖の含量に関する検量線を作成して 6 種類の糖の定量に用いた。遊離アミノ酸は、HPLC (1260 Infinity/Agilent technology, カラム : ZORBAX Eclipse Plus C18 (4.6 mm I.D. × 15 mm, 3.6μm)/Agilent technology, カラムオープン温度 40°C, 検出器 : 1260 FLD/Agilent technology) およびアミノ酸分析用キット (Agilent technology) を用いて分析した。移動相は A 液として 10 mM ホウ酸-リン酸緩衝液 pH8.2, B 液としてアセトニトリル/メタノール/水=45/45/10 を用い (総流量 : 1.5 ml/min グラジエント条件 : B 液 2% (0.0 ~ 0.5 min), B 液 57% (0.5 ~ 20.0 min), B 液 100% (20.0 ~ 23.5 min), B 液 2% (23.5 ~ 25.0 min)) OPA (オルトフタルアルデヒド) および FMOC (9-フルオレニルメチルクロロフォルメート) 誘導体化した後に分離し, 蛍光検出した。なお, 計測は 3 回行った。

## 7) 官能評価

①煮熟大豆 官能評価のパネルは, 訓練された京都府立大学食保健学科の教員および学生計

29 名 (年齢 19 ~ 55 歳) とした。‘オオツル’を基準大豆とし, +3 ~ -3 の 7 段階評価法で外観 (‘京白丹波’のみ) については良い (+) ・悪い (-), 甘味, うま味, もちもち感については強い (+) ・弱い (-), 軟らかさは軟らかい (+) ・硬い (-), 総合評価は好き (+) ・嫌い (-) で評価した。さらに 4 品種間で煮豆として最適な大きさについても質問した。

②豆乳

豆乳は, 大豆子実 100g を浸漬し, 大豆子実に対し 5 倍量の水を加えて, 豆乳メーカー (MSP-8501RJ/MAZUBA) により調製した。官能評価のパネルは, 京都府立大学食保健学科の食事学研究室の学生 10 名とした。‘京白丹波’と‘オオツル’の

豆乳に対し、豆乳の白さ・大豆臭・総合評価について2点比較法により評価した。

#### 8) 統計解析

各分析結果は、t検定および一元配置分散分析後 Tukey-Kramer の多重比較検定、ピアソンの相関関係の検定を行った。計算は、Microsoft Excel2010 ならびにエクセル統計 (Statcel3 アドインソフト/OMS) を用いて行った。なお、2点比較法は2点識別試験検定表により行った。

## 結果

### 1) 大豆の一般成分

各大豆の水分含量は大豆栽培基準（農林水産省，2013<sup>iv</sup>）に準じて 15%で示し，大豆のタンパク質，脂質，炭水化物量およびエネルギー量を Table 2-1 に示した。‘京白丹波’は，黄大豆の‘オオツル’とどの分析項目もほぼ同等な値だった。‘新丹波黒’は，タンパク質含量・脂質含量は最も低く，炭水化物量は最も高かった。

### 2) 百粒重および煮熟増加比率

大豆子実の百粒重 (g)，長さ (mm)，煮熟後の長さ (mm) および重量・伸長増加比率を Table 2-2，子実の写真を Fig. 2-2 に示した。

百粒重および大きさは大豆子実，煮熟大豆とも‘新丹波黒’>‘京白丹波’>‘玉大黒’>‘オオツル’の順となり，‘京白丹波’は大粒の黄大豆‘オオツル’よりもさらに大きく，黒大豆の‘新丹波黒’と同様に極大粒大豆であった。煮熟による伸長は品種間で異なり，廣田ら（2005）の報告と同様に，‘新丹波黒’の長さや幅に対する厚さの比率は他大豆に比べて大きかった。‘京白丹波’は，‘新丹波黒’よりも小さいものの‘オオツル’よりも大きかった。また，煮熟後の重量増加比率についても品種間で差が認められ，‘新丹波黒’>‘京白丹波’>‘オオツル’>‘玉大黒’の順で高く，浸漬および加熱することで‘京白丹波’は‘新丹波黒’と同様に大きく膨潤することが示された。これらのことから，‘京白丹波’は‘新丹波黒’の膨潤特性を引き継いでおり，煮熟後は大きく丸みを帯びた大豆となることが示された。

### 3) 黄大豆表面および豆乳の色調

#### ①煮熟大豆

‘京白丹波’と‘オオツル’の大豆子実および煮熟大豆における明度および白色度，黄色度を Fig. 2-3 に示した。大豆子実では明度・白色度は有意に ( $p<0.001$ ) ‘京白丹波’が高く，黄色度は‘オオツル’が高かった。また，煮熟することで，両者ともに明度および白色度が高くなり，黄色度は低下した。‘京白丹波’の煮熟大豆は大豆子実と同様に‘オオツル’に比べて有意に ( $p<0.001$ ) 白色度が高く，黄色度は低かった。これらのことから，子実，煮熟大豆ともに，‘京白丹波’は‘オオツル’

に比べ白色度が高い大豆であることが示された。

## ②豆乳

‘京白丹波’と‘オオツル’の豆乳の明度および白色度, 黄色度を Fig. 2-4 に示した。‘京白丹波’の豆乳は‘オオツル’よりも明度・白色度は有意に ( $p<0.001$ ) 高く, 黄色度は有意に ( $p<0.001$ ) 低かった。これらのことから‘京白丹波’の豆乳は‘オオツル’の豆乳に比べより白い豆乳であることが示された。

## 4) 煮熟大豆の物性

煮熟後の各大豆の物性測定の結果を Table 2-3 に示した。食品の硬さを示す(廣田ら, 2013) 破断荷重 (Breaking stress: X) は‘新丹波黒’が最も低く, ‘京白丹波’は‘オオツル’と同様な値を示した。また, 破断変形 (Breaking deformation: a) に対する破断荷重の比と, もろさ変形 (Brittleness deformation: b) に対するもろさ荷重 (Brittleness stress: Y) の比を加えた M 値 ( $a/X + b/Y$ ) は, 豆の粘性を示す指標とされる。M 値を算出し比較したところ, M 値は, ‘新丹波黒’>‘京白丹波’>‘オオツル’>‘玉大黒’となり, ‘京白丹波’は, 煮豆に適した‘オオツル’と同等の軟らかさを持ち, もちもち感は‘オオツル’を上回ることが示された。

## 5) 煮熟大豆の遊離糖および遊離アミノ酸量

各煮熟大豆の遊離糖量を Fig. 2-5 に示した。全遊離糖量は, ‘新丹波黒’>‘オオツル’>‘京白丹波’>‘玉大黒’の順となり, いずれの大豆も主な糖はスクロースとスタキオースであった。‘京白丹波’のスクロースは‘新丹波黒’, ‘オオツル’よりも低いものの有意な差は認められなかった。また, 機能性オリゴ糖である(李ら, 2001) スタキオースは, ‘京白丹波’は‘新丹波黒’と同程度含んでいた。各煮熟大豆の全遊離アミノ酸量を Fig. 2-6 に示した。全遊離アミノ酸量は‘新丹波黒’が最も多く, ‘京白丹波’は最も低かった。うま味を呈するグルタミン酸とアスパラギン酸(増田ら, 1988 ; Akazawa *et. al.*, 1997) の総量, および甘味を呈するアラニンとスレオニンの総量においても‘京白丹波’は最も少なかった。遊離アミノ酸のうち, 最も多く含まれたアルギニンは, 全遊離アミノ酸量の約 20~40%を占め, その割合は‘新丹波黒’ (36.1%) >‘玉大黒’ (28.2%) >‘京白丹波’ (26.4%) >‘オオツル’ (21.3%) の順で高く黒大豆 2 品種で多い傾向が見られ, 特に他品種に比べて‘新



丹波黒’は有意に ( $p<0.01$ ) 高かった。これは水野ら (2002) の報告と一致した。また、丹波黒の形質を引き継ぐ‘京白丹波’は‘オオツル’よりもアルギニンの割合が高く、遊離アミノ酸組成は‘京白丹波’の交配親にあたる‘玉大黒’に近い傾向を示した。

## 6) 官能評価

### ① 煮熟大豆

煮熟大豆の官能評価の結果を Table 2-4 に示した。‘京白丹波’は、色や形、大きさなどの外観評価において‘オオツル’と同等な評価を示した。甘味およびうま味、もちもち感、軟らかさ、総合評価では、いずれも‘新丹波黒’>‘京白丹波’>‘オオツル’>‘玉大黒’の順で高く評価され、特に軟らかさについては、‘京白丹波’は‘オオツル’よりも有意に ( $p<0.05$ ) 軟らかいと評価された。また、煮豆用大豆として最適な大きさは、パネラーの半数以上 (11 名) が‘オオツル’よりも大きい大豆を好む傾向が見られ、‘京白丹波’の煮豆としての利用が期待される結果を得た。

### ② 豆乳

豆乳の官能評価の結果を Fig. 2-7 に示した。‘京白丹波’の豆乳は、‘オオツル’よりも有意に ( $p<0.01$ ) 白いと評価され、色調測定の結果と一致した。なおについても、大豆臭が少なく豆乳として良い評価を得た。大豆臭および総合評価は有意な差はないものの、‘京白丹波’の方が‘オオツル’に比べて大豆臭が少なく総合的に好む者が多かった。

## 考察

本研究では、黄大豆新品種‘京白丹波’を含めた丹波黒大豆系品種の大豆における食味の一要因を把握するため、呈味成分分析や物理的評価の理化学的評価および官能評価を実施した。

‘京白丹波’は一般的な黄大豆の‘オオツル’に比べて百粒重は約 1.4 倍重く、子実および煮熟大豆の長さ (mm) も、‘オオツル’よりも 10%以上大きかった。官能評価において、煮豆用大豆として最適な大きさは、半数以上が基準品種の‘オオツル’より大きい大豆を選択し、粒のまま用いる煮豆では、大粒であるものが好まれることが示された。この結果は、これまでの報告 (香西ら, 1989 ; 島田ら, 2001 ; 増田, 2011) や実需評価と一致するものだった。‘京白丹波’は、‘オオツル’に比べて、臍が着色している (Fig.2-2) ものの官能評価において臍の着色に指摘はなく実需評価にも影響を及ぼすことはなかった。

食べ物の“美味しさ”には、食感が強く影響する (佐藤, 2004 ; 相良, 2009) ことが知られているため、煮熟大豆の物性をクリープメータにより検討した。その結果、‘京白丹波’は‘新丹波黒’に次いで破断荷重は低く、M 値は高く‘京白丹波’は‘新丹波黒’と同様に軟らかくもちもちとした食感を示すことが明らかになった。官能評価においても同様に、軟らかさおよびもちもち感について、‘京白丹波’は、‘オオツル’や‘玉大黒’よりも評価が高く、物理的評価と官能評価の結果は一致した。このように、‘京白丹波’は‘新丹波黒’の食感に近いことが示された。また、煮熟後の重量増加比率が大きいほど破断荷重は低く (軟かく) なり、この結果は、これまでの報告 (平, 1983 ; 廣田ら, 2005) と一致するものであった。タンパク質含量と煮熟大豆の物性には関係があることが言われているが、本研究では、それらの中に相関は認められず、甘味およびうま味の評価が高かった。これまでに、低分子呈味物質の全遊離糖量は官能評価の甘味の項目と正の相関があることが栗やネギ (杉本ら, 2004 ; 宮城ら, 2011) で報告されているが、メロン (平井, 2003) では甘味評価は遊離糖量よりも食感の影響を強く受けることが報告されており、今回の結果は‘京白丹波’の持つもちもちとした食感が‘オオツル’より官能評価を高くしたと考えられた。大豆子実は登熟過程で遊離アミノ酸がタンパク質に変換されるため急激に減少し (大山, 2000), 本研究でも全遊離アミノ酸量は約 0.28

～0.51% (d. w.) であった。特にうま味に關与するグルタミン酸は 0.07～0.1%, アスパラギン酸は 0.05～0.09%であり, 實際に食す際はいずれのアミノ酸も閾値を下回る。それに対し, 脂質は登熟過程で蓄積され, 大豆子実の 21.1%～24.8%を占めており極めて多い。脂質は, 食品のおいしさに關与することが言われ, 食品の味を強める (島田ら, 2001 ; 清原ら, 2009) こと, また豆腐の場合, トリグリセリドの内  $\alpha$ -リノレン酸の割合が高いほどコク味が強く感じられる (島田ら, 2001) ことが報告されている。‘京白丹波’は  $\alpha$ -リノレン酸の割合が‘オオツル’に比べてわずかに高いこと (滝澤ら, 2012) が報告されており, アミノ酸のうま味に脂質のコクが加わり‘京白丹波’のうま味評価が高くなった可能性も考えられる。また, 大豆では登熟過程で不快味に關与する A グループサポニンの蓄積 (下山田, 1990) やイソフラボンの蓄積 (谷ら, 2009) も確認されており, 完熟した大豆では, 様々な成分が呈味に複雑に關与するため, 他の食品ように遊離糖や遊離アミノ酸の分析値のみで煮熟大豆の甘味やうま味を評価することは困難であると考えられた。

‘京白丹波’は, 官能評価において, すべての項目で高い評価を示し総合評価においても‘オオツル’や‘玉大黒’よりも高かった。杉山ら (1993) によると, 加熱野菜では官能評価の総合評価における第 1 因子はテクスチャーであることが報告されている。本研究においても, 総合評価と破断荷重 ( $R = -0.95, p < 0.05$ ) およびもちもち感を示す M 値 ( $R = 0.91, p < 0.1$ ) では高い相関が認められ, 大豆においてもテクスチャーが総合評価に大きな影響を及ぼすことが示された。また, 食品においても嗜好性に及ぼすことが経験的に知られている。大豆の場合, 大豆臭 (青臭さ) の発生が豆乳において大きく問題とされている (喜多村, 1994) が, ‘京白丹波’の豆乳を調製し官能評価を行ったところ, 大豆臭が少ないと評価した者が多かった。また, ‘京白丹波’と市販品の豆乳の比較においても‘京白丹波’の豆乳の方が, 大豆臭が少ないと答えた者が有意に ( $p < 0.001$ ) 多かった (野村ら, 2013)。これらのことから, ‘京白丹波’の持つ大豆臭が少ない特徴も煮豆および豆乳の官能評価の総合評価に關与していることが考えられた。また, 豆乳を用いる湯葉では白色度の高い方が官能評価で高く評価される (国生ら, 2009) ことが報告されており, ‘京白丹波’は, 子葉色および豆乳の白色度が黄大豆の‘オオツル’に比べて高いことから, 実需レベルでも期待が大きい (吉川と山崎, 2013)。

軟らかく（松山ら，2003；廣田ら，2011），もちもちとした食感と低大豆臭という特徴を引き継いだ‘京白丹波’は，さらに既存品種より白色度の高い良食味大豆であることが明らかになった。そのため，豆腐や湯葉などの利用だけでなく，食感や粒の大きさを生かした煮豆や甘納豆（しぼり豆），大豆臭が少なく白色度の高い豆乳を利用した洋菓子などの利用も可能である。

以上のように，‘京白丹波’は従来 of 黄大豆品種に比べて様々な優れた加工品を生み出すことが可能な，非常に高い付加価値を持った大豆であることが示された。

付記 なお，本研究の一部は，農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」（課題番号 22068）の助成により実施した。

## 摘要

京都府産丹波黒は、極大粒で良食味の黒大豆として有名である。その丹波黒大豆の形質を引き継ぐ黄大豆，‘京白丹波’が品種改良により誕生した。本研究では，‘京白丹波’の特性を，明らかにするために，他の丹波黒大豆系品種の特性と比較検討した。その結果，‘京白丹波’は，他の黒大豆と比較して，遊離糖や遊離アミノ酸含量などの呈味成分は少なかったが，テクスチャー特性，官能検査においてすぐれた大豆であることが示され，従来の黄大豆品種に比べても，加工特性が高い大豆であることが示された。

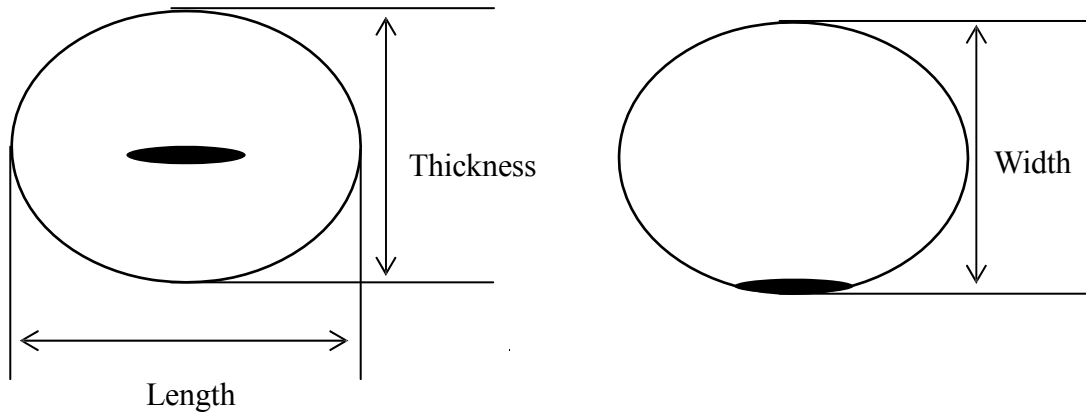


Fig.2-1. The length, thickness and width of soybean.

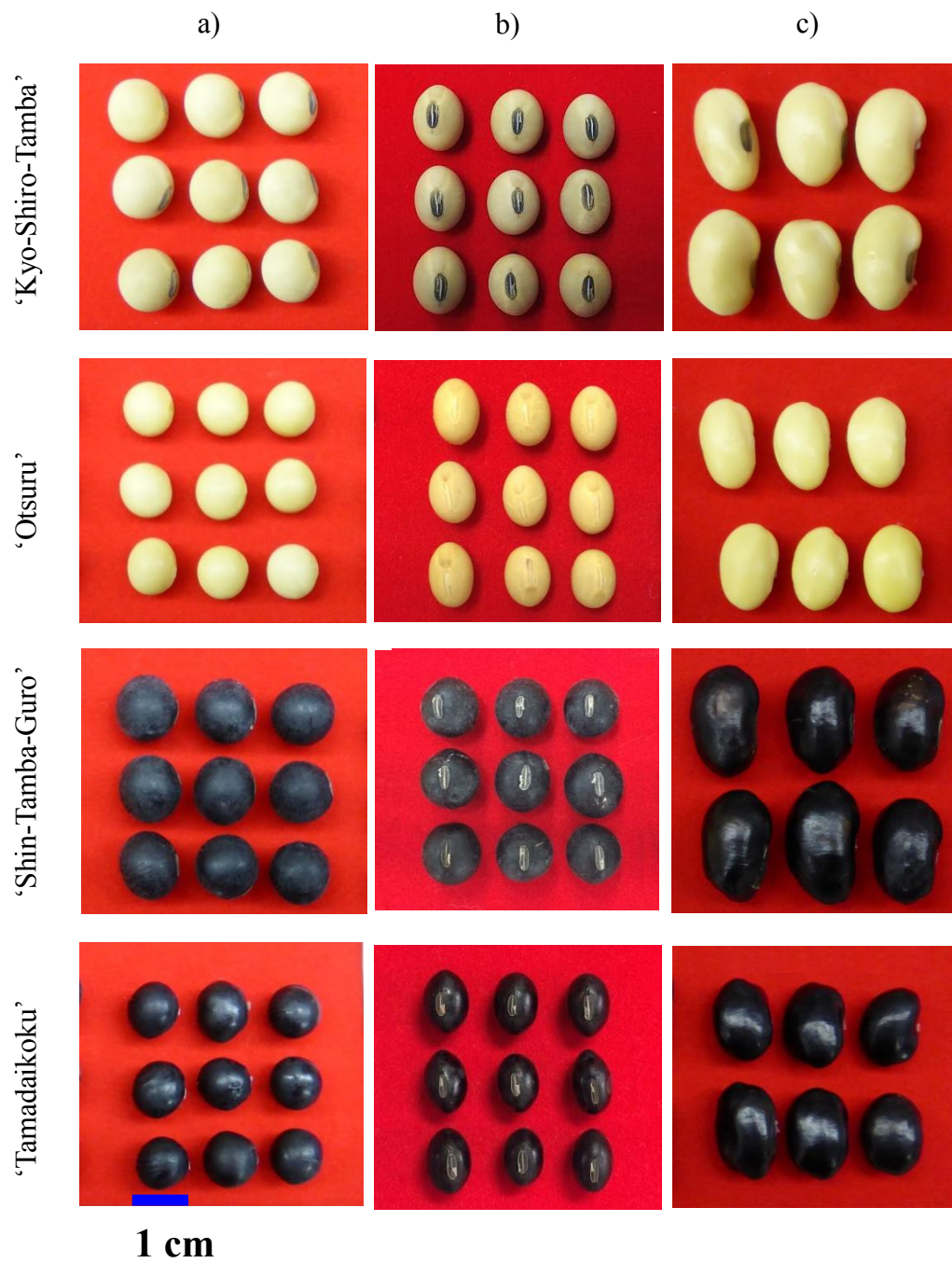


Fig. 2-2. Photograph of each soybean  
a), b): Raw soybeans; c): Soaked soybeans

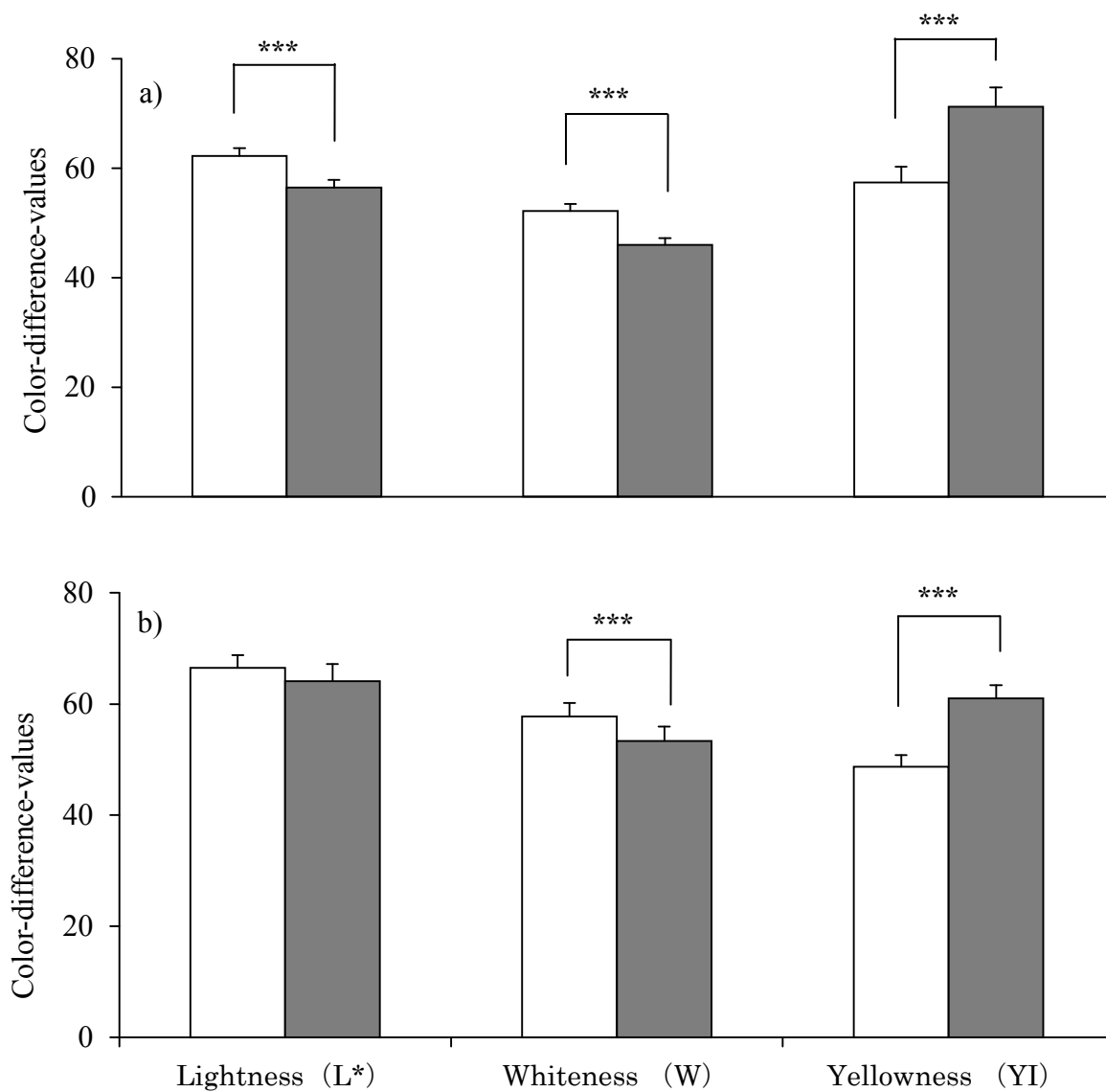


Fig. 2-3. Characterizations of color-difference-values on soybeans.

a): Raw; b): Boiled, □: ‘Kyo-Shiro-Tamba’; ■: ‘Otsuru’

Error bars indicate the standard deviation of ten measurements.

Superscript letter indicate the level of significance (\*\*\*) p<0.001).



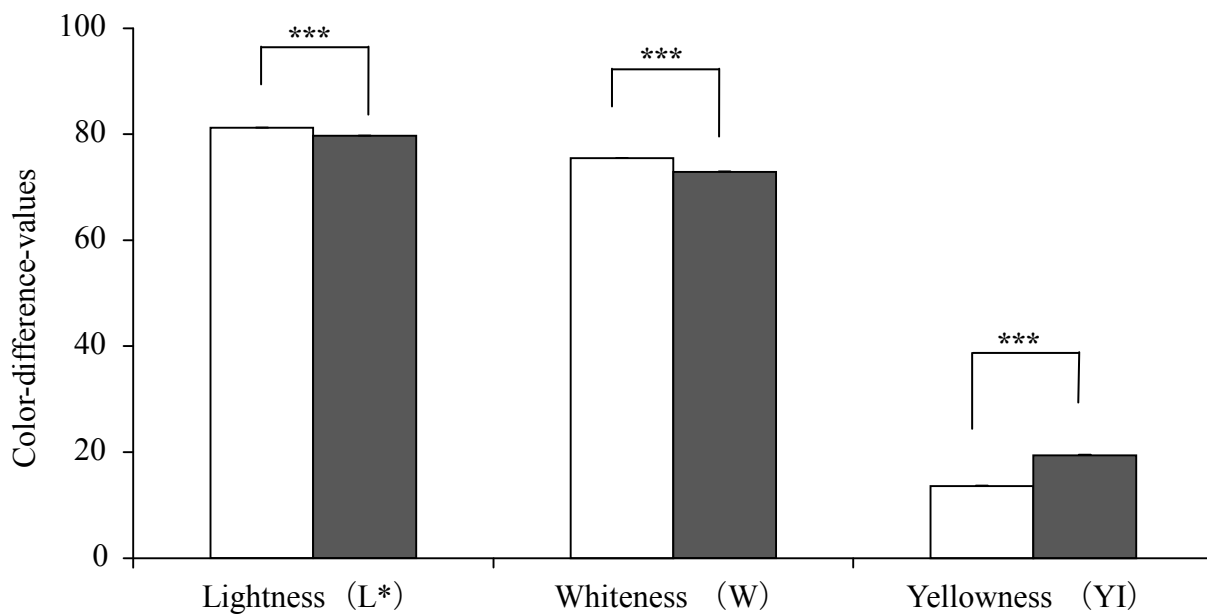


Fig. 2-4. Characterizations of color-difference-values on soymilk.

□: 'Kyo-Shiro-Tamba'; ■: 'Otsuru'

Error bars indicate the standard deviation of ten measurements.

Superscript letter indicate the level of significance (\*\*\*) p<0.001).

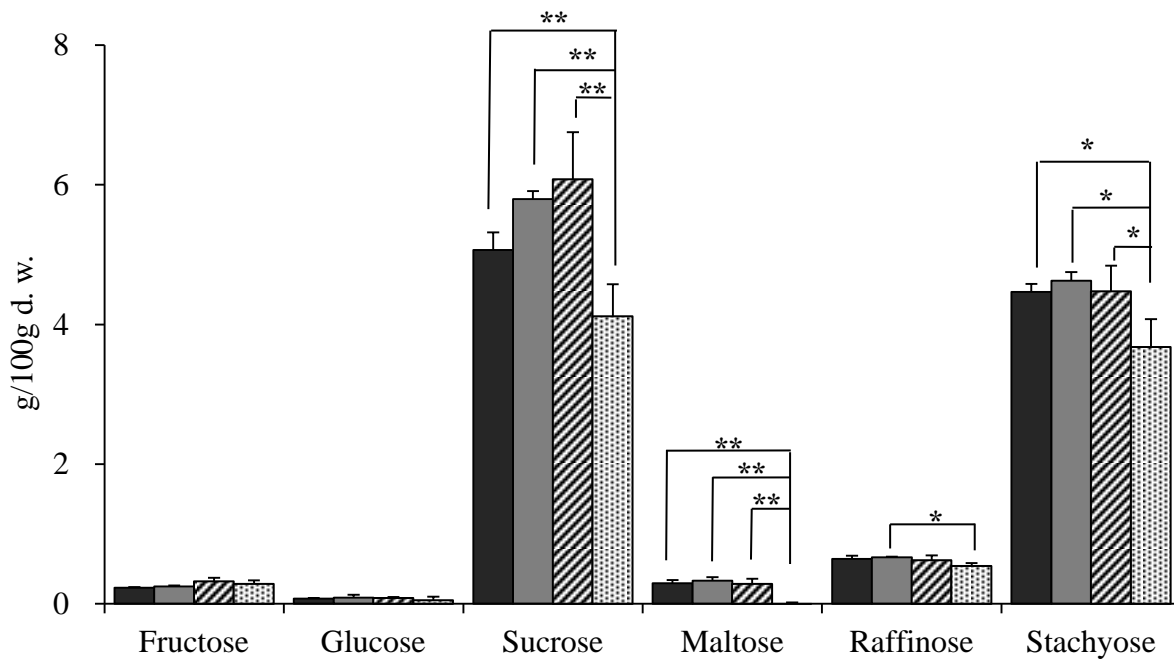


Fig. 2-5. Composition of hot water-soluble sugar (g/100g d. w.).

■: 'Kyo-Shiro-Tamba'; ■: 'Otsuru'; ▨: 'Shin-Tamba-Guro'; ▩: 'Tamadaikoku'

Error bars indicate the standard deviation of these measurements.

Superscript letter indicate the level of significance (\*\*p<0.01,\*p<0.05).

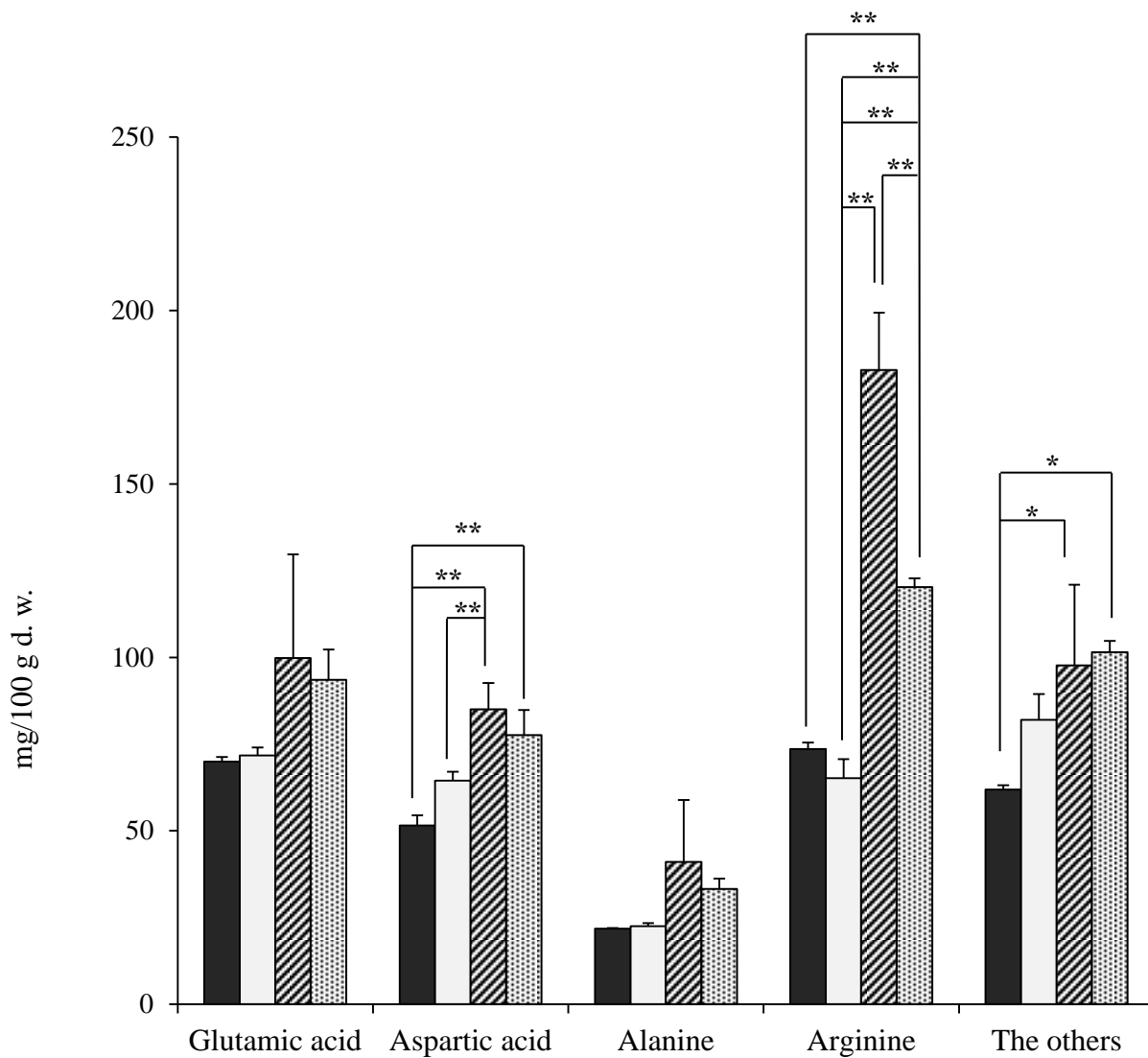


Fig. 2-6. Composition of hot water-soluble free amino acids (mg/100g d.w.).

■: 'Kyo-Shiro-Tamba'; ▣: 'Otsuru'; ▨: 'Shin-Tamba-Guro'; ▩: Tamadaikoku

Error bars indicate the standard deviation of three measurements.

Superscript letter indicate the level of significance (\*\*p<0.01,\*p<0.05).

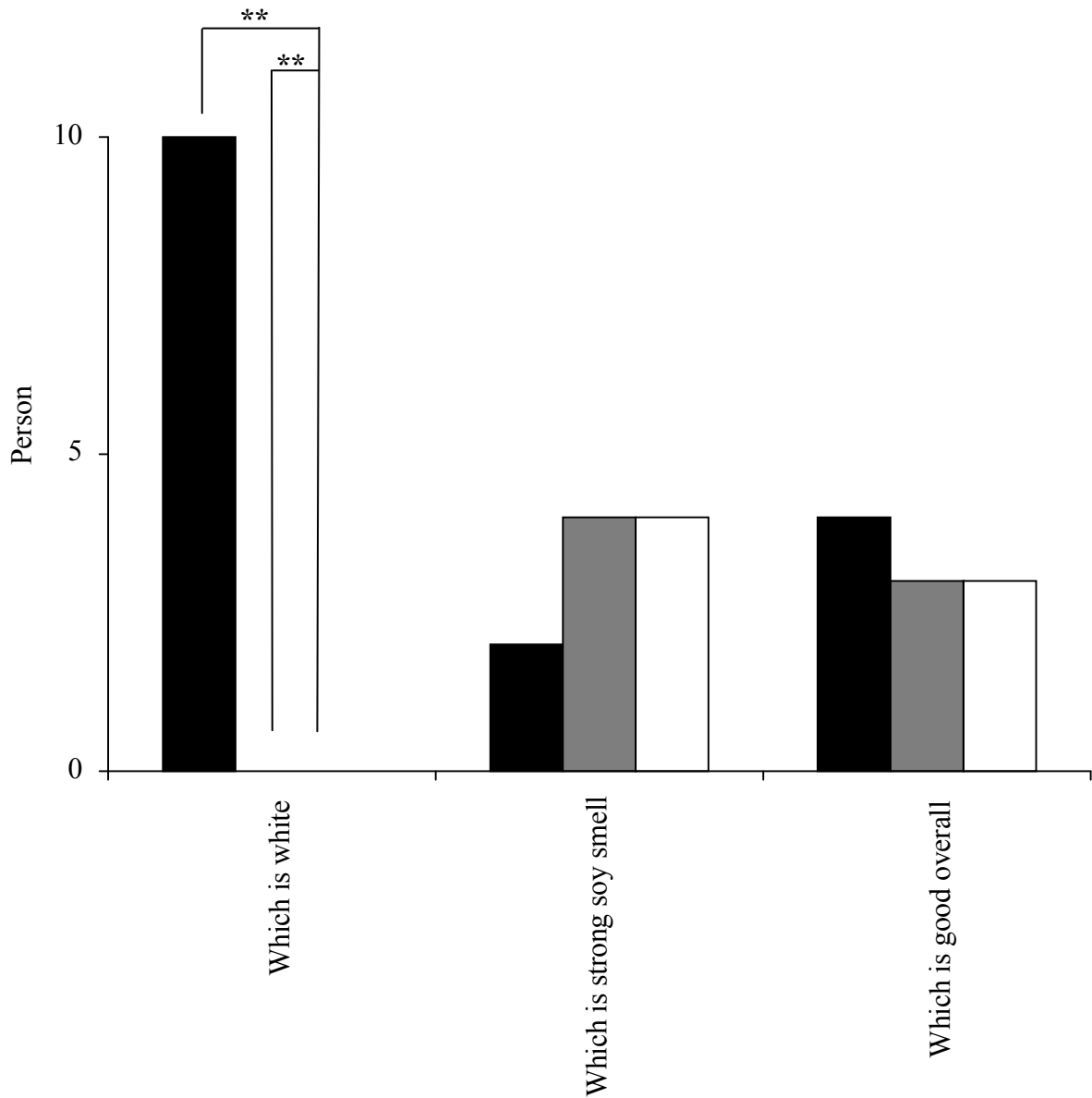


Fig. 2-7. Sensory evaluation of soymilk

■: 'Kyo-Shiro-Tamba'; ■: 'Otsuru'; □: Neither

Data were shown on pair test method by 10 panelists.

Superscript letter indicate the level of significance (\*\*p<0.01).

Table 2-1. Food composition of soybeans

	Water content (g)	Protein (g)	Lipid (g)	Carbohydrate (g)	Energy (kcal)
‘Kyo-Shiro-Tamba’	15	34.4	23.4	22.5	438
‘Otsuru’	15	34.0	24.8	21.6	446
‘Shin-Tamba-Guro’	15	32.5	21.1	26.8	427
‘Tamadaikoku’	15	34.1	22.6	23.0	431

Each value is the mean of ten measurements. Data were shown per 100g of each soybean and water content was shown as 15%.

Table 2-2. Characterization of raw and boiled soybeans

	weight (g) /100 grains (Weight change%) <sup>1)</sup>		Size of raw beans (mm)			Size of boiled beans (mm) (Size change%)		
	raw	after boiling	length	thickness	width	length	thickness	width
‘Kyo-Shiro-Tamba’	58.2	137.9 (237) <sup>ac 2)</sup>	10.97	8.44	9.78	19.32 (176) <sup>c</sup>	9.59 (114) <sup>c</sup>	11.84 (121)
‘Otsuru’	40.3	91.5 (227) <sup>ab</sup>	9.98	7.21	9.07	16.96 (170) <sup>a</sup>	7.89 (109) <sup>b</sup>	11.14 (123)
‘Shin-Tamba-Guro’	75.6	183.7 (243) <sup>c</sup>	11.21	10.13	10.92	19.41 (173) <sup>ac</sup>	11.90 (117) <sup>d</sup>	12.99 (119)
‘Tamadaikoku’	46.5	101.8 (219) <sup>b</sup>	10.54	7.74	9.24	16.99 (161) <sup>b</sup>	8.70 (112) <sup>abc</sup>	11.35 (123)

Each value is the mean of ten measurements.

<sup>1)</sup> Boiled bean/raw bean

<sup>2)</sup> The different small letters at same lines show significant difference (p<0.05).

Table 2-3. Rheological properties of boiled soybeans

	Breaking stress (N)	Breaking deformation (mm)	Brittleness stress (N)	Brittleness modification (mm)	M-level <sup>2)</sup>
‘Kyo-Shiro-Tamba’	1.66±0.08 <sup>a 1)</sup>	0.50±0.11 <sup>b</sup>	0.33±0.27 <sup>a</sup>	0.16±0.13	0.69±0.09 <sup>b</sup>
‘Otsuru’	1.74±0.26 <sup>a</sup>	0.36±0.05 <sup>a</sup>	0.50±0.17 <sup>a</sup>	0.15±0.02	0.46±0.13 <sup>a</sup>
‘Shin-Tamba-Guro’	1.28±0.39 <sup>a</sup>	0.55±0.11 <sup>b</sup>	0.33±0.06 <sup>a</sup>	0.33±0.06	1.01±0.33 <sup>b</sup>
‘Tamadaikoku’	3.26±0.39 <sup>b</sup>	0.59±0.09 <sup>b</sup>	1.23±0.76 <sup>b</sup>	0.25±0.14	0.38±0.04 <sup>a</sup>

Each value is the mean ± standard deviation of eight measurements.

<sup>1)</sup> The different small letters at same lines show significant difference (p<0.05).

<sup>2)</sup> M-level=Breaking deformation/Breaking stress + Brittleness deformation/Brittleness stress

Table 2-4. Sensory evaluation of boiled soybeans

	Appearance	Sweetness	Umami	Viscosity	Softness	Overall
‘Kyo-Shiro-Tamba’	0.03	0.24 <sup>b 2)</sup>	0.48 <sup>bc</sup>	0.76 <sup>bc</sup>	0.93 <sup>c</sup>	0.31 <sup>b</sup>
‘Otsuru’ <sup>1)</sup>	0.00	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
‘Shin-Tamba-Guro’	-	1.17 <sup>c</sup>	1.00 <sup>c</sup>	1.14 <sup>c</sup>	1.76 <sup>c</sup>	1.28 <sup>c</sup>
‘Tamadaikoku’	-	-1.28 <sup>a</sup>	-0.59 <sup>a</sup>	-1.69 <sup>a</sup>	-1.72 <sup>a</sup>	-1.31 <sup>a</sup>

Data were shown as mean value evaluated based on 7-grade scoring method when comparing with those of ‘Otsuru’ by 29 panelists.

<sup>1)</sup> As ‘Otsuru’ is used as a reference cultivar, the score of each property was shown as 0.

<sup>2)</sup> The different small letters at same lines show significant difference ( $p < 0.05$ ).



## 引用文献

- Akazawa Tsuneya, Yanagisawa Yasuhiro and Sasahara Takeo (1997) Concentrations of Water-Soluble Nitrogen and Acids as Criteria for Discriminating Vegetable-type and Grain-type Soybean Cultivars. *Breeding Sci.* **47**. 39-44
- 平井剛 (2003) メロン果実の追熟とテクスチャーに関する客観的評価法の開発. 北海道立農業試験場報告. **11**. 1-58
- 廣田智子, 田畑広之進, 小河拓也, 祝正志, 井上喜正 (2005) 兵庫県産大豆の品質特性. 兵庫農技総セ研報 (農業). **53**. 6-12
- 廣田知子, 下野真喜, 澤田和也, 小坂高司, 寺井雅一, 小嶋拓, 小田垣昇, 桜井裕士, 岩崎奈央子, 松本亜衣子, 松井照雄, 義積久和, 奥平武則, 金沢和樹 (2011) 丹波黒の食味評価と機能性成分に関する研究. 日食科工第 58 回大会要旨集. P101
- 廣田智子, 吉田晋弥, 永井耕介 (2013) 黒ダイズにおける吸水特性及び煮豆の破断特性に及ぼす恒温での浸漬処理の影響調理誌. **46**. 179-187
- 喜多村啓介. ダイズの栄養性及び加工適性の改良育種. 醸造協会誌. Vol.89(12). 926-931 (1994) 清原玲子, 山口進, 潮秀樹, 下村道子, 市川朝子 (2009) アラキドン酸の油脂調理食品への添加効果. 調理誌. **42**. 294-299
- 国生重乃, 野口智弘, 高野克己 (2009) ゆば膜形成における塩化ナトリウムの影響. 日食科工誌. **56**. 463-466
- 香西由紀夫, 平 春枝, 田中弘美, 斉藤昌義, 宗形豊喜 (1989) 煮豆用原料大豆の評価日食工誌. **36**. 132-141
- 増田亮一 (2011) 品質成分からみた国産大豆の特徴と利用. 日食科工誌. **58**. 548-551
- 松山善之助, 山下道弘, 矢ヶ崎和弘, 佐藤久泰 (2003) 新特産シリーズ 黒大豆-機能性と品種選びから加工販売まで-. 農文協, 東京. p.14
- 増田亮一, 橋詰和宗, 金子勝芳 (1988) 冷凍枝豆の食味に及ぼす収穫後の貯蔵時間の影響. 日食工誌. **35**. 763-770
- 南山泰宏, 古谷規行, 小坂能尚 (2012) ダイズ新品種「京白丹波」の育成. 近畿中国四国農研. **20**. 11-14

- 宮城 淳, 家壽多正樹, 日坂弘行, 本居聡子, 若生忠幸 (2011) ネギの官能評価と成分・物性測定値との関係. 園学研. **10**. 101-107
- 水野時子, 島田信二, 丹治克男, 山田幸二 (2002) 大豆の水浸漬による遊離アミノ酸の変動. 家政誌. **53**. 1197-1202
- Nicole Darbelley, Njara Razafindramboa, Jean-Pierre CHambost and Andre Pavia (1997) Light Effects on  $\alpha$ -amylase Activity and Carbohydrate Content in Relation to Lipid Mobilization during the Seedling Growth of Sunflower. J. Plant. Res. **110**. 347-356
- 野村知未, 古谷規行, 大谷貴美子, 村元由佳利, 松井元子 (2013) 黒大豆由来の黄大豆新品種‘京白丹波’ (*Glycine max* (L.) Merr.) の特性について. 微量栄養素研究. **30**. 79-85
- 小畑弘己, 佐々木巾香, 仙波靖子 (2007) 土器圧痕からみた縄文時代後・晩期における九州のダイズ栽培. 植生史研究. **15**. 97-114
- 大山卓爾 (2000) ダイズの特性と収量の考え方. 農業技術大系作物編 6. ダイズ・アズキ・ラッカセイ. 農文協, 東京. 追録第 **22**: (技) p.25
- 李温九, 南出隆久, 大谷貴美子 (2001) 丹波産黒大豆 (丹波黒) のスタキオース含有量について. 微量栄養素研究. **18**. 123-127
- 相良泰行. 食感性モデルによる「おいしさ」の評価法 (2009) 日食科工誌. **56**. 317-325
- 佐藤清隆 (2004) 食べ物のおいしさと食感-物性からのアプローチ. 日本味と匂誌. **11**. 147-156
- 島田和子, 犬山有紀子, 森下昌美, 高橋良二, 喜多村啓介 (2001) 豆腐の食味に及ぼす脂質酸化生成物の影響. 日食科工誌. **48**. 253-262
- 島田尚典, 高田吉丈, 境哲文, 島田信二. (2001) 東北農業研究センターにおけるダイズ育種の最近の成果と今後の展望. 育学研. **3**. 109-114
- 下山田 真 (1990). 大豆サポニンに関する研究-植物体における分布, 挙動および生理作用-. 東北大学博士論文. p. 190
- 杉本温美, 島崎安代, 朝岡正子, 不破英次 (2004) 栗果肉の食味評価と理化学的特性との関連について. 近畿大学農学部紀要. **37**. 31-37
- 杉山法子, 鈴野弘子, 三好恵真子, 澤山茂, 川端晶子 (1993) 野菜の官能特性の評価. 調理誌. **26**. 315-326

- 平春枝（1983）国産大豆の品質（第3報）物理的性状・化学成分組成および加工適性の相互関係. 食総研報. **42**. 27-39
- 滝澤理仁, 岩川秀行, 轟大志, 松井元子, 佐々木克己, 南山泰宏, 古谷規行, 小坂能尚, 松本静治（2012）普通大豆品種「京白丹波」の子実成分および物性の評価. 育学研大会要旨集. **14**. p.219
- 谷藤健, 三好智明, 鈴木千賀, 田中義則, 加藤淳, 白井滋久（2009）寒地におけるダイズ子実イソフラボンの含量・成分組成に及ぼす登熟気温の影響および品種間差. 日作紀. **78**. 74-82
- 山下道弘, 古谷規行（2003）黒ダイズの来歴と品種生態. 農業技術大系作物編 6. ダイズ・アズキ・ラッカセイ. 農文協, 東京. 追録第 25 号（技）p. 2 の 2-2 の 15
- 吉川正巳, 山崎むつみ（2012）京都府オリジナルの普通大豆品種 京白丹波-品種育成, -栽培体系確立から加工食品開発まで-p.22

#### 引用 URL

- i) 農林水産省. 大豆関連データ集. 11. 大豆の需要量, 自給率の推移.  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_data/pdf/011\\_juyou.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/pdf/011_juyou.pdf)  
(accessed 2013-12-20) ii) 農林水産省. 国産大豆  
品種の事典 2013 . 2013-7.  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_ziten/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_ziten/) (accessed 2013-12-20)
- iii) 農林水産省. 統計平成 25 年産大豆の作付面積 (乾燥子実). 2013-10-22.  
[http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/pdf/sakutuke\\_daizu\\_11.pdf](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/pdf/sakutuke_daizu_11.pdf)  
(accessed 2013-12-20)
- iv) 農林水産省. 大豆栽培基準. 2010-3  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen\\_type/h\\_sehi\\_kizyun/pdf/oine4.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/oine4.pdf)  
(accessed 2013-12-20)

### 第3章 ‘京白丹波’未熟子実の品種特性—エダマメへの利用拡大にむけて—

#### 緒言

大豆は、マメ科食物の中でも珍しく未熟及び完熟子実の両者を食することが可能な作物であり、未熟のまま収穫したものは主にエダマメとして食す。エダマメは、ビタミン C や A、葉酸を豊富に含む緑黄色野菜として流通する。そのため、現在では世界的に健康志向が高まる中で国内にとどまらず、海外でも *edamame* の名称で消費が増加し“世界の食べ物”としての地位を築きつつある（笹原，2000）。

ところで、エダマメは、未熟時に良食味である品種が農家の長い選抜により今日のような在来種群が確立したといわれている（Akazawa *et al.*, 1997）。現在においては、育種により数多くのエダマメ専用品種が生み出され、近年は良食味なエダマメの育種・ブランド化が行われ山形県の「ダダチャマメ（茶豆）」はブランド化に成功している。

京都府においてもブランド化がなされた丹波黒大豆エダマメ「紫ずきん<sup>®</sup>」があり、京のブランド製品の主力品目となっており、年間 2 億円を売り上げている。新たな品種を育種する際に良食味であることは大前提であるが、さらに SMV（ダイズモザイクウイルス）抵抗性や機能性成分の付与などが求められ、「紫ずきん<sup>®</sup>」に続く丹波黒大豆系エダマメの新品種育成が求められている。一方、‘京白丹波’は現在完熟子実用品種として栽培が進む中、大粒性を活かして黄大豆エダマメとしての利用も期待されている。エダマメの食味に関する最も一般的な評価法は、複数のパネラーによる食味官能試験である（赤澤ら，2002；増田ら，1988）。しかし、官能試験にはパネラー複数名用の評価サンプルを多量に準備する必要があるが、一度に評価できる系統数が限られるので、試験結果を育種の選抜に用いることは困難である。

そこで本章第 1 節では、食味関連データの評価を優良系統の選抜に利用するための基礎的知見を得るために、まず京都府のブランド製品である「紫ずきん<sup>®</sup>」3 品種を用い、味だけでなく丹波黒大豆系エダマメの特徴的な食感を数値化し、客観的な分析データと主観的な官能試験データを用いてエダマメの食味評価方法を確立することを目的として行った。また、本章第 2 節では、確立した評価法を用いて‘京白丹波’のエダマメとしての利用の可能性を検討した。

## 第1節 丹波黒大豆エダマメにおける食味評価法の開発

### 試料および実験方法

#### 1) 試料

2010年に京都府農林水産技術センター・生物資源研究センター（京都府相楽郡精華町）のほ場で栽培した「紫ずきん<sup>®</sup>」の3品種‘紫ずきん2号’，‘紫ずきん’および‘新丹波黒’を供試した。6月4日に播種して育成した苗を，同23日に定植し，Table 3-1に示したように各品種で開花期および収穫期は異なった。各品種のエダマメの莢厚が11mmに達した時（開花後約60日）を収穫適期とし，脱莢後速やかに鮮度保持フィルム（P-プラス/住友ベークライト）に入れて-80℃で1週間冷凍後，実験に供すまで-30℃で冷凍保存した。

#### 2) 「紫ずきん<sup>®</sup>」の遊離糖および遊離アミノ酸含量

化学分析は，遊離糖類および遊離アミノ酸（赤澤ら，2002；増田ら，1988）について行った。生とゆでた（重量の10倍量の沸騰水に投入し，再沸騰後6min加熱し，氷上で急冷した）状態のエダマメ試料（6粒，約7～8g）を48mLの80%エタノール中でそれぞれ摩砕し，遠心後得られた残渣を再度48mLの80%エタノール抽出し，溶液をメンブランフィルター（0.45μm）で濾過して化学分析用サンプルとした（高橋，2004）。遊離糖は，HPLC（LC10AD/SHIMADZU，カラム：Asahipak NH2P-50 4E（4.6 mm I.D. × 250 mm/Shodex），ガードカラム：Asahipak NH2P-50G 4A.（4.6 mm I.D. × 10 mm/Shodex），カラム温度 40℃，検出器：RID-6A/SHIMADZU）を用いて分析した。移動相は，70%アセトニトリル（流速 1.0 ml/min）を用いて分離した。標品としてフルクトース，グルコース，スクロースおよびマルトース（和光特級/Wako）を使用し，各遊離糖の含量に関する検量線を作成して4種類の糖の定量に用いた。遊離アミノ酸は，カラムに Shim-pack Amino-Na（6 mm I.D. × 100 mm/SHIMADZU），アンモニアトラップカラムに Shim-pack ISC-30/S0504N（4 mm I.D. × 50 mm/SHIMADZU）を用い，カラム温度を 60℃，送液量 0.6 ml/min としてアミノ酸分析システム（LC-10AD/SHIMADZU）で分離した。標品として，アミノ酸混合標準液 H 型（Wako）を使用し，オルトフタルアルデヒド（OPA）誘導体化し，蛍光検出器により検出した。計測は3回

行った。

### 3) 「紫ずきん<sup>®</sup>」の物性

試料は、種皮がついたままのエダマメ（以下、皮有と略す）と種皮をむいたエダマメ（皮無）を用いた。測定に際しては測定速度（0.5 mm/s）、クリアランス（99%）およびプランジャー（くさび型）を一定にし、破断荷重（N）、破断変形（mm）、破断歪率（%）、もろさ荷重（N）、もろさ変形（mm）およびもろさ歪率（%）は、クリープメータ（RE2-3305B/YAMADEN）を用い、試料を1粒ずつ8反復で測定した。解析ソフトは破断強度解析（BAS-3305-LE Ver.2.0/YAMADEN）を用いた。Fig. 3-1 に示したように得られた波形から、（破断変形（=a, 単位：mm）、破断荷重（=x, N）、もろさ（=b, mm）、およびもろさ荷重（=y, N））を読み取り、それらを用いて M 値（=a/x + b/y）を算出し、エダマメの粘性指標としての有用性を検証した。

### 4) 官能評価

官能評価に用いるまで、収穫後すぐに-30℃で保存されたエダマメを用いた。官能試験当日に、サンプルエダマメの重量に対して20倍量の水を沸騰させ、冷凍サンプルを投入し再沸騰後6min加熱した。加熱後、直ちにブラストチラー（空気循環性冷蔵庫）で3min以内に5℃に急速冷却し、エダマメの莢と種皮を手で除去した。パネルは訓練された京都府立大学の食保健学科の25名で、外観、甘味、うま味、もちもち感、硬さおよび総合の6項目について+3~-3の7段階で評価し、‘紫ずきん’を標準品種（評点=0）として行った。なお、外観と総合評価については良い（+）・悪い（-）、甘みとうま味は強い（+）・弱い（-）、硬さは硬い（+）・軟らかい（-）で評価した。

### 5) 統計解析

エクセル統計（Statcel 3 アドインソフト/OMS）を用い、品種間の有意差検定を行った。化学分析、物性分析および官能評価に関しては、一元配置分散分析後 Tukey-Kramer の多重比較検定、ピアソンの相関関係の検定を行った。

## 結果

### 1) 「紫ずきん<sup>®</sup>」の遊離糖および遊離アミノ酸含量

収穫適期のエダマメ品種における遊離糖類の分析結果を Fig.3-2 にまとめた。3品種とも生の状態で全遊離糖中にスクロースが約 85%含まれており、グルコースとフルクトースも認められた。生およびゆでマメともに、遊離糖含量(g/100 g f. w.) は‘新丹波黒’ (3.4) > ‘紫ずきん’ > (2.6) ‘紫ずきん 2 号’ (1.6) の順となった。ゆで加熱後も同様に‘新丹波黒’ (4.1) > ‘紫ずきん’ (3.1) > ‘紫ずきん 2 号’ (1.5) の順となったが、‘新丹波黒’および‘紫ずきん’では、スクロース含量は減少したが新たにマルトースの生成が認められゆで加熱後のエダマメの全遊離糖含量は増加した。しかし、ゆでた‘紫ずきん 2 号’ではマルトース含量が 0.1 g/100 g f. w.であり、他の 2 品種の 10%以下の量を示した。生およびゆで加熱後も、新丹波黒’は‘紫ずきん’の約 1.3 倍、また‘紫ずきん 2 号’の 2 倍以上となる全遊離糖含量を示した。なお、完熟子実 (大豆) にはスタキオースとラフィノースが検出されたが未熟子実 (エダマメ) ではそれらの糖は検出されなかった。3 品種における遊離アミノ酸含量の分析結果を Fig. 3-3 にまとめた。遊離アミノ酸量 (mg/100 g f. w.) は、‘新丹波黒’ (608) > ‘紫ずきん’ (377) > ‘紫ずきん 2 号’ (286) の順となった。ゆで加熱後は、‘紫ずきん’ (377) > ‘新丹波黒’ (373) > ‘紫ずきん 2 号’ (145) の順となり、ゆで操作後の遊離アミノ酸含量 (mg/100g f. w.) 生の状態と比較した結果、3 品種ともに 4~5 割程度減少することがわかった。生およびゆでマメともに、‘新丹波黒’ (生 : 608, ゆで : 373) は‘紫ずきん’ (生 : 377, ゆで : 196) の約 1.5 倍、また‘紫ずきん 2 号’ (生 : 286, ゆで : 145) の 2 倍以上を示した。また、旨みを呈するグルタミン酸とアスパラギン酸の合計含量は‘新丹波黒’が最も多く (生 : 232, ゆで : 142), また甘みを呈するアラニンも本品種が多かった (生 : 77, ゆで : 51)。

### 2) 「紫ずきん<sup>®</sup>」の物性

ゆでたエダマメにおける皮有と皮無の破断荷重 (N), 破断変形 (mm), もろさ荷重 (N), もろさ変形 (mm) および M 値をそれぞれ Table 3-2 に示した。

皮有エダマメの各物性数値データは、皮無と比べて、平均値の差が小さく、値

のばらつきが大きい傾向があったので、品種間における有意差がほとんどの調査項目において検出されなかった。一方、皮無エダマメでは、‘新丹波黒’の破断荷重値は‘紫ずきん 2 号’より有意に

( $p<0.05$ ) 低く、また‘紫ずきん’のもろさ荷重値は‘紫ずきん 2 号’と比べて有意に ( $p<0.05$ ) 高かった。‘紫ずきん’および‘新丹波黒’のもろさ変形ともろさ歪率の値は‘紫ずきん 2 号’より有意に ( $p<0.05$ ) 高かった。さらに、‘新丹波黒’の粘性（もちもち感）の指標となる M 値は、‘紫ずきん’および‘紫ずきん 2 号’に比べて有意に ( $p<0.05$ ) 高かった。

### 3) 「紫ずきん<sup>®</sup>」の官能評価

官能試験の結果を Table3-3 に示した。‘新丹波黒’の外観、甘味、硬さおよび総合評価に関する数値は、いずれも他の 2 品種に比べて有意に ( $p<0.05$ ) 高かった。うま味ともちもち感の値についても、‘新丹波黒’は他と比べて高い傾向を示し、全ての項目において、‘新丹波黒’は‘紫ずきん 2 号’よりも有意に ( $p<0.05$ ) 高い評価を得た。



## 第2節 ‘京白丹波’エダマメの食味評価

### 試料および実験方法

#### 1) 試料

2013年に京都府農林水産技術センター・生物資源研究センター（京都府相楽郡精華町）のほ場で栽培した‘京白丹波’、‘紫ずきん’および‘富貴’の3品種を供試した。6月6日に播種して育成した苗を、6月12日に定植した。‘京白丹波’および‘紫ずきん’は、開花後約60日、早生品種の‘富貴’は開花後約35日経過したときを収穫適期として、株ごとに収穫し（Table 3-4）、脱莢後速やかに-80℃で1週間冷凍しその後実験に供すまで-30℃で保存した。

#### 2) 莢および子実の特徴 各品種の莢子実の重量を測定した。測定

は8反復行った。また、生とゆで操作後の莢および子実の色調について測色色差計

（CR-300/KONICA MINOLTA）を用いてハンターのL\*a\*b\*値およびCIEのLab値を測定し、彩度は下記に示した式より算出した。彩度は値が小さいほど褐色であることを示す（廣田ら，2010）。測定は8反復行った。

$$\text{彩度} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

#### 3) エダマメの遊離糖および遊離アミノ酸

遊離糖・遊離アミノ酸の分析は、第1節の方法よりもさらに簡易に抽出が可能となるように改変して行った。なお、抽出法を改変したことで抽出量が変わらないことは確認済みである。

生およびゆで（エダマメ重量の20倍量の沸騰水で‘京白丹波’、‘紫ずきん’は10 min、‘富貴’は6 min 加熱）のエダマメ約3 gに8倍量の80%エタノールを加え1 min 粉碎抽出し、遠心分離（6000 rpm, 4℃, 5 min/TOMY TMA-27 ローター）後沈殿物に再度8倍量の80%エタノールを加えて再度攪拌抽出し、遠心分離して上清を得た。抽出液をメンブランフィルター（0.45 μm）で濾過した。得られた抽出液を遊離糖および遊離アミノ酸の試料とした。遊離糖は、HPLC（1260 Infinity/Agilent

technology, カラム : Asahipak NH2P-50 4E (4.6 mm I.D. × 250 mm) /Shodex, ガードカラム : Asahipak NH2P-50G 4A. (4.6 mm I.D. × 10 mm) /Shodex, カラム温度 40°C, 検出器 : 1260 RID/Agilent technology) を用いて分析した。移動相は, 70%アセトニトリル (流速 1.0 ml/min) を用いて分離した。標品としてフルクトース, グルコース, スクロースおよびマルトース (和光特級/Wako) を使用し, 各遊離糖の含量に関する検量線を作成して 4 種類の糖の定量に用いた。遊離アミノ酸は, HPLC (1260 Infinity/Agilent technology, カラム : ZORBAX Eclipse Plus C18 (4.6 mm I.D. × 15 mm, 3.6µm)/Agilent technology, カラムオープン温度 40°C, 検出器 : 1260 FLD/Agilent technology) およびアミノ酸分析用キット (Agilent technology) を用いて分析した。移動相は A 液として 10 mM ホウ酸-リン酸緩衝液 pH8.2, B 液としてアセトニトリル/メタノール/水=45/45/10 を用い (総液量 : 1.5 ml/min グラジエント条件 : B 液 2% (0.0~0.5 min), B 液 57% (0.5~20.0 min), B 液 100% (20.0~23.5 min), B 液 2% (23.5~25.0 min)) OPA (オルトフタルアルデヒド) および FMOC (9-フルオレニルメチルクロロフォルメート) 誘導体化した後に分離し, 蛍光検出した。なお, 計測は 3 反復行った。

#### 4) エダマメ物性

冷凍サンプルについて第 1 節の方法と同様に皮を除いたエダマメの子葉について測定および解析した。

#### 5) 官能評価

冷凍されたエダマメを官能検査当日にエダマメ重量の 20 倍量の沸騰水中で加熱したものをサンプルとした。加熱時間は‘京白丹波’および‘紫ずきん’は 10 min とし, それらより莢が小さい‘富貴’は 6 min とした。官能評価のパネルは, 訓練された京都府立大学食保健学科の教員および学生計 30 名 (年齢 19~55 歳) とした。‘富貴’を基準エダマメとし, +3~-3 の 7 段階評価法で莢の色についてはきれい (+)・汚い (-), 甘味, うま味, もちもち感については強い (+)・弱い (-), 硬さは硬い (+)・軟らかい (-), 心地よさはある (+)・ない (-), 総合評価は好き (+)・嫌い (-) で評価した。さらに, 莢を見て最も食べたいと思うエダマメについても質問した。

## 6) 統計解析

エクセル統計 (Statcel 3 アドインソフト/OMS) を用い、品種間の有意差検定を行った。色調, 化学分析, 物性分析および官能評価に関して, 一元配置分散分析後, Tukey-Kramer の多重比較検定を行った。

## 結果

### 1) 莢および子実の特徴

3品種の莢および子実の重量を Table 3-4 に示した。莢及び子実重量ともに‘紫ずきん’>‘京白丹波’>‘富貴’の順となり，丹波黒の形質を引き継ぐ京白丹波は従来の黄大豆エダマメ品種‘富貴’に比べて莢重量は 1.6 倍，子実重量は約 1.7 倍大きかった。

生およびゆでエダマメの莢と子実（皮有）の写真を Fig. 3-4 および Fig. 3-5 に示し，それぞれの L\*値（明度），a\*（+赤色度～-緑色度），彩度（ $\sqrt{a^2+b^2}$ ）の値を Fig. 3-6 に示した。莢および子実の両者において生よりも加熱後のゆでの方が明度，緑色度，彩度の全ての項目において3品種で有意に（ $p<0.05$ ）差が見られた。‘京白丹波’の莢は，生の時に他の2品種よりも明度と彩度が高かったことから莢が明るく鮮やかであることが示唆された。‘京白丹波’と‘富貴’の子実は，加熱後に緑色度と彩度は有意に（ $p<0.001$ ）高くなり鮮やかになったが，‘紫ずきん’は黒紫色に着色し生に比べて彩度は低下した。

### 2) エダマメの遊離糖および遊離アミノ酸含量

収穫適期のエダマメ品種におけるゆで加熱後の遊離糖類（g/100 g f. w.）の分析結果を Fig.3-7 にまとめた。加熱により，マルトースが‘京白丹波’（1.5）と‘紫ずきん’（1.3）において生成され‘紫ずきん’（4.6）>‘京白丹波’（4.4）>‘富貴’（3.3）の順となった。‘富貴’は，マルトースは検出されなかった。

次に，3品種におけるゆで加熱後の遊離アミノ酸含量（mg/100 g f. w.）の分析結果を Fig. 3-8 にまとめた。全遊離アミノ酸含量は，‘紫ずきん’（622）>‘富貴’（362）>‘京白丹波’（344）の順となったが，うま味・甘味を示すグルタミン酸，アスパラギン酸，アラニンを比較すると‘紫ずきん’（394）>‘京白丹波’（232）>‘富貴’（222）の順であり，うま味を示すグルタミン酸およびアスパラギン酸は，‘京白丹波’の方が富貴よりも有意に高かった（前者  $p<0.01$ ，後者  $p<0.05$ ）。

### 3) エダマメの物性

エダマメの物性結果を Table3-5 に示した。食品の硬さを示す（廣田ら，2013）破断荷重（Breaking Stress: X）は‘紫ずきん’が最も低かったものの‘京白丹波’と有意な差はなかった。また，破断変形（Breaking deformation: a）に対する破断荷重の比と，もろさ変形（Brittleness deformation: b）に対するもろさ荷重（Brittleness Stress: Y）の比を加えた M 値（ $a/X + b/Y$ ）を算出し比較したところ，M 値は，‘紫ずきん’>‘京白丹波’>‘富貴’の順となり‘京白丹波’のエダマメは，黄大豆エダマメ品種である‘富貴’よりも軟らかくもちもちとした食感を有していることが明らかとなった。

### 4) 官能評価

エダマメの官能評価の結果を Table 3-6 に示した。莢の色は，‘京白丹波’は‘紫ずきん’よりも有意に（ $p < 0.05$ ）きれいと評価され，‘京白丹波’は‘富貴’と大きな差は見られなかった。甘味・うま味・もちもち感・軟らかさ・心地よさ・満足度・総合評価については‘京白丹波’は‘富貴’よりも高く評価された。そのうち，うま味・もちもち感・総合評価は‘京白丹波’の方が有意に（ $p < 0.05$ ）高い評価を得た。

## 考察

本研究では、丹波黒大豆エダマメの食味評価法を確立するため、官能試験と化学分析値を比較評価し指標化するだけでなく、他のエダマメにはない“もちもち”とした特徴的な食感を物性分析値により得られる M 値を用いて指標化することを試みた。また、その確立された評価手法を用いて‘京白丹波’のエダマメとしての有用性を検討した。

第 1 節では、丹波黒大豆エダマメ「紫ずきん<sup>®</sup>」を用いて食味評価法の開発を行った。

「紫ずきん<sup>®</sup>」3 品種における遊離糖類の含量および組成は、品種間で大きく事なつた。特に加熱後の‘新丹波黒’および‘紫ずきん’における全遊離糖中のマルトース含有率は約 40%であったのに対して、‘紫ずきん 2 号’では 7%と極めて少なかった。また、各品種の加熱後のエダマメの遊離アミノ酸含量は、‘新丹波黒’および‘紫ずきん’ではグルタミン酸、アラニンの順に多く含まれ、グルタミン酸はアラニンの約 2 倍含まれていた。遊離アミノ酸含量が示す呈味性と刺激閾値に関する解説（味の素株式会社，2003）をはじめ、増田ら（1988）、増田（2000）および阿部ら（2004）の報告から、エダマメのうま味に影響を及ぼすアミノ酸はグルタミン酸およびアスパラギン酸で、甘味に影響を及ぼすアミノ酸はアラニンであることがわかっている。本章における遊離糖類およびアミノ酸の分析結果から、‘紫ずきん 2 号’は他の 2 品種と比較してうま味や甘味成分含量が劣ることがわかった。増田ら（1988）が行った冷凍したエダマメ品種‘玉すだれ’の試験では、スクロースおよびグルタミン酸含量の実測値と官能評価における甘味、うま味および総合評価の値がいずれの組み合わせにおいても高い相関を示した。本研究でも、官能試験で得られた甘味評価の数値は、遊離糖含量やアラニン等の甘味を呈するアミノ酸の含量が多いほど高くなった。一方、うま味を呈するグルタミン酸やアスパラギン酸の含量が高いほど、うま味評価も高くなった。以上より、丹波黒大豆エダマメの甘味とうま味は、関連アミノ酸や遊離糖の割合を指標として評価できることが示唆された。

皮有と皮無のエダマメをそれぞれ物性計測すると、前者の破断荷重の値が大きくなる傾向があった。村上ら（2008）が実施した黒豆の煮豆を用いた試験でも同

様な傾向がみられ、種皮の有無がエダマメの食感に影響を及ぼすことが示唆された。本研究で得られた物性データを用い、皮の有無による特性変化を統計的手法により比較したところ、種皮を剥いた子葉部が最も優れた食味を醸し出す器官であることが推察された。また、「紫ずきん<sup>®</sup>」は古くから種皮を剥いて食されることが多いとされている。したがって、本研究の官能検査には皮無のエダマメを供試したところ、食感に関する硬さと破断強度は有意に正の相関 ( $r=0.999$ ,  $p<0.03$ ) を示し、もちもち感の結果と M 値についても有意に正の相関を示した ( $r=0.997$ ,  $p<0.04$ )。これらのことから、M 値は丹波黒大豆系エダマメの特徴とするもちもちとした食感の指標となることが示された。

第 2 節では、第 1 節で確立したエダマメの食味評価法を用いて、「京白丹波」のエダマメを評価するため、黄大豆エダマメ専用品種の「富貴」と丹波黒大豆エダマメ「紫ずきん<sup>®</sup>」の「紫ずきん」3 品種を比較した。

「京白丹波」は「紫ずきん」と同様に褐色の莢毛を持つが、官能検査において加熱後の莢の外観評価を見たところ、莢毛の白い「富貴」と同等に「きれい」と評価された。莢の緑色度は、ゆでエダマメ 3 品種間で有意な差はないものの、「京白丹波」は「富貴」に次いで高く、さらに「京白丹波」はその他 2 品種に比べて明度が有意に

( $p<0.05$ ) 高いことから、官能評価の外観評価では「富貴」と同等な結果が得られたと考えられた。一方、「京白丹波」と同時期に栽培される「紫ずきん」は加熱後、子実の種皮が黒紫色に着色し、彩度がもっとも低くなった (Fig. 3-5)。この子実が莢を透かして見えることにより外観評価を低くしたと考えられたが、黒い種皮は丹波黒大豆エダマメの「紫ずきん」のトレードマークとして市場で受け入れられており欠点としての評価には当てはまらない。官能評価において、莢の外観で最も好ましいエダマメとして「京白丹波」を半数以上 (18 名) が選択した。黄大豆エダマメは、莢が鮮やかな緑色であるほど色調が高く評価される傾向にある (笹原, 2000) ことが報告されている。本研究においても莢の色で外観評価をした者の割合が最も多く (11 名)、同様な結果を示し、鮮緑な莢を持つ「京白丹波」は黄大豆エダマメとして、消費者に受け入れられやすい特徴をもつことが明らかとなった。

エダマメ 3 品種のゆで加熱後の呈味に関わる遊離糖量を比較したところ、「京白丹波」は「富貴」よりも遊離糖量が多く、特にマルトース量は第 1 節同様に品種間で異なり「京白丹波」および「紫ずきん」のマルトース量が 1.5 g/100g f. w.前後であった

のに対し‘富貴’では全く検出されなかった。これらのことから‘京白丹波’は‘紫ずきん’同様に高いマルトース生成能を有し遊離糖含量の高いエダマメであることが示された。‘京白丹波’のアミノ酸含量は‘紫ずきん’より低いものの‘富貴’と同等以上であり普通エダマメとして遜色ないレベルであった。

一方3品種の物性を比較してみると、‘京白丹波’は‘紫ずきん’と同様に‘富貴’よりも破断荷重は低く(軟らかく)、エダマメのもちもち感を示すM値も高かった。また子実も一般的な大きさの富貴の1.7倍と大きいことから丹波黒のエダマメの特徴である粒が大きく、食べごたえのあるもちもちとした食感があげられ(小坂と島原, 1998) ‘京白丹波’もその特徴を引き継いでいることが明らかになった。

本章では、‘京白丹波’のエダマメは黄大豆エダマメ専用品種の‘富貴’よりも軟らかい上にM値は高く、ゆで操作後に生成されるマルトース量が‘富貴’よりも高かいことを示した。マルトースは、糖の中でもまろやかな甘みを持ち食味を向上させることが考えられること、さらに同時期にある普通エダマメよりも莢色および子実の色が鮮緑で、大粒であることから、‘京白丹波’はエダマメとして優れた特性を有し、既存のエダマメ専用品種より高い付加価値を持つことが示された。



## 摘要

京都府産丹波黒より育成された‘京白丹波’は子実用品種として栽培が進む中、エダマメとしての利用も期待されている。そこで本研究ではまず、丹波黒大豆エダマメ「紫ずきん<sup>®</sup>」3品種を用いて食味評価法を確立し、新たに、“もちもち”とした食感をM値(=破断変形(mm)／破断荷重(N)＋もろさ変形(mm)／もろさ荷重(N))として数値化することが可能になった。開発した食味評価法を用いて‘京白丹波’を評価したところ、M値は高く丹波黒大豆エダマメと同様に特徴的な食感を示すことが明らかになった。さらに、‘京白丹波’は同時期にある普通エダマメよりも莢色および子実の色が鮮緑で、大粒であることから、エダマメとして優れた特性を有し、既存のエダマメ専用品種より高い付加価値を持つことが示された。

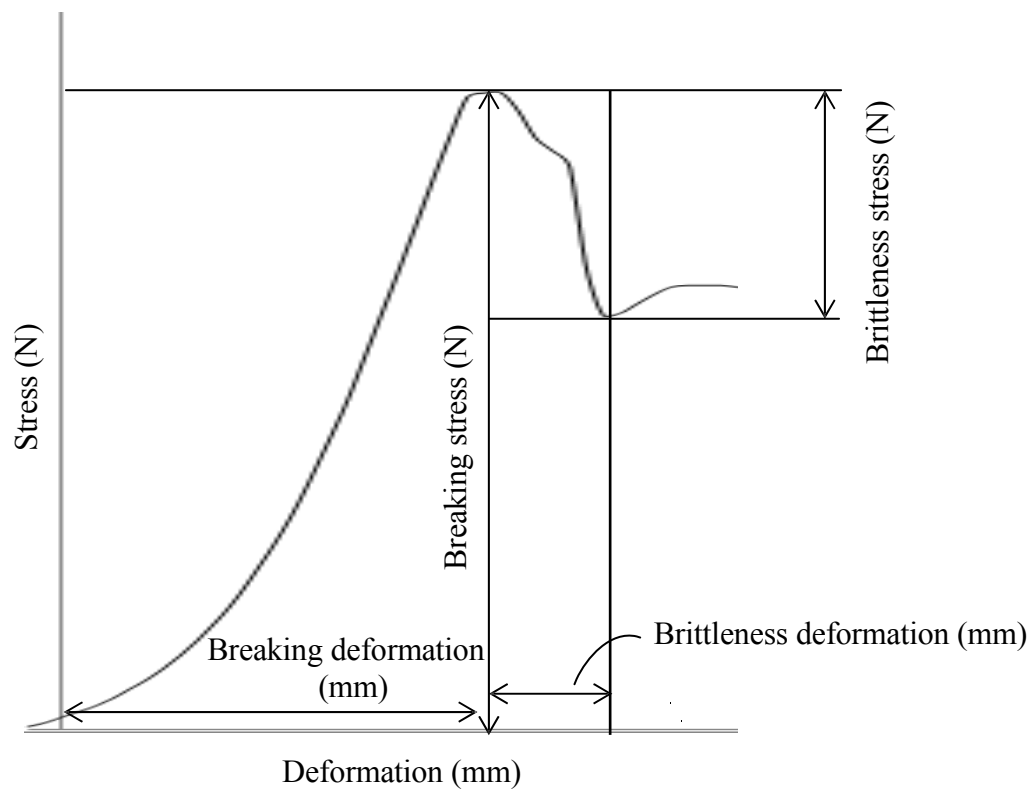


Fig. 3-1. Rupture curve and measurement parameters.

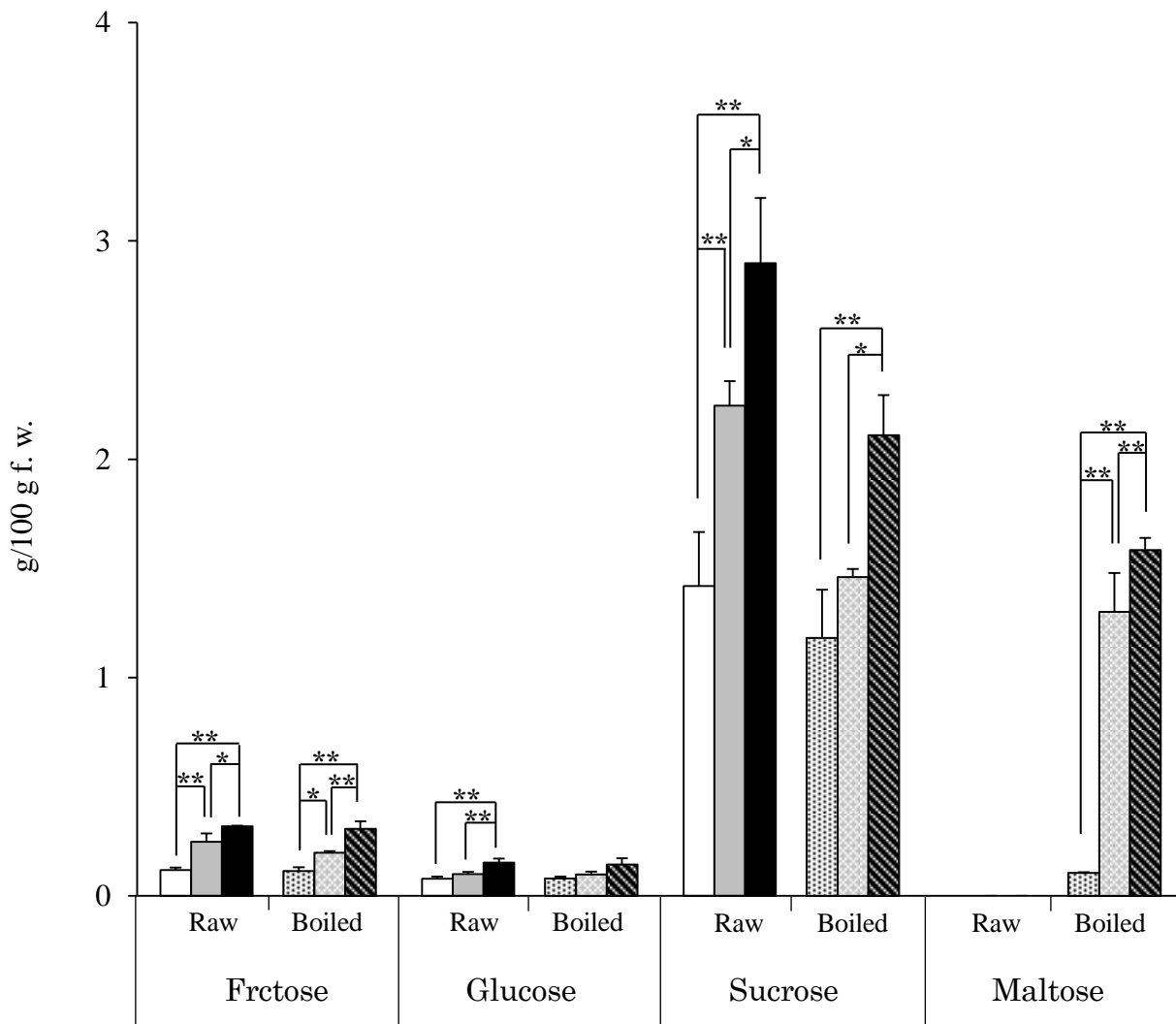


Fig. 3-2. Free sugar contents of soybean vegetables in three cultivars of “Murasaki-Zukin<sup>®</sup>”.

□: M2-raw; ◻: MU-raw; ◼: ST-raw; ◣: M2-boiled; ◤: MU-boiled; ◥: ST-boiled

M2: ‘Murasaki-Zukin 2go’; MU: ‘Murasaki-Zukin’; ST: ‘Shin-Tamba-Guro’

Error bars indicate the standard deviation of three measurements.

Superscript letter indicate the level of significance (\*\* p<0.01, \*p<0.05).

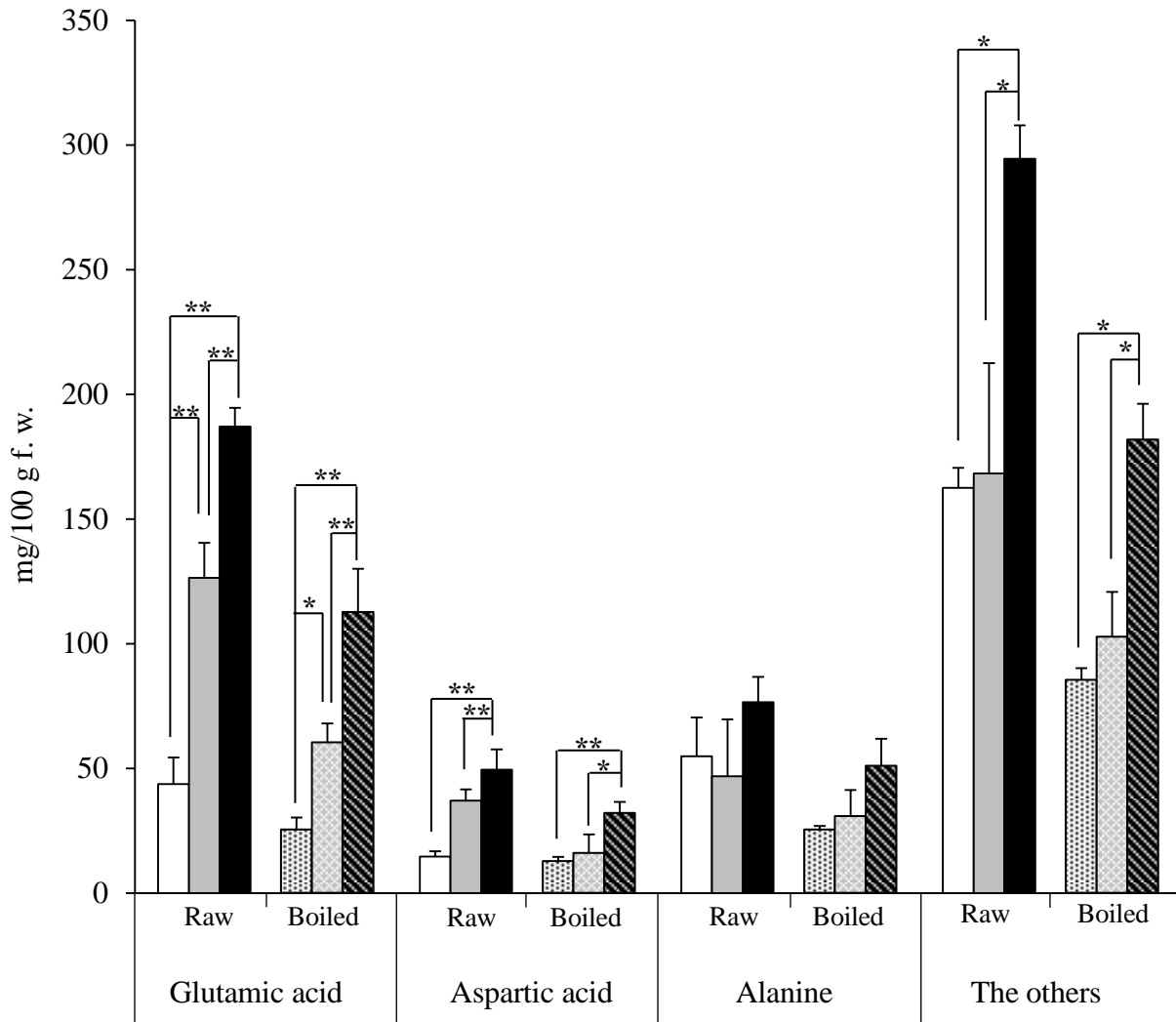


Fig. 3-3. Free amino acid contents of soybean vegetables in three cultivars of “Murasaki-Zukin<sup>®</sup>”.

□: M2-raw; ▨: MU-raw; ■: ST-raw; ▩: M2-boiled; ▪: MU-boiled; ▫: ST-boiled

M2: ‘Murasaki-Zukin 2go’; MU: ‘Murasaki-Zukin’; ST: ‘Shin-Tamba-Guro’

Error bars indicate the standard deviation of three measurements.

Superscript letter indicate the level of significance (\*\* p<0.01, \*p< 0.05).

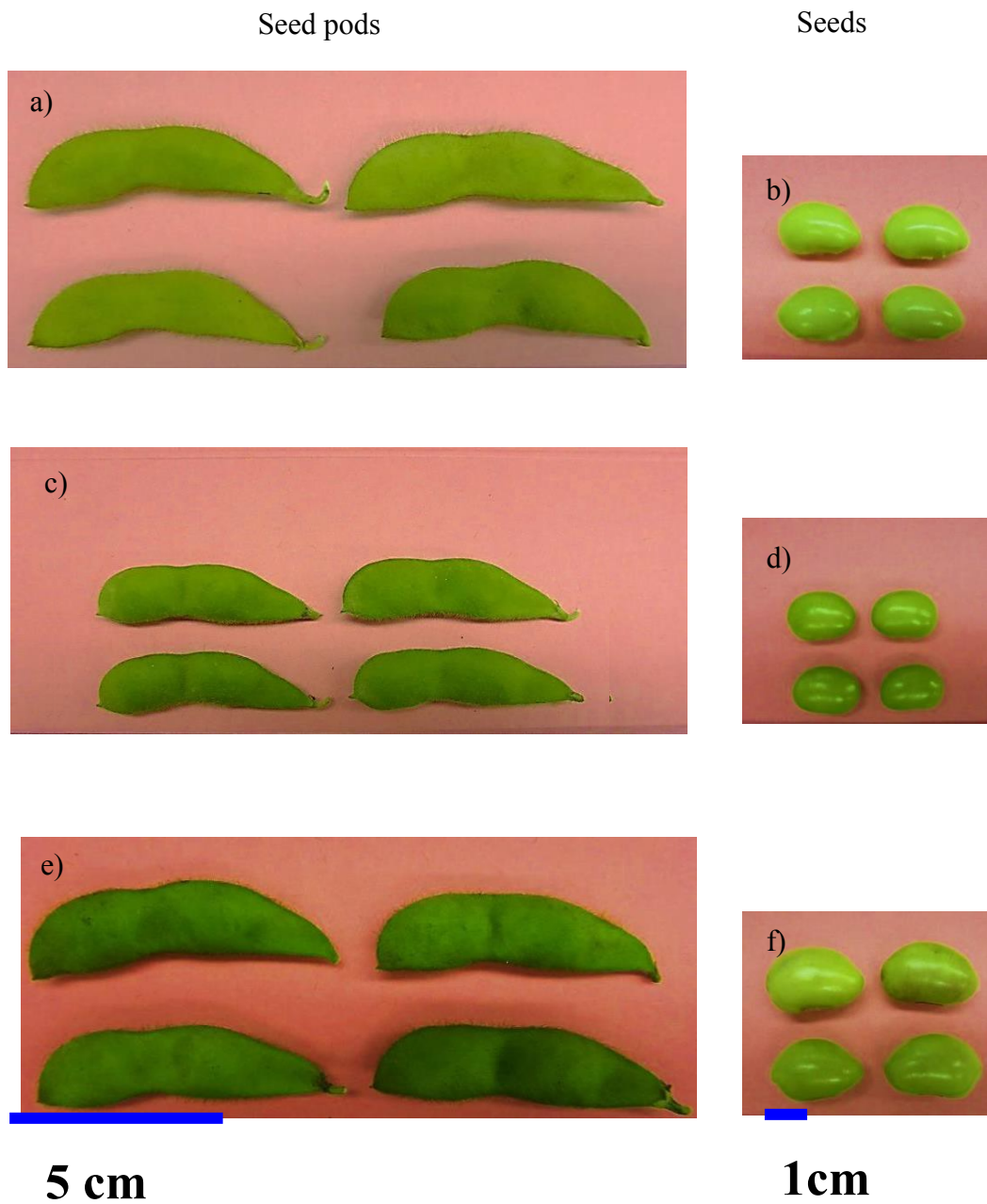
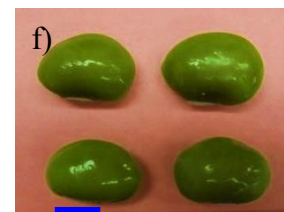
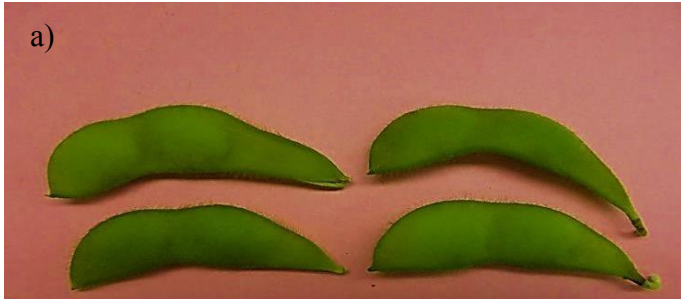


Fig. 3-4. Seed pods and seeds of soybean vegetables  
 a), b): 'Kyo-Shiro-Tamba'; c), d): 'Fuki'; e), f): 'Murasaki-Zukin'

Seed pods

Seeds



**5 cm**

**1cm**

Fig. 3-5. Boiled seed pods and seeds of soybean vegetables  
a), b): 'Kyo-Shiro-Tamba'; c), d): 'Fuki'; e), f): 'Murasaki-Zukin'

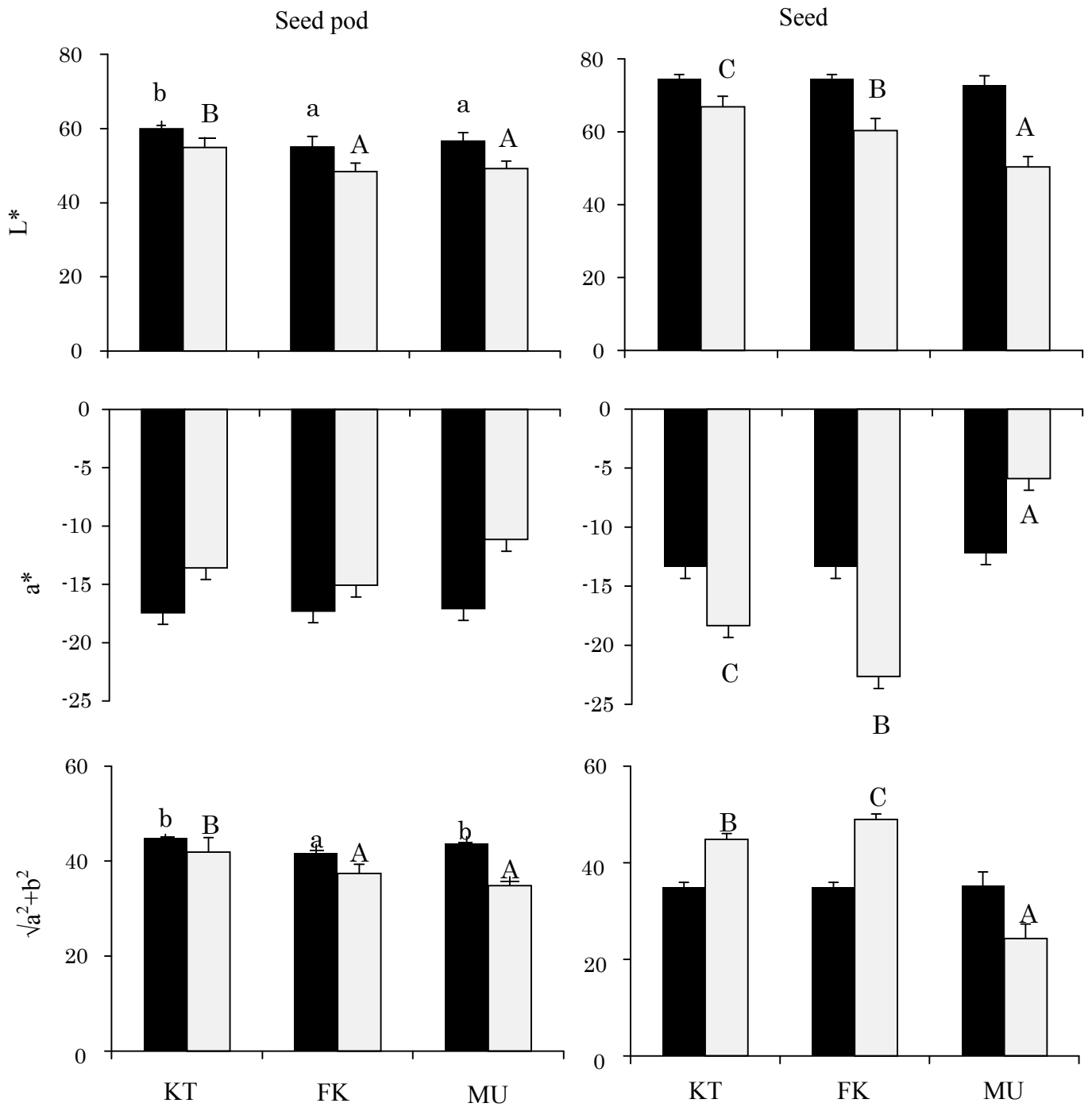


Fig. 3-6. Characterization of color-difference-value of seed pod and seed in soybean vegetable

■: Raw; □: Boiled, KT: 'Kyo-Shiro-Tamba'; FK: 'Fuki'; MU: 'Murasaki-Zukin'

Error bars indicate the standard deviation of eight measurements.

The different small letters indicate statistical significance within raw soybean vegetables, and the different large letters indicate statistical significance within boiled soybean vegetables ( $p < 0.05$ ).

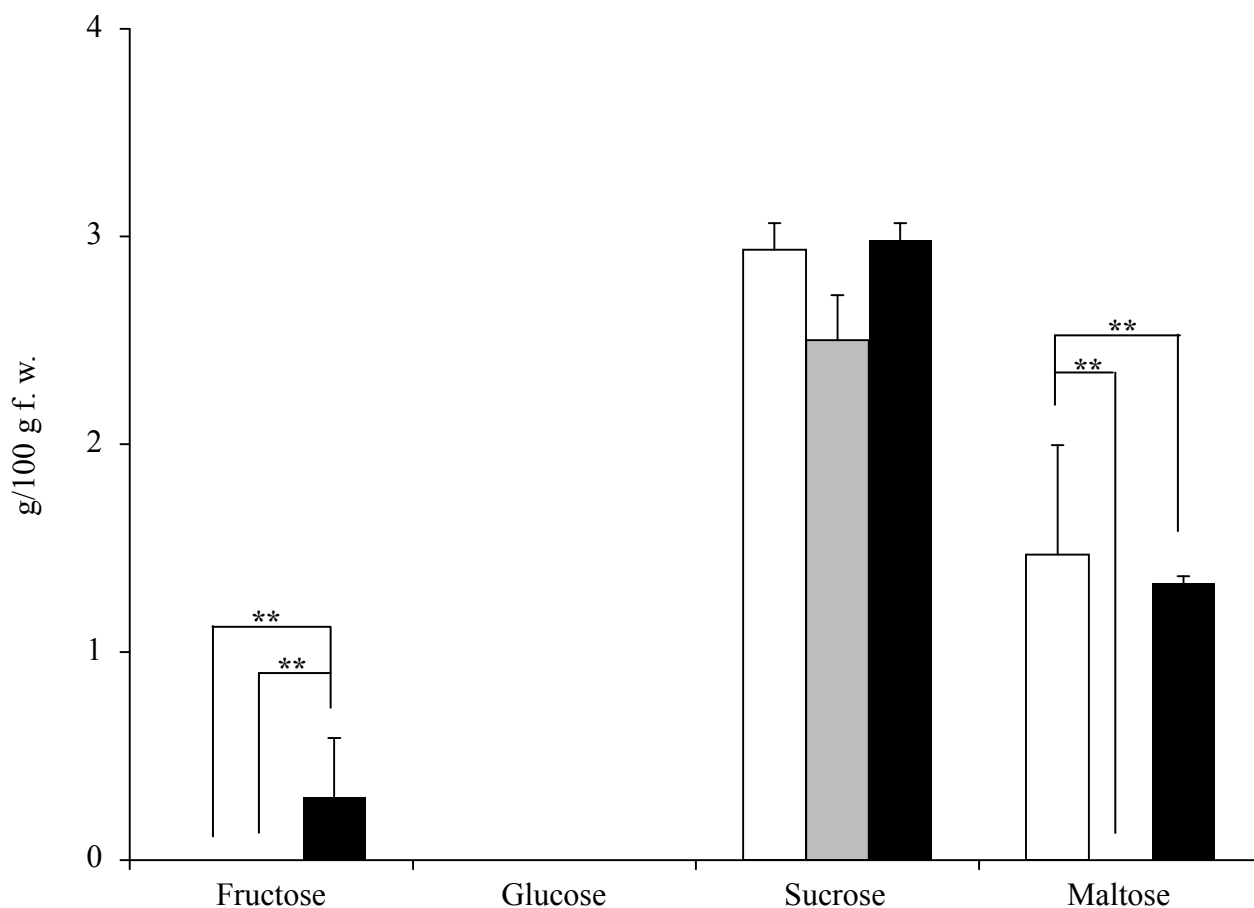


Fig. 3-7. Sugar contents of boiled soybean vegetables in various cultivars.

□: 'Kyo-Shiro-Tamba'; ▒: 'Fuki'; ■: 'Murasaki-Zukin'

Error bars indicate the standard deviation of three measurements.

Superscript letter indicate the level of significance (\*\* p<0.01).



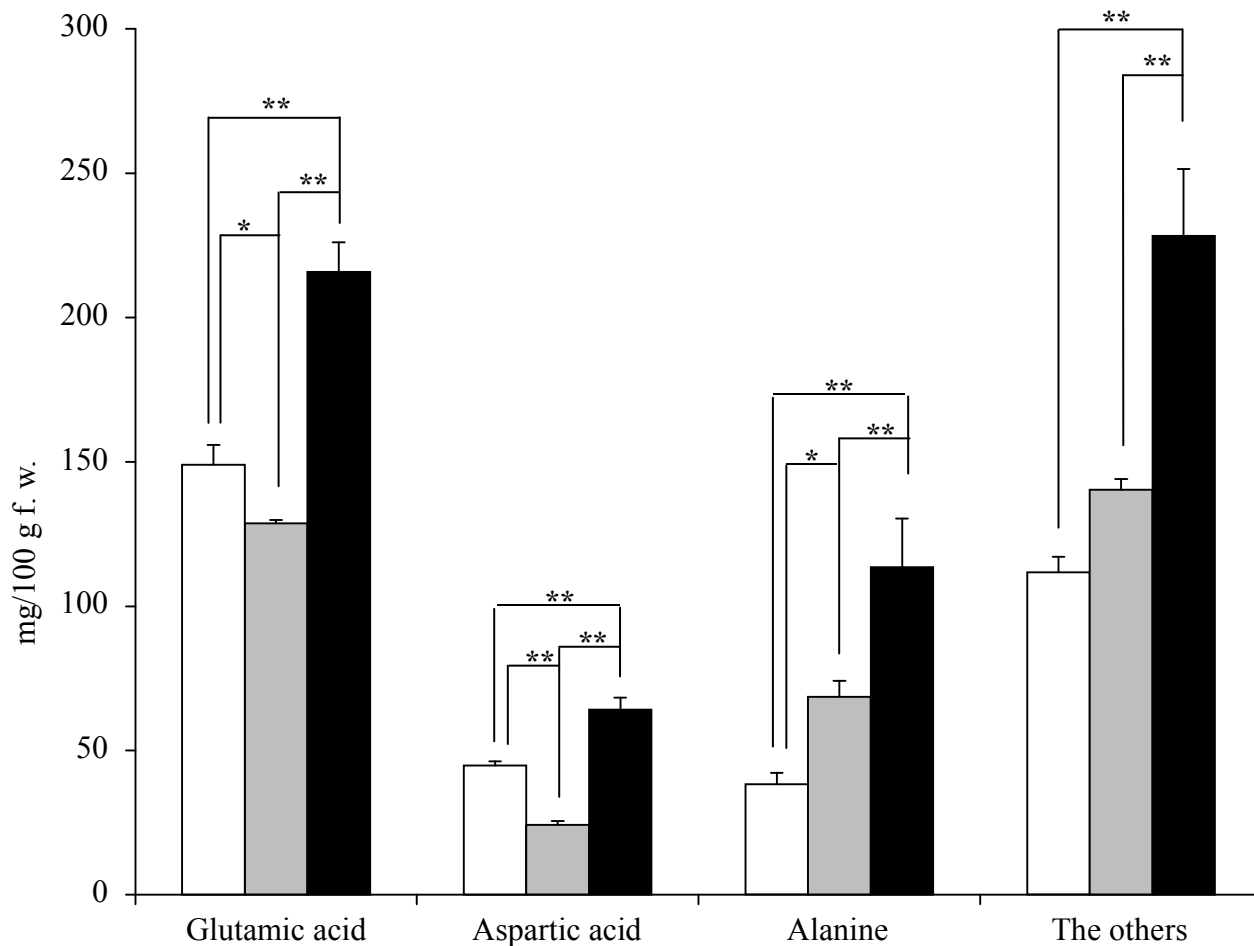


Fig. 3-8. Free amino acid contents of boiled soybean vegetables in various cultivars

□: 'Kyo-Shiro-Tamba'; ■: 'Fuki'; ■: 'Murasaki-Zukin'

Error bars indicate the standard deviation of three measurements.

Superscript letter indicate the level of significance (\*\* p<0.01, \* p<0.05).

Table 3-1. Flowering and Harvesting date of each soybean vegetable

	planting date	Flowering date	Harvesting date
‘Murasaki-Zukin 2go’	23 June	13 July	13 September
‘Murasaki-Zukin’	23 June	21 July	4 October
‘Shin-Tamba-Guro’	23 June	1 August	18 October

Table 3-2. Rheological properties of boiled soybean vegetables

	Seed coat	Breaking Stress (N)	Breaking deformation (mm)	Brittleness Stress (N)	Brittleness deformation (mm)	M-level <sup>2)</sup>
With seed coat	‘Murasaki-Zukin 2go’	3.52±0.25	1.61±0.11	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00	0.95±0.07
	‘Murasaki-Zukin’	3.17±0.29	1.59±0.16	0.36±0.11 <sup>b</sup>	0.30±0.13	1.57±0.36
	‘Shin-Tamba-Guro’	2.82±0.28	1.70±0.12	0.24±0.06 <sup>ab</sup>	0.11±0.04	1.56±0.13
Without seed coat	‘Murasaki-Zukin 2go’	2.24±0.23 <sup>b 1)</sup>	0.93±0.10	0.04±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.76±0.06 <sup>a</sup>
	‘Murasaki-Zukin’	1.87±0.19 <sup>ab</sup>	1.00±0.12	0.44±0.10 <sup>b</sup>	0.18±0.03 <sup>b</sup>	1.21±0.08 <sup>a</sup>
	‘Shin-Tamba-Guro’	1.25±0.20 <sup>a</sup>	0.95±0.12	0.26±0.04 <sup>ab</sup>	0.12±0.03 <sup>b</sup>	1.82±0.27 <sup>b</sup>

Each value is the mean ± standard deviation of eight measurements.

<sup>1)</sup> The different small letters at same lines show significant difference ( $p < 0.05$ ).

<sup>2)</sup> M-level = Breaking deformation/Breaking Stress + Brittleness deformation/Brittleness Stress

Table 3-3. Sensory evaluation of boiled soybean vegetables

	Appearances	Sweetness	Umami	Viscosity	Softness	Overall
‘Murasaki-Zukin 2go’ <sup>1)</sup>	-0.37 <sup>a 2)</sup>	-0.50 <sup>a</sup>	-0.03 <sup>a</sup>	-0.50 <sup>a</sup>	0.57 <sup>b</sup>	-0.45 <sup>a</sup>
‘Murasaki-Zukin’	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>
‘Shin-Tamba-Guro’	1.32 <sup>b</sup>	0.87 <sup>b</sup>	0.87 <sup>b</sup>	0.87 <sup>b</sup>	-1.16 <sup>a</sup>	0.95 <sup>b</sup>

Data were shown as mean value evaluated based on 7-grade scoring method when comparing with those of M2 by 25 panelists.

<sup>1)</sup> As ‘Murasaki-Zukin’ is used as a reference cultivar, the score of each property was shown as 0.

<sup>2)</sup> The different small letters same lines show significant difference ( $p < 0.05$ ).

Table 3-4. Characterization of soybean vegetables

Cultivar	Flowering date	Harvesting date	g f.w./seed pod <sup>1)</sup>	g f.w./grain
‘Kyo-Shiro-Tamba’	9 July	26 September	2.05±0.24	1.02±0.06
‘Fuki’	3 July	10 August	1.31±0.18	0.61±0.05
‘Murasaki-Zukin’	17 July	26 September	2.38±0.25	1.55±0.14

<sup>1)</sup> Each value represents mean ± standard deviation of eight measurements.

The seed pods are weight of pods which contained two seeds per pod.

Table 3-5. Rheological properties of boiled soybean vegetables

	Breaking Stress (N)	Breaking deformation (mm)	Brittleness Stress (N)	Brittleness deformation (mm)	M-level <sup>2)</sup>
‘Kyo-Shiro-Tamba’	4.17±0.65 <sup>ab 1)</sup>	0.87±0.19 <sup>ab</sup>	0.95±0.45	0.18±0.07 <sup>ab</sup>	0.42±0.10 <sup>b</sup>
‘Fuki’	4.88±0.73 <sup>b</sup>	0.74±0.10 <sup>a</sup>	1.05±0.39	0.14±0.07 <sup>a</sup>	0.28±0.04 <sup>a</sup>
‘Murasaki-Zukin’	3.85±0.42 <sup>a</sup>	1.01±0.18 <sup>b</sup>	1.22±0.49	0.24±0.08 <sup>b</sup>	0.48±0.09 <sup>b</sup>

Each value is the mean ± standard deviation of eight measurements.

<sup>1)</sup> The different small letters at same lines show significant difference (p<0.05).

<sup>2)</sup> M-level=Breaking deformation/Breaking Stress + Brittleness deformation/Brittleness Stress

Table 3-6. Sensory evaluation of boiled soybean vegetables

	Color of pod	Sweetness	Umami	Viscosity	Softness	satisfaction	Overall
‘Kyo-Shiro-Tamba’ <sup>1)</sup>	-0.1 <sup>b 2)</sup>	0.3 <sup>a</sup>	0.9 <sup>b</sup>	1.2 <sup>b</sup>	-0.8	0.8 <sup>a</sup>	1.2 <sup>b</sup>
‘Fuki’	0.0 <sup>b</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>	0.0	0.0 <sup>a</sup>	0.0 <sup>a</sup>
‘Murasaki-Zukin’	-1.1 <sup>a</sup>	1.6 <sup>b</sup>	1.8 <sup>c</sup>	1.0 <sup>b</sup>	-0.7	1.7 <sup>b</sup>	2.0 <sup>c</sup>

Data were shown as mean value evaluated based on 7-grade scoring method when comparing with those of ‘Fuki’ by 30 panelists.

<sup>1)</sup> As ‘Fuki’ is used as a reference cultivar, the score of each property was shown as 0.

<sup>2)</sup> The different small letters same lines show significant difference ( $p < 0.05$ ).

## 引用文献

- 阿部利徳, 氏家隆光, 笹原健夫 (2004) 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. 日食科工誌. **51**. 172-176.
- 味の素株式会社 (2003) アミノ酸ハンドブック. 工業調査会, 東京 p.47-48.
- Akazawa Tsuneya, Yanagisawa Yasuhiro and Sasahara Takeo (1997) Concentrations of Water-Soluble Nitrogen and Acids as Criteria for Discriminating Vegetable-type and Grain-type Soybean Cultivars. *Breeding Sci.* **47**. 39-44
- 赤澤経也, 白岩恵美子, 佐藤ノリコ, 笹原健夫 (2002) 貯蔵条件を変えた場合のエダマメ品種の食味・香り・莢色の変動と形質間相関. 日作紀. **71**. 62-67.
- 廣田智子, 福嶋昭, 岩井正志, 曳野亥三夫 (2010) エダマメ新品種「黒っこ姫」「茶っころ姫」の特性. 兵庫農技総セ研報 (農業). **58**. 24-30. 廣田智子, 吉田晋弥, 永井耕介 (2013) 黒ダイズにおける吸水特性及び煮豆の破断特性に及ぼす恒温での浸漬処理の影響. 調理誌. **46**. 179-187
- 加藤寛昭 (2012) 豆類の地域ブランド化による市場基盤の確立への挑戦. 豆類時報告. **67**. 2-6
- 小坂高司, 島原作夫 (1998). 丹波黒 (兵庫県農林水産部). 31-33
- 増田亮一, 橋詰和宗, 金子勝芳 (1988) 冷凍枝豆の食味に及ぼす収穫後の貯蔵時間の影響. 日食工誌. **35**. 763-770
- 増田亮一 (2000) 農業技術大系野菜編 10. 豆類・イモ類・レンコン. 農文協, 東京. p.69
- 村上知子, 蛭田真一, 下村道子, 畑江敬子 (2008) 冷凍保存が黒豆の軟化に及ぼす影響. 調理誌. **41**. 117-125
- 笹原健夫 (2000) 作物としての特性. 農業技術大系野菜編 10. マメ類・イモ類・レンコン. 農文協, 東京. 追録第 25 号 (基) p. 1-14
- 高橋晋太郎 (2004) エダマメの糖類及び遊離アミノ酸の定量分析法. エダマメ研究. **2**. 20-26



## 第4章 エダマメのマルトース生成に及ぼすデンプン特性と $\beta$ -アミラーゼ活性

### 緒言

エダマメの“おいしさ”は、遊離アミノ酸や遊離糖などの呈味成分やテクスチャーなど様々な要因が関与し決定されることを第3章で示した。その中でも、ゆでたエダマメの遊離糖量の約60%を占める(阿部ら, 2004)スクロースは、エダマメの食味に大きく影響を及ぼすことが報告されている(増田, 2003と2004)。しかし、それは収穫後直ちに減少するため流通時のエダマメの品質低下が問題視されている(廣田ら, 2003)。

一方、糊化デンプンに $\beta$ -アミラーゼが作用し生成されるマルトースは、エダマメを加熱中に生成されるため、甘みの補完や増強が期待される。これまでに、晩生品種の丹波黒大豆系エダマメは早生品種に比べてマルトース生成量が多いこと(増田, 2003と2004)が報告されている。また京都府の丹波黒大豆エダマメ「紫ずきん<sup>®</sup>」は‘紫ずきん2号’、‘紫ずきん’、‘新丹波黒’の3品種で構成されるが、その中でもマルトース生成量に差があり(第3章)特に‘紫ずきん2号’のマルトース生成量においては、年次変動が大きい(河合, 2004)こと、また、エダマメの作期をずらして栽培した場合、マルトース生成量が変動することが報告(本庄ら, 2007)されている。調理過程にマルトースがより多く生成されることで食味が向上するが、エダマメの加熱によるマルトース生成に関する研究は増田(2004)の報告のみで他には見当たらない。これまでの報告によれば、品種によるマルトース量の差異はデンプンの糊化温度のみに影響されることが言われ、糊化デンプンを分解する $\beta$ -アミラーゼに関する報告は見当たらない。しかし、 $\beta$ -アミラーゼは生デンプンには作用しないため、エダマメを加熱するときのマルトース生成量は $\beta$ -アミラーゼ活性とデンプンの糊化度の二つの面から考えることが必要である。

そこで本章では、丹波黒大豆系品種を含めたエダマメを材料とし、マルトース生成量に影響を及ぼす $\beta$ -アミラーゼ活性やデンプンの量および糊化温度の品種間差異について検討した。

## 試料および方法

### 1) 試料

2011年に京都府農林水産技術センター・生物資源研究センター（京都府相楽郡精華町）のは場で栽培された未熟大豆子実（エダマメ）7品種を用いた（Table 4-1）。黒大豆系品種として‘紫ずきん 2号’，‘紫ずきん’，‘新丹波黒’，‘玉大黒’，子実用黄大豆の‘京白丹波’，‘オオツル’，黄大豆エダマメ品種の‘富貴’を用いた。本実験で‘京白丹波’（Fig. 4-1）は，丹波黒の形質を引き継ぐことから丹波黒大豆系の品種とした。‘富貴’は開花後約40日，それ以外のエダマメは開花後約60日を収穫適期とし，16株からランダムに約60莢を速やかに収穫・脱莢し，生エダマメは莢付きのまま $-80^{\circ}\text{C}$ で1週間冷凍後，実験に供すまで $-30^{\circ}\text{C}$ で冷凍保存した。ゆでエダマメは，丹波黒大豆系品種（5品種）は沸騰後10 min，それ以外（2品種）は6 min ゆで加熱し， $-80^{\circ}\text{C}$ で冷凍後，実験に供するまで $-30^{\circ}\text{C}$ で冷凍保存した。また，各生エダマメの莢および子実の大きさの把握は2粒莢を3反復，子実の重量を6反復測定し平均値を示した。

### 2) 遊離糖の分析

呈味に關与する遊離糖の分析は，生およびゆでエダマメ約3gに8倍量の80%エタノールを加え1 min 粉碎抽出し，遠心分離（6000 rpm,  $4^{\circ}\text{C}$ , 5min/TOMY TMA-27 ローター）し沈殿物に再度8倍量の80%エタノールを加えて攪拌抽出後，遠心分離して上清（遊離糖抽出液）を得た。抽出液をメンブランフィルター（ $0.45\ \mu\text{m}$ ）で濾過し，分析用サンプルとした。遊離糖は，HPLC（1260 Infinity/Agilent technology，カラム：Asahipak NH2P-50 4E（4.6 mm I.D.  $\times$  250 mm）/Shodex，ガードカラム：Asahipak NH2P-50G（4A. 4.6 mm I.D.  $\times$  10 mm）/Shodex，カラム温度  $40^{\circ}\text{C}$ ，検出器：1260 RID/Agilent technology）を用いて分析した。移動相は，70%アセトニトリル（流速  $1.0\ \text{ml/min}$ ）を用いて分離した。標品としてフルクトース，グルコース，スクロースおよびマルトース（和光特級/Wako）を使用し，各遊離糖の含量に関する検量線を作成して4種類の糖の定量に用いた。計測は3反復行った。

### 3) $\beta$ -アミラーゼの測定

$\beta$ -アミラーゼの活性はBETAMYL-3<sup>®</sup>キット/Megazyme を用いて測定を行った。生のエダマメ約 0.5 g に 1 M トリス-塩酸緩衝液 (pH8.0, 20 mM エチレンジアミン四酢酸 (EDTA), 0.02%アジ化ナトリウム含む) を加えホモゲナイズし室温で 1 hr 攪拌抽出した。その後懸濁液を遠心分離 (15000 rpm, RT, 10 min/TOMY TMA-29 ローター) し, 得られた上清を粗酵素液とした。粗酵素液に 0.1 M 2-メルホリノエタンスルホン酸・一水和物 (MES) 緩衝液 (pH6.2, 1.0 mg/ml BSA と 0.02%アジ化ナトリウム含む) を加えて希釈した。そのうち 100  $\mu$ l を分取し, 基質として 1 mM *p*-ニトロフェニルマルトトリオースを加えの中で 40, 60, 65, 70, 75°C の各温度にて 10 min 反応させた。その後 1% (w/v) Trizma base を加えて反応を停止し, 400nm の吸収を測定した。結果は, 1 min に 1 mM の基質から 1  $\mu$ mol の *p*-ニトロフェノールが解離した量を 1 unit とし, エダマメ 1 g あたりに換算し比較した。なお, 抽出した粗酵素液は, 分析に用いるまで-30°C の冷凍庫で保存し, 測定は 3 反復行った。

### 4) デンプンの定量

McCready ら (1950) の方法を改変し行った。生エダマメを凍結乾燥後粉碎したものに 80%エタノールを加え遠心分離 (6000 rpm, 4°C, 5 min/TOMY TMP-29 ローター) 後, 再び沈殿物に 80%エタノールを加え計 4 回遊離した糖を除去した。その後, 沈殿物 (アルコール不溶性固形物) に水を加え, デンプンを糊化するために沸騰浴水中で 15 min 加熱した。そこへ 52%過塩素酸を加え加水分解させ, これを計 2 回行った。遠心分離 (4000 rpm, RT, 10 min) 後, 上清をフェノール硫酸法 (Dubois *et al.*, 1956) にて糖量を測定した。デンプン量は, それに 0.9 を乗じて求めた。測定は 3 反復行った。

### 5) デンプンの分画

デンプンの分画は, Matsunaga ら (2003) の方法を改変して行った。エダマメを 10 倍量の 0.05 M 水酸化ナトリウム中で粉碎し, 除タンパクした。その後, 沈殿物を蒸留水に懸濁させ 1 hr 攪拌させた。沈殿物に再び蒸留水を加え 0.1 M の塩酸で中和した後そのまま攪拌を 1 hr 行い遠心分離 (5500 $\times$ g (5441 rpm), RT, 10

min/BECKMAN JLA-10,500 ローター) した。その後、沈殿物を蒸留水に懸濁させ攪拌 (30 min, 5 回) し洗淨して 355 メッシュ (42  $\mu\text{m}$ /東京スクリーン) に通し、30°C のオーブン (DRYING OVEN Mov-112/SANYO) で 24 hr 乾燥させた後、200 メッシュ (75  $\mu\text{m}$ /東京スクリーン) で篩い、単離デンプンとした。

#### 6) デンプンの糊化温度の測定

単離デンプン 4 mg および蒸留水 20  $\mu\text{l}$  をサンプルパン (AL HERMETIC PAN/SHIMADZU) に封入し、示差走査熱量計 (DSC-60/SHIMADZU) を用いて分析した。昇温速度は 2°C/min とし、20°C~100°C の温度域を測定した。対照として蒸留水 20  $\mu\text{l}$  をサンプルパンに注入したものを用いた。DSC (示差走査熱量計) の特性値として糊化の開始温度 ( $T_0$ )、ピーク温度 ( $T_p$ )、糊化終了温度 ( $T_c$ ) を求めた。

#### 7) 統計解析

エクセル統計 (Statcel 3 アドインソフト/OMS) を用い、有意差検定を行った。品種間におけるマルトース量および  $\beta$ -アミラーゼ活性、デンプン含量、デンプンの糊化温度について、一元配置分散分析後、Tukey-Kramer の多重比較検定を行った。

## 結果

### 1) エダマメの栽培および品種特性

7品種の莢の写真を Fig.4-1 に、各品種の開花期、収穫期および、エダマメの莢、子実重量を Table 4-1 に示した。

播種日は7品種とも同日の6月23日だが、開花および収穫時期が品種により異なった。開花期は早い順に‘富貴’、‘玉大黒’、‘京白丹波’、‘紫ずきん2号’、‘オオツル’、‘紫ずきん’、‘新丹波黒’だった。収穫日は、早い順に‘富貴’、‘玉大黒’、‘紫ずきん2号’、‘オオツル’、‘京白丹波’=‘紫ずきん’、‘新丹波黒’だった。早生品種の‘富貴’と晩生品種の‘新丹波黒’の開花期は24日異なり、収穫日はさらに差が開き両者の差は42日だった。

次に、子実重量を比較すると、‘新丹波黒’>‘紫ずきん’>‘紫ずきん2号’>‘京白丹波’>‘玉大黒’>‘富貴’>‘オオツル’の順で重く、各エダマメ重量は1.49 g~0.49 g と大きな幅がみられた。莢重量は‘紫ずきん’>‘新丹波黒’>‘紫ずきん2号’>‘京白丹波’>‘玉大黒’>‘富貴’>‘オオツル’の順で重かった。丹波黒大豆系品種のエダマメの莢および子実重量は他の黄大豆品種よりも重く、特に‘新丹波黒’の子実重量は黄大豆枝豆品種の‘富貴’の2倍以上の重量だった。

### 2) エダマメの遊離糖量 生およびゆでエダマメの呈味に關与する遊離糖の結果

を Fig. 4-2 に示した。生エダマメの主要糖はスクロースで全遊離糖の約90%を占めており、その他グ

ルコースとフルクトースが「紫ずきん<sup>®</sup>」3品種と‘富貴’で認められた。全遊離糖量 (g/100 g f. w.) は‘富貴’ (4.20) > ‘新丹波黒’ (3.02) > ‘紫ずきん2号’ (2.89) > ‘オオツル’ (2.78) > ‘紫ずきん’ (2.46) > ‘玉大黒’ (2.20) > ‘京白丹波’ (2.05) の順となった。ゆで操作により主要糖のスクロースはゆで水中に約10~20%流亡したものの、‘富貴’以外ではマルトース (g/100g f. w.) が1 g 前後 (‘新丹波黒’: 1.52, ‘京白丹波’: 1.33, ‘オオツル’: 1.11, ‘紫ずきん’: 1.08, ‘紫ずきん2号’: 0.95, 玉大黒: 0.91) 生成され、全遊離糖の30~40%を占め全遊離糖量は加熱後に増加した。‘新丹波黒’および‘京白丹波’は他品種に比べマルトース生成量が ( $p<0.05$ ) に高かった。その結果、ゆでエダマメの全遊離糖量 (g/100g f. w.) は、

‘新丹波黒’ (4.26) > ‘オオツル’ (3.74) > ‘紫ずきん 2 号’ (3.59) > ‘紫ずきん’ (3.53) > ‘京白丹波’ (3.26) > ‘富貴’ (3.15) > ‘玉大黒’ (2.84) となった。

### 3) $\beta$ -アミラーゼ活性

温度変化に伴う  $\beta$ -アミラーゼ活性を、品種ごとに比較し Fig. 4-3 に示した。今回供試したエダマメの  $\beta$ -アミラーゼ活性は、温度が上昇するにつれ活性は増加しいずれも 65°C で最大値を示した後 70°C から減少し始め 75°C では急激に減少する熱依存性が認められた。また品種間で強度の差が認められ、最大値を示した 65°C の活性を比較したところ最も高い活性を示したのは、黄大豆子実用品種のオオツル (470 U/g f. w.) であり、その次に丹波黒と黄大豆の交配品種の‘玉大黒’ (295 U) と‘京白丹波’ (290 U) であった。その次に、丹波黒大豆系品種の紫ずきん 3 品種 (‘新丹波黒’: 250 U, ‘紫ずきん 2 号’: 241 U, ‘紫ずきん’: 240 U) の活性が高く、それらの中で大きな差は認められなかった。最も低い活性を示したのは、黄大豆エダマメ品種の‘富貴’ (201 U) だった。

### 4) デンプン含量と糊化温度

デンプン含量を Fig. 4-4 に示した。丹波黒は、高デンプン高残糖型<sup>3)</sup>といわれているが、本実験供した‘新丹波黒’のデンプン含量が最も高かったもの、‘新丹波黒’ (5.3g/100g f. w.) > ‘紫ずきん 2 号’ (4.74) > ‘オオツル’ (4.65) > ‘玉大黒’ (4.03) > ‘紫ずきん’ (3.99) > ‘富貴’ (3.93) となり、丹波黒大豆系品種の‘玉大黒’、‘紫ずきん’は黄大豆の‘富貴’とほぼ同等であり、マルトース生成量とデンプン含量の相関は認められなかった (R=0.23)。

次に、エダマメの単離デンプンの糊化特性について DSC 測定を行い、Table 4-2 に示した。どの品種においても単一ピークをもつ曲線が得られた。糊化開始温度、ピーク温度、糊化終了温度共に品種間で差が認められ、最も糊化温度が低い品種は‘新丹波黒’であり、その糊化ピーク温度 (57.5°C) に比べ‘富貴’ (73.4°C) は有意に ( $p<0.05$ ) 約 16°C 高かった。「紫ずきん<sup>®</sup>」3 品種においても糊化温度に有意な差が認められた。‘紫ずきん 2 号’と‘紫ずきん’は糊化開始温度に有意な差が認められなかったが、糊化終了温度は‘紫ずきん 2 号’の方が有意に ( $p<0.05$ ) 4.5°C 高かった。

## 考察

本章においてエダマメを煮熟した際に、主要糖であるスクロースは約 80%に減少（‘新丹波黒’：87%，‘富貴’：77%）したが、丹波黒大豆系エダマメは加熱中にマルトースが 1 g/100g f. w.前後生成され、増田の報告（2004）と同様に高マルトース型であった。一方、‘富貴’はマルトースが全く検出されなかったが、供試品種の中ではスクロース含量が最も高く高スクロース型だった。マルトースの甘味度は、スクロースに比べ 3 割～6 割程度（南出と大谷，2000）であるため、試料を甘味度で評価した場合糖量が同等ならスクロースよりマルトースの割合が高い方が甘味度は低くなる（犬飼と松林，2007；増田ら，2007）。しかし、マルトースは、スクロースよりまろやかな甘みを有する（高橋，1980；堺，1981）上、主要糖が 2 種以上存在することで相乗効果により甘味が強化される。また、前述の通りスクロースは収穫後直ちに減少するが、マルトース生成量の保存による減少はごくわずかである（Sugimoto *et al.*, 2010）ことから、丹波黒大豆系エダマメがもつマルトース生成能は甘味の補完および増強に大きな効果を与える。

加熱過程でマルトースが生成されるには、耐熱  $\beta$ -アミラーゼの存在が不可欠であり、その存在は甘藷でよく知られている。その  $\beta$ -アミラーゼの最適温度は 40°C（小倉ら，2001）と低いが、甘藷の可食部は大きく厚い故に失活するまでに糊化が始まりマルトースを多量に生成する（桐淵と久保田，1976）。それに比べ、調理過程で中心部まで急激に温度上昇するエダマメがマルトースを生成できるのは、本研究で示したように  $\beta$ -アミラーゼの最適温度が 65°C と高く、耐熱性に優れるためといえる。大豆子実に含まれるアミラーゼは、 $\alpha$  型よりも  $\beta$  型が圧倒的に多く（河野ら，2011）、エダマメにおいても甘藷（片山ら，2009）と同様に  $\beta$ -アミラーゼ活性の強さの差が品種間で認められた。増田（2004）はエダマメの場合、品種によるマルトース生成量の差は  $\beta$ -アミラーゼ活性やその耐熱性の差異ではなく、主として基質となるデンプンの糊化温度にある（増田，2003 と 2004）と報告している。本研究においても、「紫ずきん<sup>®</sup>」3 品種は、 $\beta$ -アミラーゼ活性の強さに大きな差は認められず、糊化温度が低いほどマルトース生成量が高くなり、糊化温度の差異がマルトース生成量の差に結びついたといえる。一方、‘京白丹波’は‘新丹波黒’より糊化温度が 10°C 高いにも関わらず、両者のマルトース生成量は同等

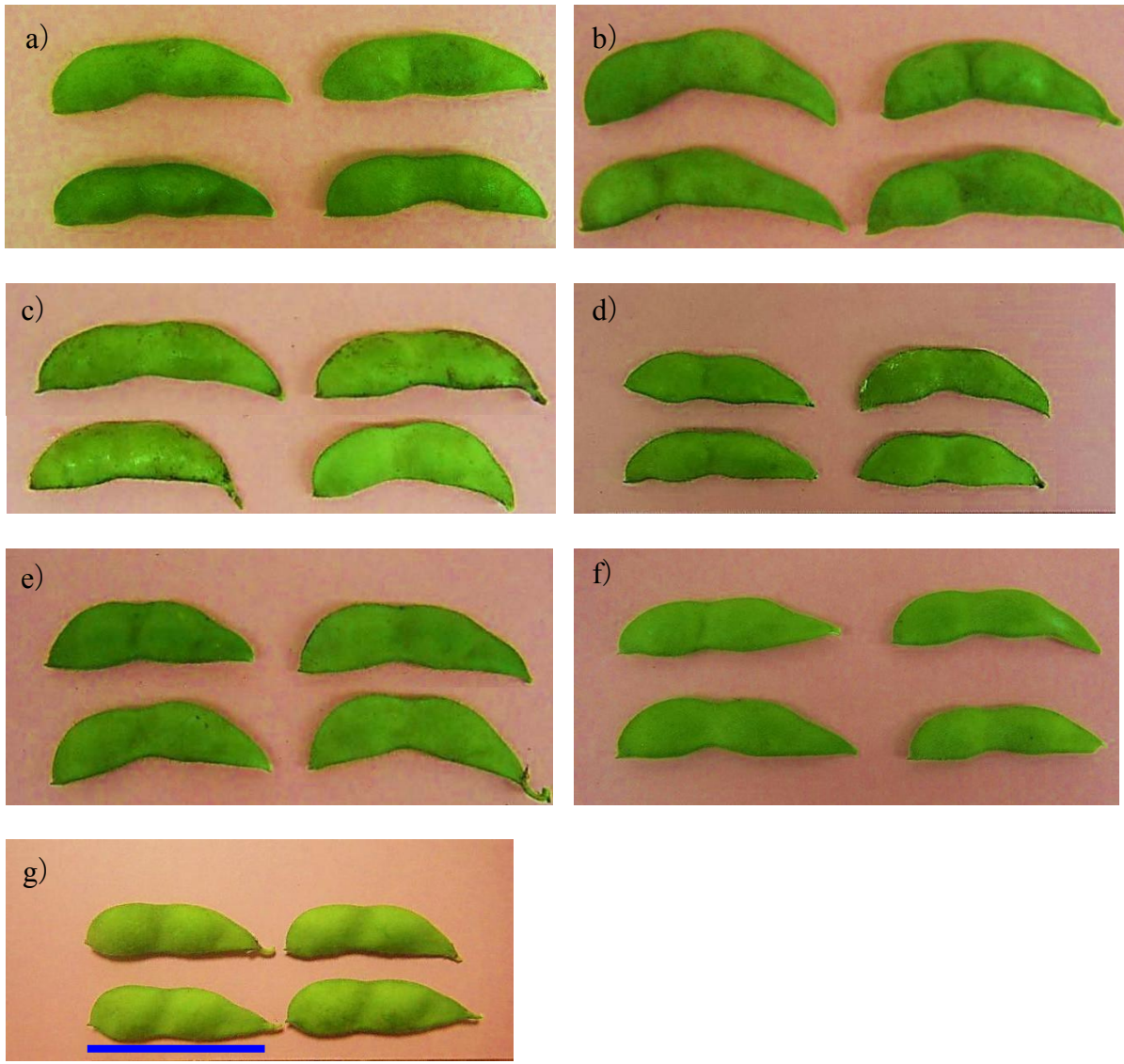
だった。また、‘京白丹波’は糊化温度がほぼ同じレベルの‘紫ずきん’に比べてマルトース量が有意に ( $p<0.05$ ) 高いことから、‘京白丹波’は‘新丹波黒’や‘紫ずきん’よりもエダマメ重量あたりの  $\beta$ -アミラーゼ活性が高いためと考えられた。エダマメにおけるマルトース生成量は糊化温度だけでなく  $\beta$ -アミラーゼ活性の影響も受けていることが示唆された。本研究では、測定したデンプン特性や  $\beta$ -アミラーゼ活性はエダマメから抽出したサンプルを用いたが、これらが複雑な組織を持ち多成分系よりなるエダマメ中の挙動すべてを反映するとは限らない。‘紫ずきん’と‘オオツル’では、糊化温度に差異はなく、 $\beta$ -アミラーゼ活性 (65°C) は‘オオツル’が‘紫ずきん’の 2 倍以上高いにも関わらず、マルトース生成量は同等だった。これは、エダマメの莢や粒の大きさの違いなどが、加熱中のマルトース生成に関与したと推察された。

本研究において、エダマメにおける品種間のマルトース生成量の違いは、糊化温度と  $\beta$ -アミラーゼ活性の強度の両者が関与していることを明らかにした。特に‘新丹波黒’は、うま味や甘味だけでなく、大粒で特徴的なテクスチャーをもつことから食味特性が高く、低い温度で糊化するデンプンに耐熱  $\beta$ -アミラーゼが働くためマルトース生成能が高く、エダマメとして優れた特性を有することが明らかとなった。他の丹波黒大豆系エダマメもマルトース生成能が高いことを明らかにしたが、「紫ずきん<sup>®</sup>」を構成する 3 品種のうち、収穫時期が最も早い‘紫ずきん 2 号’は、マルトースが生成されない場合がある (第 3 章第 1 節)。その要因は、‘紫ずきん 2 号’の登熟期間の温度条件等が年次変動を受けやすいことが一因と考えられる (増田, 2003 ; 本庄ら, 2007 ; 野村ら, 2013)。今後、「紫ずきん<sup>®</sup>」の品質向上のためにはその要因の詳細な検討が必要である。



## 摘要

エダマメの食味について加熱時に生成されるマルトースに着目し、エダマメ 7 品種を試料とし検討を行った。生エダマメでは、呈味に関わる全遊離糖量のうちスクロースが大半（約 90%）を占めるが、エダマメを食す際はスクロースだけでなくマルトースも美味しさ（甘味）に寄与し、マルトース生成量は  $\beta$ -アミラーゼ活性とデンプンの糊化温度の両者が関与し決定することが示された。エダマメ 7 品種のうち、‘新丹波黒’は糊化温度が 55°C と非常に低いためマルトース生成量は最も多いが、‘富貴’は  $\beta$ -アミラーゼ活性が最も低く糊化温度が非常に高い（70°C 以上）ため加熱時にマルトースを生成しなかった。エダマメの美味しさの一つの要因として、スクロースとマルトースの量や組成による甘さであることが示唆された。



5 cm

Fig. 4-1. Seed pod of each soybean vegetable.

- a): 'Murasaki-Zukin 2go'; b): 'Murasaki-Zukin'; c): 'Shin-Tamba-Guro'; d): 'Tamadaikoku';  
 e): 'Kyo-Shiro-Tamba'; f): 'Otsuru'; g): 'Fuki'

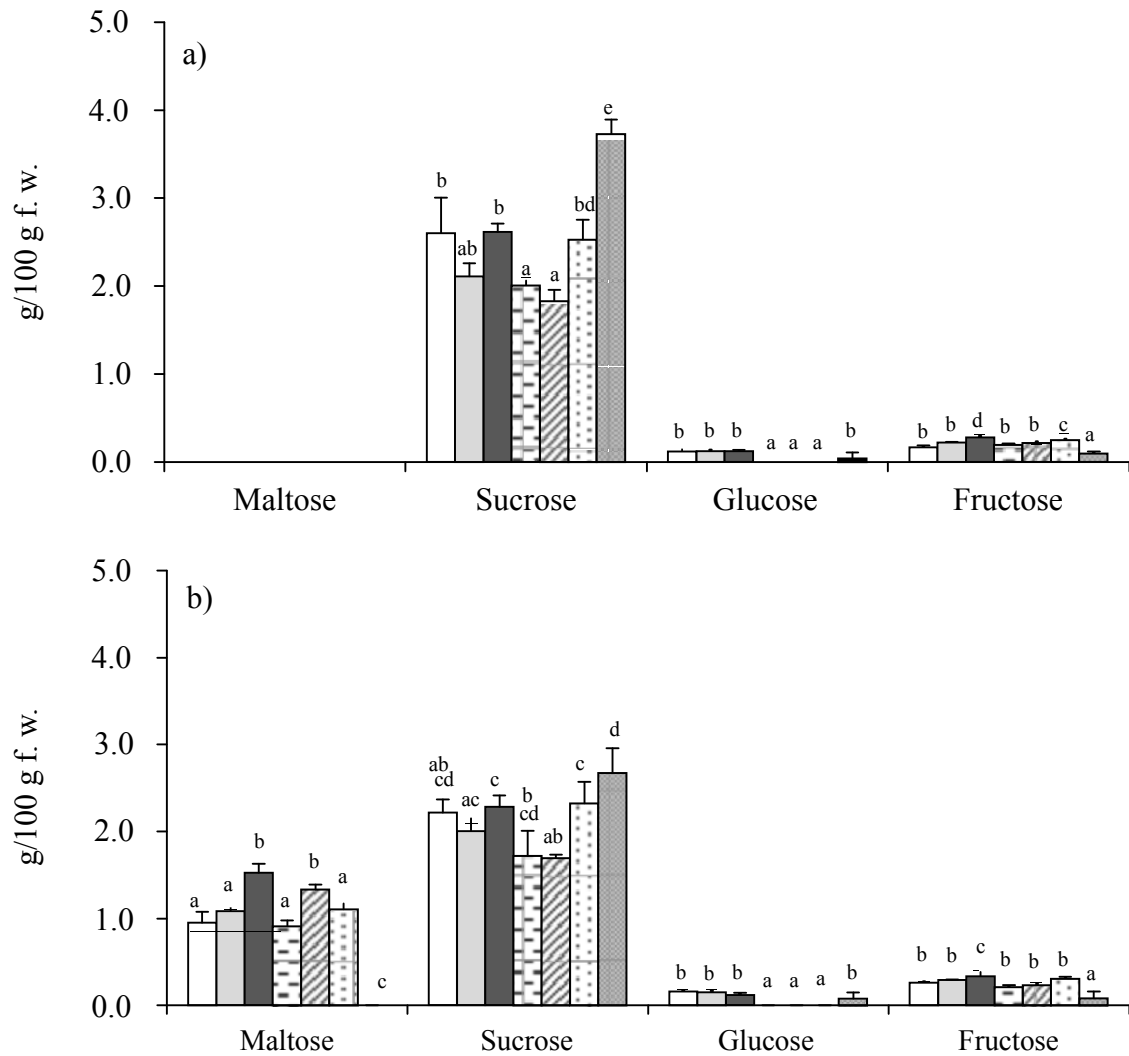


Fig. 4-2. Sugar contents of soybean vegetables in various cultivars.

a) Raw seeds and b) Boiled seeds

Error bars indicate the standard deviation of three measurements.

□ M2 (Murasaki-Zukin 2go); □ MU (Murasaki-Zukin); ■ ST (Shin-Tamba-Guro);

▨ TD (Tamadaikoku); ▩ KT (Kyo-Shiro-Tamba); ▤ OT (Otsuru); ▧ FK (Fuki)

The different letters within raw and boiled soybean vegetables indicate statistical significance in each sugar ( $p < 0.05$ ).

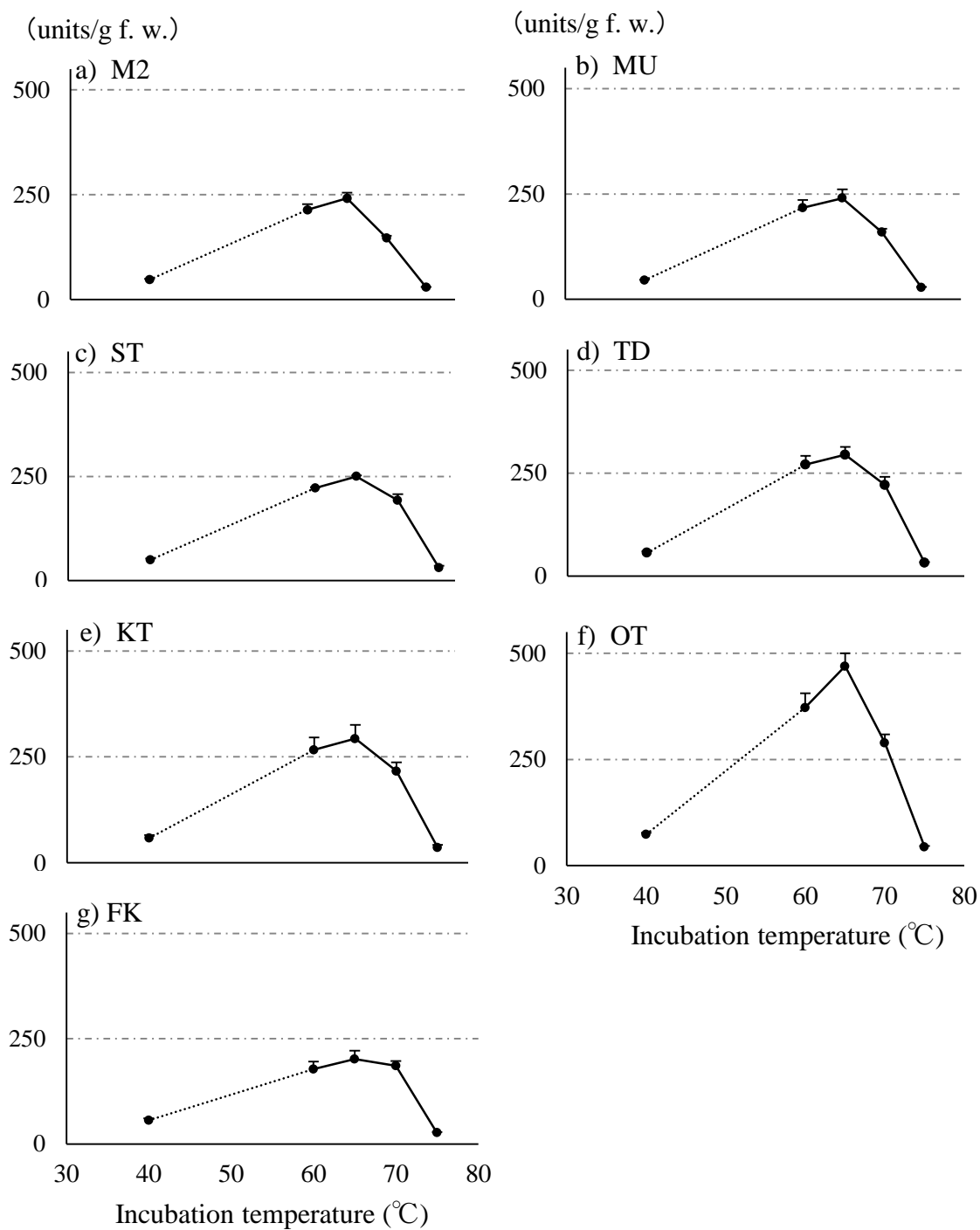


Fig. 4-3. Total activities of  $\beta$ -amylase per 1g f. w. of soybean vegetable at various temperatures. One unit of enzyme activity was defined to  $1\mu\text{M}$  of *p*-nitrophenol from  $1\text{mM}$  of PNP $\beta$ -G3 in 1min. M2: 'Murasaki-Zukin 2go'; MU: 'Murasaki-Zukin'; ST: 'Shin-Tamba-Guro'; TD: 'Tamadaikoku'; KT: 'Kyo-Shiro-Tamba'; OT: 'Otsuru'; FK: 'Fuki' Error bars indicate the standard deviation of three measurements.

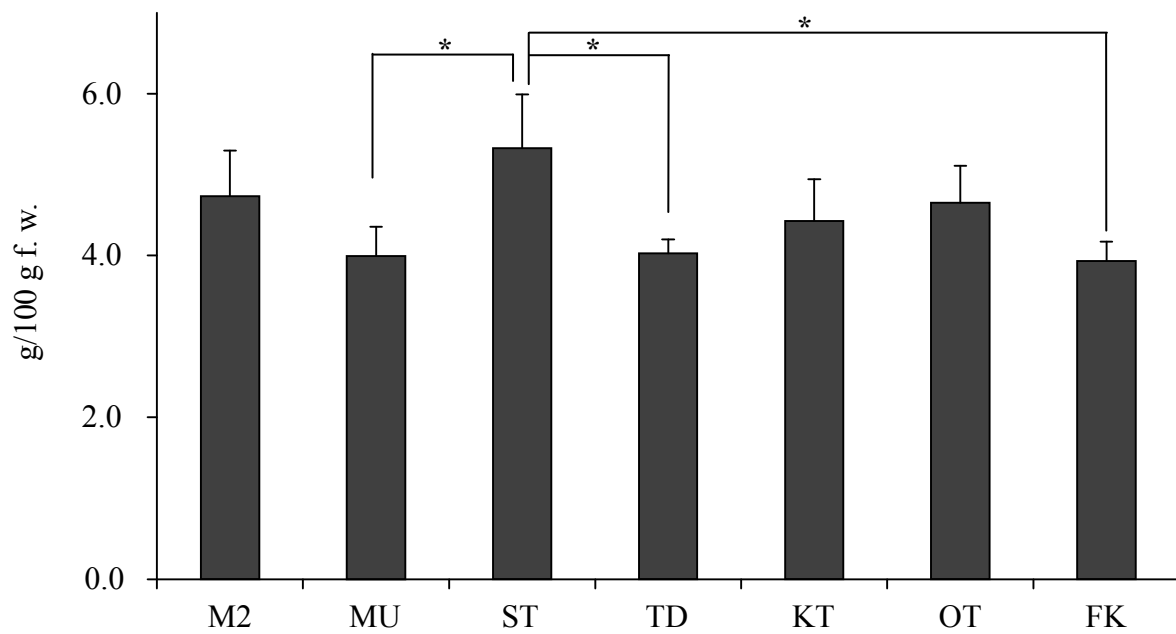


Fig.4-4. Starch content in soybean vegetable cultivars.

M2: 'Murasaki-Zukin 2go'; MU: 'Murasaki-Zukin'; ST: 'Shin-Tamba-Guro';

TD: 'Tamadaikoku'; KT: 'Kyo-Shiro-Tamba'; OT: 'Otsuru'; FK: 'Fuki'

Error bars indicate the standard deviation of three measurements.

Superscript letter indicate the level of significance (\* p<0.05).

Table 4-1. Characterization of soybean vegetables

Seed color	Brand name	Cultivar <sup>1)</sup>	Flowering date	Harvesting date	g f.w./seed pod <sup>2)</sup>	g f.w./grain
Black soybean	Murasaki-Zukin <sup>®</sup>	M2	21 July	10 September	1.79±0.13	1.14±0.12
		MU	27 July	26 September	2.39±0.06	1.39±0.13
		ST	6 August	11 October	2.25±0.03	1.49±0.09
		TD	16 July	9 September	1.38±0.12	0.79±0.06
Yellow soybean (grain-type)		KT	19 July	26 September	1.61±0.15	0.91±0.05
		OT	24 July	22 September	0.80±0.02	0.49±0.05
		FK	13 July	30 August	1.16±0.06	0.59±0.07
" (vegetable-type)						

<sup>1)</sup> Abbreviations are shown following the name of each cultivar.

M2: 'Murasaki-Zukin 2go'; MU: 'Murasaki-Zukin'; ST: 'Shin-Tamba-Guro';

TD: 'Tamadaikoku'; KT: 'Kyo-Shiro-Tamba'; OT: 'Otsuru'; FK: 'Fuki'

<sup>2)</sup> Each value represents mean ± standard deviation.

The seed pods are weight of pods which contained two seeds per pod

Table 4-2. Gelatinization properties of starch by DSC in different cultivars

Cultivar <sup>1)</sup>	Endothermic transition (°C)		
	T <sub>o</sub> <sup>2)</sup>	T <sub>p</sub>	T <sub>e</sub>
M2	62.7±0.4 <sup>bde</sup>	69.4±0.7 <sup>e</sup>	75.1±0.3 <sup>g</sup>
MU	61.2±0.3 <sup>bcf</sup>	65.8±0.5 <sup>bc</sup>	71.6±0.6 <sup>bd</sup>
ST	55.2±0.2 <sup>a</sup>	57.5±0.2 <sup>a</sup>	61.9±0.5 <sup>a</sup>
TD	64.9±1.0 <sup>h</sup>	68.3±1.1 <sup>e</sup>	73.4±0.9 <sup>deg</sup>
KT	61.2±0.5 <sup>cdg</sup>	65.8±0.1 <sup>bd</sup>	71.8±0.5 <sup>bcf</sup>
OT	61.7±0.6 <sup>efg</sup>	66.7±0.3 <sup>cd</sup>	72.0±0.6 <sup>def</sup>
FK	69.5±0.2 <sup>i</sup>	73.4±0.1 <sup>f</sup>	77.2±0.3 <sup>h</sup>

<sup>1)</sup> M2: ‘Murasaki-Zukin 2go’; MU: ‘Murasaki-Zukin’; ST: ‘Shin-Tamba-Guro’; TD: ‘Tamadaikoku’; KT: ‘Kyo-Shiro-Tamba’; OT: ‘Otsuru’, FK: ‘Fuki’

<sup>2)</sup> Each value represents mean ± standard deviation of there measurements. The different small letters within a column indicate statistical significance (p<0.05).

## 引用文献

- 阿部利徳, 氏家隆光, 笹原健夫 (2004) 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. 日食科工誌. **51**. 172-176
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA. and Smith F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances, Anal Chem. **28**. 350-356
- 廣田智子, 田畑広之進, 福嶋 昭, 井上喜正・中川勝也 (2003) 丹波黒大豆冷凍エダマメの品質に及ぼす収穫後の保存状態. 日食保蔵科誌. **29**. 11-16
- 本庄 求, 篠田光江, 武田 悟, 田口多喜子 (2007) エダマメ新品種‘あきた香り五葉’の作期による内部品質と食味官能の違い. 東北農業研究. **60**. 189-190 犬飼義明, 松林隆宗, 芝山秀次郎 (2007) カンショの甘味に関わる栽培環境要因. 根の研究. **16**. 147-154
- 片山健二, 熊谷 享, 山川 理, 甲斐由美, 吉永 優, 石黒浩二, 境 哲文, 中澤芳則 (2009) 九州沖縄農研セ報. **50**. 111-129
- 河合 哉 (2004) 丹波黒エダマメ‘紫ずきん’の早生化とその呈味成分. エダマメ研究. **2**. 9-13
- 桐渕壽子, 久保田紀久枝 (1976) 甘藷の加熱過程に関する研究 (第1報) 生成糖と $\beta$ -アミラーゼ活性. 家政誌. **27**. 418-422
- 河野昭子, 石川和江, 川本智, 南森隆司 (2011) 植物中に共存する $\alpha$ -及び $\beta$ アミラーゼ活性比率の簡易評価法の開発とその食材への応用. 家政誌. **62**. 701-708 増田大祐, 福岡信之, 後藤秀幸, 加納恭卓 (2007) 収穫後のサツマイモへの低温処理が糖含量ならびに貯蔵性に及ぼす影響. 園学研. **6**. 597-601
- 増田亮一 (2003) エダマメの品質—おいしさに関与する成分. エダマメ研究. **1**. 4-9
- 増田亮一 (2004) エダマメの食味向上に関わるマルトース生成反応の解明. 農業および園芸. **79**. 1085-1093
- R. M. McCready, Jack. Guggolz, Vernon, Silviera and H.S. Owens (1950) Determination of Starch and Amylose in Vegetables. Application to Peas, Anal, Chem, **22**, 1156-1158
- Matsunaga Nako, Takahashi Setsuko and Kainuma Keiji (2003) Rice Starch Isolation



- from Newly Developed Rice Cultivars by the Improved Alkali Method. *J. Appl. Glycosci.* **50**. 9-13
- 野村知未, 古谷規行, 大谷貴美子, 松井元子. (2013). 食品科学工学会第 60 回大会要旨集. p.117
- 小倉長雄, 平戸八千代, 風間大司 (2001) サツマイモ中の耐熱性不溶型  $\beta$ -アミラーゼの存在. *日食工誌*. **48**. 218-220
- 堺修造 (1981) マルトースの生産と利用. *デンプン科学*. **28**. 72-78
- 澤田崇子 (2000) 栄養科学シリーズ NEXT 調理学, 南出隆久・大谷貴美子/編, 講談社, 東京. p.6, 8
- Sugimoto Masahiro, Goto Hajime, Otomo Kazuko, Ito Masanori, Onuma Hiromi, Suzuki Asako, Sugawara Maki, Abe Shinobu, Tomita Masaru and Soga Tomoyoshi (2010) Metabolomic Profiles and Sensory Attributes of Edamame under Various Storage Duration and Temperature Conditions. *J. Agric. Food Chem.* **58**. 8418-8425
- 高橋善幸 (1980) 糖化の新しい技術. *高分子*. **29**. 693
- 山田直弘, 高橋信夫, 高松光生, 元木悟 (1998) 黒ダイズ新品種「みすず黒」の育成経過と特性. *北陸作物学会報*. **33**. 86-88

## 第5章 総合考察

本研究では、大豆品種の中で良食味であり最高級とされる京都府産丹波黒およびその形質を引き継いだ大豆である丹波黒大豆系品種の完熟および未熟子実（エダマメ）の調理科学的特性に着目した。丹波黒（山下と古谷，2003）は、世界最大級の大豆であり、加熱後は味や風味がよく、軟らかくて“もちもち”とした特徴的な食感をもつことから消費者から支持されている。しかし、丹波黒の優れた特性について焦点を当てた研究は非常に少なく、他大豆との食味特性の差異について未だ明らかにされていなかった。そこで本研究では、丹波黒とその形質を引き継ぐ丹波黒大豆系品種の食味特性を理化学的および官能評価の両点から指標化すること、また丹波黒の食味特性を向上させる成分の生成要因を検討し、他大豆との食味特性の差異を明確化することを目的に行った。

大豆の完熟子実における食味特性を評価する際に、呈味成分である遊離糖や遊離アミノ酸含量が重要視され（平ら，1989）、大豆以外にも、農作物の食味（美味しさ）を評価する際にはそれらの含有量が指標とされてきた（建石ら，1986；Shono *et al.*, 1997；高橋ら，2009）。今回、丹波黒より育成された黄大豆子実用品種大豆‘京白丹波’の食味特性を把握するため、味に関する呈味成分だけでなく食感に関わる特性を理化学的および官能評価を用いて、他の良食味大豆と比較検討した。その結果、‘京白丹波’の煮豆は他大豆と比較して遊離糖と遊離アミノ酸含量は少なかった。また、加熱後の遊離アミノ酸含量においては、煮豆用大豆の中で最も美味しいとされている丹波黒（‘新丹波黒’）でさえも他の大豆同様、閾値以下だった。呈味は遊離糖・遊離アミノ酸ばかりでなく、登熟過程で大豆に蓄積する不快味の A グループサポニン（下山田，1990）やイソフラボン（谷ら，2009）などの様々な成分が複雑に関与すると考えられる。官能評価において‘京白丹波’の煮豆は高い評価を得た。これは、‘京白丹波’の持つ軟らかく“もちもち”とした食感が他大豆よりも官能評価を高くした要因と考えられる。これらの研究結果から、極大粒である‘京白丹波’は豆腐や湯葉など従来の黄大豆の加工方法だけでなく、食感や粒の大きさを生かした煮豆やしぼり豆、大豆臭が少なく白色度の高い豆乳を利用した洋菓子などの利用も可能であり、利用範囲が極めて広い付加価値の高い大豆であることが示された。

‘京白丹波’は子実用品種（完熟子実）として栽培が進行する一方で、大粒性を活かして黄大豆エダマメ（未熟子実）としての利用も期待されている。現在流通しているエダマメは、エダマメ専用品種として育成されたものが大半を占める。その中でも丹波黒は珍しく子実およびエダマメ兼用品種として生産され、京都産の丹波黒は「紫ずきん<sup>®</sup>」の名称でブランド化されている。そこで丹波黒の形質を引き継ぐ、‘京白丹波’のエダマメとしての利用について検討した。農作物の食感を評価する方法として、従来破断荷重が硬さの指標（平井, 2003 ; 廣田ら, 2005 ; 宮城ら, 2011）として用いられてきたが、粘性やもろさなどその他の項目についてはほとんど検討されていない。そこで、丹波黒大豆エダマメ「紫ずきん<sup>®</sup>」を構成する3品種を用い、呈味だけでなく食感に関する食味評価法を確立した。本研究より、「紫ずきん<sup>®</sup>」3品種が持つもちもちとした食感を新たに、 $M$  値（破断変形（mm）／破断荷重（N）＋もろさ変形（mm）／もろさ荷重（N））として指標化することが可能となった。また、多くの調味過程を経る完熟子実とは異なり、未熟子実のエダマメでは加熱後そのまま食すため、食感だけでなく遊離糖量や遊離アミノ酸含量などの呈味成分も食味に大きく寄与することが明らかになった。これら確立した食味評価法を用いて‘京白丹波’を黄大豆エダマメ専用品種‘富貴’と比較したところ、‘京白丹波’は  $M$  値が高くもちもちとしており、呈味成分に関しても遜色ないことが示された。また、エダマメの“美味しさ”に大きく寄与する遊離糖（篠田と田村, 2007）の組成が加熱後‘富貴’と‘京白丹波’では大きく異なった。‘京白丹波’では、‘富貴’には認められなかったマルトースが多く生成されており、加熱によって甘味が増強し食味が向上することが明らかになった。さらに、‘京白丹波’は、同時期に出荷されるエダマメよりも莢色および子実の色が鮮緑であることを明らかにした。このように、‘京白丹波’のエダマメは、既存の黄大豆エダマメ専用品種よりも、大粒で外観が良いことから消費者に受け入れられやすく、さらに味や食感など食味特性が優れるなど、高い付加価値を持つことが示された。

‘京白丹波’や‘新丹波黒’など、丹波黒大豆系品種の未熟子実（エダマメ）を加熱した際に生成されたマルトースは、スクロースに比べてまろやかな風味をもち（高橋, 1980 ; 堺, 1981）、食味に大きく影響を与える。さらに、エダマメの主要糖であるスクロースは、収穫後直ちに減少するものの（廣田ら, 2003）、マルトースは極めてわずかであることが報告されている（Sugimoto *et al.*, 2010）。これまでの報

告によれば、品種によるマルトース量の差異はデンプンの糊化温度のみに影響される（増田，2004）とされていた。しかし、 $\beta$ -アミラーゼは生デンプンには作用しないため、エダマメを加熱したときのマルトース生成量は $\beta$ -アミラーゼ活性とデンプンの糊化度の二つが影響すると考えられる。品種の違いによるデンプン特性や $\beta$ -アミラーゼ活性の強さを検討したところ、デンプンの糊化温度の違いだけでは、マルトース生成量の品種間差異は説明できず、 $\beta$ -アミラーゼ活性の強さの違いが関与していることが示された。特に‘新丹波黒’は、うま味や甘味だけでなく、大粒で特徴的なテクスチャーをもつことから食味特性が高い。さらに‘新丹波黒’は、耐熱 $\beta$ -アミラーゼが糊化温度の低いデンプンに働くためにマルトース生成能が高く、エダマメとして優れた特性を有することが明らかとなった。他の丹波黒大豆系エダマメもマルトース生成能が高いことを明らかにしたが、「紫ずきん<sup>®</sup>」を構成する3品種のうち、収穫時期が最も早い‘紫ずきん2号’は、マルトースがほとんど生成されない場合があった。その要因は、‘紫ずきん2号’の登熟期間の温度条件等が年次変動を受けやすいことが一因と考えられる（増田，2003；本庄ら，2007；野村ら，2013）。今後、「紫ずきん<sup>®</sup>」の品質向上のためにはその要因の詳細な解明と対策における検討が望まれる。

以上のように、完熟および未熟子実における‘京白丹波’を含めた丹波黒大豆系品種がもつ優れた食味特性を明らかにした。特に黄大豆品種である‘京白丹波’での特性を明らかにしたことで、今後、消費者が求める良品質な国産大豆およびエダマメ品種育成や選抜だけでなくその品質維持や向上および実需評価に、調理科学の視点から貢献できるものと考えられる。

## 引用文献

- 平井剛 (2003) メロン果実の追熟とテクスチャーに関する客観的評価法の開発.  
北海道立農業試験場報告. **117**. 1-58
- 廣田智子, 田畑広之進, 福嶋 昭, 井上喜正, 中川勝也 (2003) 丹波黒大豆冷凍  
エダマメの品質に及ぼす収穫後の保存状態. 日食保蔵誌. **29**. 11-16
- 廣田智子, 田畑広之進, 小河拓也, 祝正志, 井上喜正 (2005) 兵庫県産大豆の品  
質特性. 兵庫農技総セ研報 (農業). **53**. 6-12
- 本庄 求, 篠田光江, 武田 悟, 田口多喜子 (2007) エダマメ新品種‘あきた香り  
五葉’の作期による内部品質と食味官能の違い. 東北農業研究. **60**. 189-190 増田  
亮一 (2003) エダマメの品質—おいしさに関与する成分. エダマメ研究. **1**.  
4-9
- 増田亮一 (2004) エダマメの食味向上に関わるマルトース生成反応の解明. 農業  
および園芸. **79**. 1085-1093
- 宮城 淳, 家壽多正樹, 日坂弘行, 本居聡子, 若生忠幸 (2011) ネギの官能評価と  
成分・物性測定値との関係. 園学研. **10**. 101-107
- 堺修造 (1981) マルトースの生産と利用. デンプン科学. **28**. 72-78
- 高橋晋太郎, 増田亮一, 中村善行, 国分牧衛 (2009) ソラマメ子実の登熟過程に  
おける糖類と遊離アミノ酸の含有率の変化およびその食味に及ぼす影響. 園  
学研. **8**. 373-379
- 下山田真 (1990) 大豆サポニンに関する研究-植物体における分布. 挙動および生  
理作用-. 東北大学博士論文. p.190
- 篠田光江, 田村昇 (2007) エダマメ収穫後の内部品質の変化. 東北農業研究. **60**.  
191-192
- Shono Yohoko, Yoshimura Miki, Kimura Sachiko and Yamauchi Naoki (1997) Sucrose  
Metabolism in Stored Green Peas. Food Sci Technol. Int. Tokyo. **3**. 41-45
- Sugimoto Masahiro, Goto Hajime, Otomo Kazuko, Ito Masanori, Onuma Hiromi, Suzuki  
Asako, Sugawara Maki, Abe Shinobu, Tomita Masaru and Soga Tomoyoshi (2010)  
Metabolomic Profiles and Sensory Attributes of Edamame under Various Storage  
Duration and Temperature Conditions. J. Agric. Food Chem. **58**. 8418-8425
- 平春枝, 田中弘美, 佐藤正義 (1989) 国産大豆の全糖・遊離型全糖および遊離糖

- 類の含量. 日食工誌. **35**. 968-980
- 高橋善幸 (1980) 糖化の新しい技術. 高分子 **29**. 693
- 谷藤健, 三好智明, 鈴木千賀, 田中義則, 加藤淳, 白井滋久 (2009) 寒地におけるダイズ子実イソフラボンの含量・成分組成に及ぼす登熟気温の影響および品種間差. 日作紀. **78**. 74-82
- 建石耕一, 熊谷光広, 中村明史, 小林利江, 飯島隆志 (1986) スイートコーン貯蔵中における糖類の組成および含量の変化と呼吸の関係. 日食工誌. **33**. 592-597
- 野村知未, 古谷規行, 大谷貴美子, 松井元子 (2013) 日食科工第 60 回大会要旨集. p.117
- 山下道弘, 古谷規行 (2003) 黒ダイズの来歴と品種生態. 農業技術大系作物編 6. ダイズ・アズキ・ラッカセイ. 農文協, 東京. 追録第 25 号 (技) p.2 の 2-2 の 15

## 研究発表

本研究の内容は、以下に示すように発表している。

### 公表論文

1. 古谷規行, 野村知未, 大谷貴美子, 松井元子. (2012) 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**. 309-314.
2. 野村知未, 古谷規行, 大谷貴美子, 村元由佳利, 松井元子. (2013) 黒大豆由来の黄大豆新品種‘京白丹波’ (*Glycine max* (L.) Merr.) の特性について. 微量 栄養素研究. **30**. 79-85.
3. Satomi NOMURA, Noriyuki FURUTANI, Kimiko OHTANI, Yukari MURAMOTO, Mitsuru SHIBATA, Motoko MATSUI. (2014) Production of Maltose in Various Cultivars of Soybean Vegetable, *Glycine max* (L.) Merr., after Boiling. Food Science and Technology Research. **20**. 401-407.

### 学会発表

1. Satomi Nomura, Noriyuki Furutani, Kimiko Ohtani, Motoko Matsui. (2012) Characterization of a new cultivar yellow soybean (*Glycine max*), ‘Kyoshirotanba’ derived from a black soybean ‘Shintanbaguro’. 22th International Forum for Home Economists. Australia
2. 野村知未, 古谷規行, 大谷貴美子, 松井元子. (2012) 丹波黒大豆系品種エダマメ (*Glycine max*) の $\beta$ -アミラーゼによるマルトース生成能について. 第59回食品科学工学会大会. 北海道
3. 野村知未, 古谷規行, 大谷貴美子, 松井元子. (2013) 栽培温度がエダマメ (*Glycine max*) のマルトース生成量に及ぼす影響. 第60回食品科学工学会大会. 東京

## 謝辞

本論文を發表するにあたり、京都府立大学大学院生命環境科学研究科応用生命科学専攻 大谷貴美子教授、松井元子准教授、村元由佳利助手には、終始御懇切なご指導とご鞭撻を賜りました。心より感謝申し上げます。

また、京都府立大学大学院生命環境科学研究科応用生命科学専攻 大谷貴美子教授、佐藤健司教授ならびに本杉日野教授よりご助言およびご審査を賜りましたことに厚く御礼申し上げます。

さらに、終始温かいご支援や数々のご助言を賜りました京都府立大学大学院生命環境科学研究科応用生命科学専攻食保健分野の先生方に心より感謝申し上げます。

京都府農林水産技術センター 生物資源研究センターには、大豆試料等の提供をはじめ研究を遂行するにあたり快く実験機器を使用させていただきました。生物資源研究センター所長 藤井孝夫様、部長 吉川正巳博士に心より御礼申し上げます。また、本研究の遂行および本論文の作成にあたり、同センター主任研究員 古谷規行博士は本研究を始める手がかりを与えてくださいました。さらに研究推進全般にわたりご指導とご鞭撻を賜り、終始心温まる激励を頂きましたことに心より感謝申し上げます。

畿央大学健康科学部健康栄養学科には、示差走査熱量計（DSC）を快く使用させていただきました。岩城啓子教授ならびに柴田 満助教に御礼申し上げます。