

# 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

高橋晋太郎<sup>1,3a\*</sup>・増田亮一<sup>2</sup>・中村善行<sup>2</sup>・国分牧衛<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 宮城県農業・園芸総合研究所 981-1243 名取市高舘川上字東金剛寺

<sup>2</sup> 農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所 305-8518 つくば市観音台

<sup>3</sup> 東北大学大学院農学研究科 981-8555 仙台市青葉区堤通雨宮町

## Changes in Sugar and Free Amino Acid Concentrations during the Development of Broad Bean (*Vicia faba* L.) Seed and Their Effects on Taste

Shintarou Takahashi<sup>1,3a\*</sup>, Ryoichi Masuda<sup>2</sup>, Yoshiyuki Nakamura<sup>2</sup> and Makie Kokubun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Miyagi Prefectural Agriculture and Horticulture Research Center, Natori, Miyagi 981-1243

<sup>2</sup>National Institute of Crop Science, National Agriculture and Food Research Organization, Tsukuba, Ibaraki 305-8518

<sup>3</sup>Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 981-8555

### Abstract

The taste of broad bean is associated with the seed components including sugars and free amino acids, but details changes in these components and their association with taste remain unknown. This study investigated changes in sugar and free amino acid concentrations during the development of broad bean seeds and the effects of these changes on the taste of these beans. The two cultivars ('Amaekubo' and 'Uchikoshi Issun') were grown by the conventional cultural method, and seeds were sampled at 5-day intervals from 35 days after flowering (DAF) for chemical analysis. Concentrations of fructose, glucose, sucrose and maltose peaked during 35–45 DAF with a yearly variation, while those of raffinose peaked at 50 DAF irrespective of year. Concentrations of stachyose and verbascose tended to increase until 55 DAF. The concentration of sucrose exceeded the level that would be expected to affect the taste of the seeds, whereas that of other sugars was far below that level, suggesting that sucrose is the most critical sugar affecting taste. Most of the free amino acids analyzed showed their peak concentrations around 45–50 DAF, and only glutamic acid and alanine showed concentrations that would be expected to affect the taste. Sensory tests demonstrated that seeds harvested around 45 DAF had the best taste. These findings indicate that the appropriate time for harvesting broad beans as a vegetable is around 45 DAF.

**Key Words** : alanine, glutamic acid, harvesting stage, sensory test, sucrose

**キーワード** : アラニン, グルタミン酸, 官能検査, 収穫適期, スクロース

### 緒 言

ソラマメ (*Vicia faba* L.) はマメ科の2年生草本で、我が国には奈良時代にインドから伝来したとの説があるが、史実上の記録として初めて登場するのは江戸時代になってからであり、その有用性について『多識篇』や『農業全書』など、いくつかの文献で述べられている。現在日本で栽培されているソラマメは、明治時代初期に導入・試作されたヨーロッパ、アメリカ系の品種にその源をたどることができる。

古来様々な方法により利用されてきたソラマメではあるが、現在ではエダマメ同様未熟種子を加熱処理し、食卓に供されるのが我が国における一般的な利用方法のひとつである。エダマメやスイートコーンなどの生食用豆類の食味には糖類ならびに遊離アミノ酸が大きく影響していることは増田ら (1988, 1997) により報告されている。ソラマメの含有成分に関しては、Kobayashi・Komatsu (2001) および小林・林 (2004) が収穫時期と種子サイズの違いによる糖類および遊離アミノ酸等の含有量について、収穫後の保存条件による糖類および遊離アミノ酸等の経時的変化については垣生 (1992) がそれぞれ報告している。さらに登熟過程における糖類含有量の変化に関してはFriasら (1996) が凍結乾燥処理試料による試験結果を報告している。しかし、生食用未熟種子を対象とした栽培経過を明確に捉えて含有呈味成分を検証した試験報告はなく、登熟過程にお

2008年10月8日 受付。2008年12月11日 受理。

本研究の概要は園芸学会平成17～19年度秋季大会で発表した。

\* Corresponding author. E-mail: takahashi-sh583@pref.miyagi.jp

<sup>a</sup> 現在：宮城県北部地方振興事務所美里農業改良普及センター

るそれらの量的変化と食味との関係について示した報告もない。一方、収穫適期を逸したソラマメについては明らかに食味が劣ることが経験的に知られているが、産地における収穫適期の判断は外観上の経験的判断基準に基づくものがほとんどで、収穫適期の判断ミスはしばしば市場からのクレーム対象になる。

そこで、本研究では、一般的に豆類の未熟種子の食味に影響を及ぼす主要な呈味成分として数多くの報告がなされている糖類および遊離アミノ酸について、ソラマメの開花後日数を基準とした登熟過程におけるそれらの含有量の推移を明らかにし、その成分特性と食味への影響を官能試験の結果と併せて検証するとともに、それらの成分量に応じた食味品質に基づく収穫適期の判断基準を検討したので報告する。

## 材料および方法

### 1. 供試品種と栽培方法

供試品種は、大粒系で子実の緑色が濃い良食味の晩生種である宮城県育成品種‘みやぎ園試 VB1 号’（呼称：あまえくぼ）と宮城県における一般的な栽培品種であり大粒系で栽培の容易な中晩生種の‘打越一寸’を用いた。

両品種とも 2003～2004 年、2004～2005 年の 2 つの作期に、宮城県農業・園芸総合研究所内の試験圃場で慣行の耕種基準により栽培した。

### 2. サンプルングおよび保存

2003 年は 10 月 14 日に播種し、11 月 4 日に定植後、2004 年に開花し結莢した莢をそれぞれ開花後 40、45 および 50 日で収穫した。

2004 年は 10 月 15 日に播種し、11 月 16 日に定植、2005 年に開花し結莢した莢をそれぞれ開花後 35、40、45、50 および 55 日で収穫した。

両年とも収穫物は直ちに莢を剥き、未熟種子を種皮ごと液体窒素で凍結処理の後、 $-80^{\circ}\text{C}$  の超低温フリーザーで凍結保存した。

### 3. 定量分析

分析にあたっては保存サンプルの種皮を除去し、生食を前提とした一般的な可食部分のみを供試した。

糖類の定量分析は、Masuda ら (1996) および高橋 (2004) の方法に準じて、2 か年の試料を用いた。2004 年に収穫した試料については、加熱処理の糖類含有量への影響を確認するため、開花後日数 45 日の収穫物の一部について、試料の半量を沸騰水で 2 分間の加熱処理を施し糖類の抽出試料とした。また併せて、1 莢あたりの種子数と糖類含有量との相関を確認するため、2004 年収穫分の‘あまえくぼ’について、開花後日数 45 日の収穫物の一部を 1 莢あたりの粒数別 (1、2 および 3 粒莢) に糖類の定量分析を行った。

遊離アミノ酸の定量分析は、増田ら (1997) および高橋 (2004) の方法に準じて、2005 年収穫の試料を用いて行った。

なお糖類、遊離アミノ酸とも各区 20 個の未熟種子をラン

ダムに抽出し分析に供した。

### 4. 官能検査

官能検査に際しては、2004 年に開花後 40、45 および 50 日で収穫した試料を直ちに脱莢し、脱莢後 30 分以内に沸騰水で 2 分間加熱処理したものをを用いた。パネラーは宮城県農業・園芸総合研究所の職員および臨時職員 16 名とした。評価項目は本試験において対象とした成分の評価に直接関わる甘味、旨味、総合の 3 項目について吉川 (2000 年) の手法を参考とした評点法で実施した。検査の階級は 5 段階 (5: 良い, 4: やや良い, 3: 普通, 2: やや悪い, 1: 悪い) とし、結果は Tukey 法で解析した。

### 5. 有効積算温度

本試験の実施に際して基準とした開花後日数と未熟種子の登熟に関わる積算温度との関係を確認するための参考資料として、ソラマメの未熟種子の登熟に有効な最低気温 (基準温度) を一般的な作物の基準温度として示されている  $10^{\circ}\text{C}$  と定めて有効積算温度を算出した (久保, 1975)。

有効積算温度とは、実際に測定した試験地の日平均気温値から基準温度として定めた 10 を減じた数値 (マイナス値の場合は 0 とする) を積算した値とした。なお、平年値は試験地近傍のアメダス (仙台) の過去 30 年間平均気温について、本試験地域のソラマメの開花盛期である 5 月 5 日を起算日として算出した。

## 結 果

### 1. 糖類

開花後 35～55 日における糖類含有率の変化 (マルトースのみ開花後 40～50 日) を見ると、単糖類・二糖類に分類されるフルクトース、グルコースおよびスクロースは、開花後 40～45 日以降登熟が進むにつれて減少する傾向がみられた。これに対して多糖類に分類されるラフィノース、スタキオースおよびベルバスコースは、単糖類・二糖類の減少に伴い増加、もしくは増加の後減少に転じる傾向がみられた。また、測定した糖類の中では、スクロースが最も高い含有率を示した (第 1 表)。さらに、高い含有量を示したスクロースについては、開花後日数ごとに品種間差が確認された (第 2 表)。

沸騰水による加熱処理により、マルトースおよびスタキオースが有意に増加していたが、その他の糖類については有意な変化は確認されなかった (第 3 表)。

また、1 莢当たりの子実数による糖類含有率の違いには、有意な差は確認できなかった (データ略)。

### 2. 遊離アミノ酸

今回分析した遊離アミノ酸の合計含有率は、開花後 45 日までは概ね  $12 \sim 16 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$  であったが、開花後 50 日以降は減少傾向を示し、開花後 55 日では、概ね  $4 \sim 5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$  まで減少した (第 4 表)。

登熟期間 (開花後 35～55 日) における各遊離アミノ酸含有率の推移の傾向は、概ね次の 4 つのパターンに分類で

第1表 開花後40～50日および35～55日におけるソラマメ子実の糖類含有率

収穫年次	品種	開花後日数	糖類含有率 (mg・g <sup>-1</sup> FW)						
			Fru	Glc	Suc	Mal	Raf	Stc	Ver
2004	あまえくぼ	40	0.66 ns <sup>2</sup>	1.01 ns	34.67 b	0.08 ns	0.17 a	0.15 a	—
		45	0.71	1.09	37.12 b	0.06	0.34 b	0.45 b	—
		50	0.63	0.95	25.30 a	0.05	0.88 c	3.23 c	—
	打越一寸	40	0.59 b	0.82 c	26.27 b	0.10	0.00 a	0.00 a	—
		45	0.52 b	0.67 b	29.41 b	0.07	0.10 b	0.13 b	—
		50	0.11 a	0.21 a	20.14 a	0.09	1.84 c	0.51 c	—
2005	あまえくぼ	35	0.31 bc	0.54 c	36.67 c	—	0.00 a	0.00 a	0.00 a
		40	0.45 c	0.74 d	36.18 c	—	0.07 a	0.00 a	0.00 a
		45	0.44 c	0.41 bc	35.13 c	—	0.41 b	0.09 b	0.00 a
		50	0.21 b	0.34 b	17.87 b	—	2.40 d	0.57 c	3.80 b
		55	0.07 a	0.10 a	11.56 a	—	1.52 c	1.28 d	7.19 c
	打越一寸	35	0.65 d	0.67 c	33.48 d	—	0.00 a	0.00 a	0.00 a
		40	0.48 c	0.88 d	31.32 cd	—	0.10 a	0.00 a	0.00 a
		45	0.31 c	0.51 c	29.18 c	—	0.56 b	0.07 b	0.00 a
		50	0.10 b	0.15 b	16.01 b	—	1.82 d	0.39 c	3.89 b
		55	0.02 a	0.04 a	5.34 a	—	1.01 c	0.78 d	9.04 c

Fru : フルクトース, Glc : グルコース, Suc : スクロース, Mal : マルトース, Raf : ラフィノース, Stc : スタキオース, Ver : ベルバスコース

<sup>2</sup>異なる小文字間には Tukey の検定による同一年次, 同一品種における開花後日数間で5%水準の有意差あり, また ns は有意差なし

第2表 開花後日数ごとのスクロース (Suc) 含有率の品種間比較

収穫年次	品種	Suc (mg・g <sup>-1</sup> FW)				
		開花後 35 日	開花後 40 日	開花後 45 日	開花後 50 日	開花後 55 日
2004	あまえくぼ	—	34.67	37.12	25.30	—
	打越一寸	—	26.27	29.41	20.14	—
	有意差 <sup>2</sup>	—	*	*	*	—
2005	あまえくぼ	36.67	36.18	35.13	17.87	11.56
	打越一寸	33.48	31.32	29.18	16.01	5.34
	有意差 <sup>2</sup>	*	*	*	*	*

<sup>2</sup>\*はt検定により5%水準で有意差あり (n=8)

第3表 加熱処理がソラマメ未熟子実の糖類含有率に及ぼす影響 (2004年収穫)

品種	処理	糖類含有率 (mg・g <sup>-1</sup> FW)					
		Fru	Glc	Suc	Mal	Raf	Stc
あまえくぼ (開花後45日)	未加熱	0.65	0.98	35.05	0.06	0.25	0.38
	加熱済	0.68	1.14	36.14	0.44	0.33	1.37
	有意差 <sup>2</sup>	ns	ns	ns	**	ns	**
打越一寸 (開花後45日)	未加熱	0.52	0.67	24.42	0.07	0.10	0.13
	加熱済	0.59	0.88	25.28	0.61	0.22	1.02
	有意差 <sup>2</sup>	ns	ns	ns	**	ns	**

Fru : フルクトース, Glc : グルコース, Suc : スクロース, Mal : マルトース, Raf : ラフィノース, Stc : スタキオース

<sup>2</sup>\*\*はt検定により1%水準で有意差あり, また ns は有意差なし (n=8)

きた. 各パターンに分類される遊離アミノ酸のうち典型的なものを図に示した (第1図).

[パターン1]一定期間有意な含有量の変化がみられずその後減少した,あるいは期間をとおして含有率が有意に減少傾向を示したもの: アスパラギン酸 (Asp), スレオニン

(Thr), セリン (Ser), グリシン (Gly),  $\alpha$ -アミノ酪酸 (AABA), イソロイシン (Ile), フェニルアラニン (Phe),  $\gamma$ -アミノ酪酸 (GABA), オルニチン (Orn), リジン (Lys), ヒスチジン (His), アルギニン (Arg) および '打越一寸' のアラニン (Ala), バリン (Val)

第4表 開花後35～55日におけるソラマメ子実の遊離アミノ酸含有率 (2005年収穫)

品種	開花後日数	遊離アミノ酸含有率 (mg・g <sup>-1</sup> FW)								
		Asp	Thr	Ser	Asn	Glu	Gln	aAaa	Gly	Ala
あまえくぼ	35	0.272 b <sup>2</sup>	0.405 b	0.266 b	0.637 b	0.709 b	0.705 b	0.064 a	0.108 c	1.556 c
	40	0.273 b	0.540 b	0.331 b	0.681 b	0.759 b	0.754 b	0.078 a	0.114 c	2.085 d
	45	0.226 a	0.417 b	0.249 b	1.072 c	1.194 c	1.186 c	0.091 b	0.093 c	2.591 d
	50	0.240 ab	0.174 a	0.104 a	1.127 c	1.255 c	1.247 c	0.126 b	0.065 b	1.086 b
	55	0.201 a	0.105 a	0.091 a	0.401 a	0.447 a	0.444 a	0.112 b	0.033 a	0.388 a
打越一寸	35	0.375 c	0.738 c	0.385 c	0.688 b	0.766 b	0.761 b	0.117 b	0.131 b	2.808 c
	40	0.336 c	0.394 b	0.298 b	0.675 b	0.752 b	0.747 b	0.061 a	0.109 b	1.747 b
	45	0.256 b	0.309 b	0.242 b	1.312 c	1.462 c	1.453 c	0.113 b	0.082 b	1.849 b
	50	0.286 bc	0.104 a	0.152 a	1.188 c	1.322 c	1.314 c	0.146 b	0.110 b	1.891 b
	55	0.195 a	0.078 a	0.104 a	0.407 a	0.345 a	0.343 a	0.093 ab	0.027 a	0.417 a

品種	開花後日数	遊離アミノ酸含有率 (mg・g <sup>-1</sup> FW)								
		Cit	AABA	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	bAla
あまえくぼ	35	0.106 a	0.043 b	2.008 b	0.013 ns	0.194 b	0.209 b	0.173 ns	0.124 b	0.060 ns
	40	0.155 b	0.039 b	2.413 b	0.016	0.211 b	0.242 b	0.221	0.131 b	0.041
	45	0.177 b	0.031 b	3.437 c	0.014	0.164 b	0.308 c	0.243	0.155 b	0.044
	50	0.164 b	0.000 a	0.746 a	0.012	0.066 a	0.074 a	0.181	0.065 a	0.052
	55	0.108 a	0.000 a	0.818 a	0.028	0.058 a	0.074 a	0.258	0.079 a	0.031
打越一寸	35	0.163 ab	0.049 b	2.699 d	0.024 ns	0.289 c	0.238 b	0.323 c	0.165 b	0.068 ns
	40	0.118 a	0.048 b	2.385 d	0.014	0.209 c	0.300 c	0.226 b	0.101 ab	0.051
	45	0.136 a	0.044 b	1.736 c	0.016	0.088 b	0.206 b	0.185 b	0.074 a	0.050
	50	0.209 b	0.000 a	0.810 b	0.023	0.047 ab	0.052 a	0.198 b	0.053 a	0.056
	55	0.112 a	0.000 a	0.347 a	0.023	0.016 a	0.037 a	0.098 a	0.061 a	0.045

品種	開花後日数	遊離アミノ酸含有率 (mg・g <sup>-1</sup> FW)						
		GABA	Orn	Lys	His	Arg	Pro	Total
あまえくぼ	35	0.875 c	0.008 b	0.154 b	0.316 b	2.506 c	0.103 b	11.614 c
	40	0.642 c	0.015 b	0.211 b	0.351 b	3.574 c	0.310 c	14.187 d
	45	0.520 c	0.005 b	0.203 b	0.240 b	3.237 c	0.085 ab	15.982 d
	50	0.199 b	0.000 a	0.046 a	0.074 a	1.232 b	0.096 b	8.431 b
	55	0.063 a	0.000 a	0.035 a	0.081 a	0.848 a	0.054 a	4.757 a
打越一寸	35	0.972 c	0.018 b	0.255 b	0.370 c	3.413 c	0.033 a	15.848 d
	40	0.615 c	0.009 b	0.197 b	0.344 c	2.747 c	0.217 b	12.700 c
	45	0.383 b	0.007 b	0.167 b	0.303 c	2.751 c	0.167 b	13.391 c
	50	0.342 b	0.009 b	0.070 a	0.135 b	1.623 b	0.164 b	10.304 b
	55	0.060 a	0.000 a	0.054 a	0.071 a	1.042 a	0.041 a	4.016 a

Asp: アスパラギン酸, Thr: スレオニン, Ser: セリン, Asn: アスパラギン, Glu: グルタミン酸, Gln: グルタミン, aAaa:  $\alpha$ -アミノアジピン酸, Gly: グリシン, Ala: アラニン, Cit: シトルリン, AABA:  $\alpha$ -アミノ酪酸, Val: バリン, Met: メチオニン, Ile: イソロイシン, Leu: ロイシン, Tyr: チロシン, Phe: フェニルアラニン, bAla:  $\beta$ -アラニン, GABA:  $\gamma$ -アミノ酪酸, Orn: オルニチン, Lys: リジン, His: ヒスチジン, Arg: アルギニン, Pro: プロラミン

<sup>2</sup>異なる小文字間には Tukey の検定による同一品種における開花後日数間で5%水準の有意差あり, また ns は有意差なし

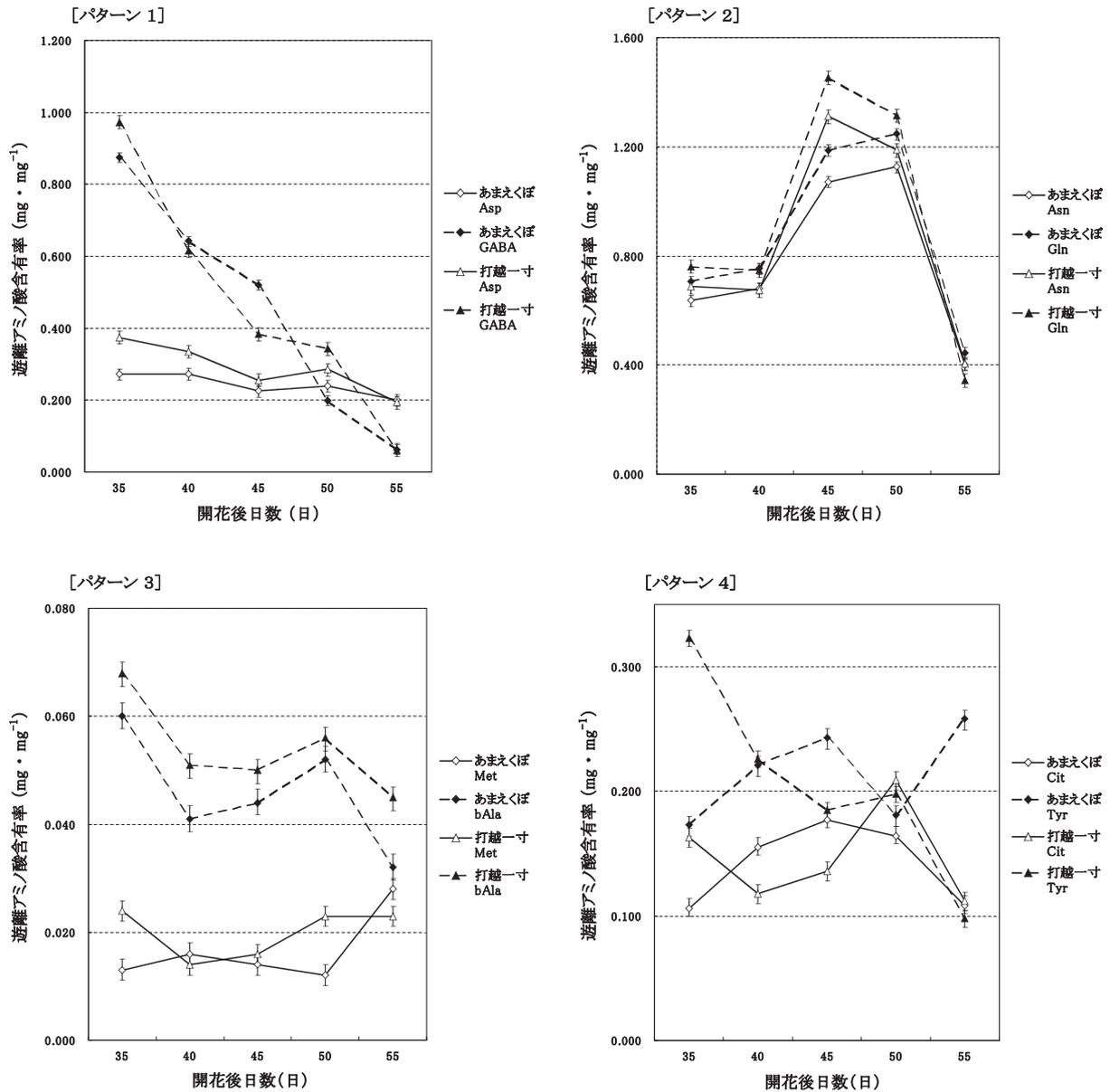
[パターン2] 期間初期から中期には含有率が有意に増加傾向を示すが, 中期から後期に向けて有意に減少傾向を示したものの: アスパラギン (Asn), グルタミン酸 (Glu), グルタミン (Gln), ロイシン (Leu), プロリン (Pro) および 'あまえくぼ' のアラニン (Ala), バリン (Val)

[パターン3] 期間をとおして有意な量的変化が確認されなかったもの: メチオニン (Met),  $\beta$ -アラニン (bAla)

[パターン4] 本試験においては登熟期間中の量的変化に一定の傾向が確認できなかったもの:  $\alpha$ -アミノアジピン酸

(aAaa), シトルリン (Cit), チロシン (Tyr)

また, 期間をとおして比較的高い含有率を示したのは, アスパラギン, グルタミン酸, グルタミン, アラニン, バリン, アルギニンであった. これらの遊離アミノ酸に次いで含有率が比較的高かったのは  $\gamma$ -アミノ酪酸であった. これらの遊離アミノ酸は, 登熟が進むにつれてその含有率が減少する, あるいは登熟過程の途中で含有量のピークに達するものが多かった (第4表).



第 1 図 遊離アミノ酸の登熟過程における変化パターン

図中の縦線は標準誤差を示す (n = 8)

[パターン 1] Asp : アスパラギン酸, GABA :  $\gamma$ -アミノ酪酸

[パターン 2] Asn : アスパラギン, Gln : グルタミン

[パターン 3] Met : メチオニン, bAla :  $\beta$ -アラニン

[パターン 4] Cit : シトルリン, Tyr : チロシン

### 3. 官能検査

甘味, 旨味とも開花後 40 および 45 日についてはその評価に有意な差は確認できなかったが, 50 日についてはいずれも有意に低い評価となった. また総合評価については, 45 日が 40 および 50 日に対して有意に高い評価となった. なお, これらの評価の傾向に品種間の相違は確認できなかった (第 5 表).

### 考 察

ソラマメの登熟過程における糖類含有率の変化をみる

と, 単糖類および二糖類に属する糖が登熟初期から中期にかけて生成蓄積し, その後それらの減少とともに多糖類の増加がみられた (第 1 表). これは, Frias ら (1996) が示した登熟過程における糖類含有率の推移および Kobayashi・Komastu (2001) が示した単糖類および二糖類の減少に伴う多糖類およびデンプンの変化の経過とも一致する.

Obendorf (1997) は登熟過程における単糖類および二糖類から多糖類への変化は, 種子の貯蔵時の乾燥耐性ならびに耐冷性に寄与することを示唆している. すなわち, 単糖類および二糖類は, ソラマメの未熟種子が完熟種子へ登熟

第5表 官能検査結果<sup>2</sup> (2004年実施)

開花後日数	あまえくぼ			打越一寸		
	甘味	旨味	総合	甘味	旨味	総合
40	4.3 b <sup>y</sup>	3.6 b	3.1 a	3.8 b	3.4 b	3.0 a
45	4.3 b	3.7 b	3.7 b	3.9 b	3.8 b	3.6 b
50	3.1 a	2.8 a	2.9 a	2.8 a	2.6 a	2.8 a

<sup>2</sup>1 (好ましくない) ~ 5 (好ましい) の5段階評価

<sup>y</sup>異なる小文字間にはTukeyの検定による同一品種における開花後日数間で5%水準の有意差あり

が進む過程において、最終的な貯蔵物質であるデンプンを含む多糖類を蓄積する際の中間生成物であることがうかがえる。

ただし、同一品種において各糖類のピーク値とピークステージに年次間でばらつきがみられた(第1表)。これは、年次ごとの気象変動や土壌条件などが影響を及ぼしている可能性が高いと考えられるが、栽培環境が成分含有率に及ぼす影響については詳細な試験と検証が必要である。

糖類がソラマメの食味に及ぼす影響については、本研究で定量した単糖類および二糖類はすべて水溶性糖類であり、それぞれが甘味に影響を及ぼす呈味成分として作用する可能性があるが、その含有率および久保田(1972)が示す呈味成分としての閾値などから判断すると、スクロース以外はほとんど食味に影響を及ぼさないものと考えられる。また、スクロースについては同一年次の同一開花後日数における含有率に品種間差が確認できた(第2表)。これは、スクロースが品種間における食味の違いの1要因になっている可能性が高いことを示唆しているものとする。ただし、スクロースは概ね開花後45日以降急激に含有率が低下する傾向があり(第1表)、収穫時期の遅れが食味品質の低下を招く要因の1つになっている可能性が高い。さらに、加熱処理による糖類含有率の変化は、マルトースとスタキオースで加熱前と加熱後で有意差が確認できたが(第3表)、いずれも食味に影響を及ぼす量的レベルにはなかった。増田(2004)によると、エダマメでは加熱処理により耐熱性β-アミラーゼが活性化し、デンプンからマルトースを生成し甘味を補強するとの報告がなされているが、ソラマメの加熱処理では甘味を補強できるほどのマルトースは生成されなかった。これにはソラマメが有するβ-アミラーゼの耐熱性が弱いか、あるいは酵素としての活性が低いこと、もしくはソラマメが含有するデンプンが酵素による分解生成反応を受けにくい構造をしていたことなどの要因が影響しているものと考えられるが、明確な要因についてはさらなる検証が必要である。

遊離アミノ酸は期間をとおして有意な量的変化を示さなかったMetとbAlaを除いて、登熟経過に沿って有意に減少するあるいは増加の後減少する傾向を示した。この傾向はKobayashi・Komatsu(2001)が示した傾向とも概ね一致する。このような遊離アミノ酸の消長は、未熟種子の成熟に伴う貯蔵タンパクの合成などに利用されたものと推察さ

れるが、詳細についてはさらなる分析と検証が必要である。

遊離アミノ酸が示す呈味性と呈味成分としての刺激閾値に関する解説(味の素株式会社, 2003)から考察すると、本試験で分析した遊離アミノ酸のうち食味、特に甘味と旨味に影響を及ぼすのは、GluとAlaであると考えられる(刺激閾値 Glu: 0.05 mg・g<sup>-1</sup>, Ala: 0.60 mg・g<sup>-1</sup>)。

しかし、いずれも開花後45~50日以降急激に含有率の低下が確認されることから、収穫時期の遅れはこれらの成分量の低下に伴う食味品質の低下につながることを懸念される。これは、先に述べた糖類含有率の推移に伴う食味品質への影響の可能性とも時期的に合致していることから、相乗的に食味品質に大きく関与している可能性があるとして推察された。

さらに、ソラマメ未熟種子中の遊離アミノ酸組成について特徴的に認められたことは、Asn, Glu, Gln, ValおよびArgが登熟過程において比較的高い含有率を示している点である。ソラマメ同様生食利用されるエダマメ(市販品)やスイートコーン(適期収穫物)と比較してみると、増田ら(1988, 1997)が示した含有率(エダマメ Gln: 0.020~0.112, Val: 0.001~0.010, Arg: 0.050~0.300, スイートコーン Gln: 0.124~0.316, Val: 0.080~0.145, Arg: 0.035~0.073, 単位: mg・g<sup>-1</sup> FW)に比べて高い値(Gln: 0.343~1.453, Val: 0.347~3.437, Arg: 0.848~3.574, 単位: mg・g<sup>-1</sup> FW)を示した。また、遊離アミノ酸の総量についても、前述のエダマメやスイートコーンの含有率(エダマメ: 2.565~5.146, スイートコーン: 2.488~3.320, 単位: mg・g<sup>-1</sup> FW)よりも概ね高い含有率(4.016~15.982 mg・g<sup>-1</sup> FW)で推移した(第4表)。

官能検査の結果をみると(第5表)、呈味に対する評価項目である甘味および旨味については、開花後40日と45日で評価に有意差はみられなかったが、50日にはいずれも有意に低い評価となった。これは、先に述べた糖類および遊離アミノ酸の量的推移が呈味の評価に影響を及ぼしていることを裏付けるものと判断される。しかし、総合的な評価については開花後40日と50日に有意な差はなく、45日のみが有意に高い評価結果となった。これは、食味の評価が呈味成分のみでなされるものではなく、それ以外の要因、例えば食感、香り、ボリューム感(満足度)などとあわせて総合的に判断されることを示唆している。

従って、食味品質を念頭に置いた収穫適期の判断にあ

たっては、できるだけ登熟初期の段階で収穫することが望ましいが、総合的な食味を考えた場合、呈味成分の明らかな低下が確認される直前を収穫適期とすることが望ましいと考えられる。その意味で、本試験の糖類および遊離アミノ酸の量的推移の分析ならびに官能試験の結果から推定される収穫適期は、開花後45日前後であると判断された。

また算出した2か年および平年の有効積算温度と開花後日数との関係を検討してみると、開花後45日における有効積算温度は2004年が333°C、2005年は301°C、平年値は320°Cであった(データ略)。有効積算温度は開花後日数とあわせて収穫適期の判断基準の1つとして利用し得ると考えられる。しかし、今後未熟種子の登熟過程における成分含有率の推移と積算温度との相関についての詳細な実証試験による検証が必要であろう。

### 摘 要

生食用ソラマメの食味品質に対しては、呈味成分として糖類および遊離アミノ酸が関与していると考えられるが、それらの登熟過程における詳細な量的変化ならびに食味との関係については不明である。本研究において我々は未熟種子の登熟過程におけるそれらの量的推移を調査するとともに、食味に及ぼす影響について明らかにした。栽培品種2品種(‘あまえくぼ’および‘打越一寸’)を慣行により栽培し、開花後35~55日の間に5日間隔でサンプリングしたものを分析に供試した。分析した糖類のうちフルクトース、グルコースおよびスクロースは年次間差はあったが、開花後35~45日で最も高い測定値を示した。マルトースは期間をとおして含有率の有意な変化が確認できなかった。またラフィノースは50日目にピークを迎えた。一方、スタキオースとベルバスコースは55日まで一定の漸増傾向を示した。含有率から判断すると、糖類の中で食味に大きく影響を及ぼすと考えられるのはスクロースのみで、他の糖類については食味に影響を及ぼす量的レベルの含有量ではなかった。遊離アミノ酸については、食味に影響を及ぼすと思われる遊離アミノ酸の多くが登熟に伴い開花後45~50日でピークを迎えた。また含有率と甘味・旨味に対する刺激閾値を考慮すると、遊離アミノ酸の中で特に食味に影響を及ぼすと考えられるのは、GluとAlaであった。官能検査においては開花後45日に収穫したものが最も評価が高

かった。これらの結果から判断すると、生食用ソラマメの呈味成分に基づく収穫適期は開花後45日前後であることが示唆された。

### 引用文献

- 味の素株式会社編. 2003. アミノ酸ハンドブック. p. 47-48. 工業調査会. 東京.
- Frias, J., C. V. Valverde, H. Kozłowska, R. Gorecki, J. Honke and C. L. Hedley. 1996. Evolution of soluble carbohydrates during the development of pea, faba bean and lupin seeds. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 203: 27-32.
- 垣生俊夫. 1992. 収穫後における未熟ソラマメ(蚕豆)の成分変化と品質. *愛媛大経営農研.* 34: 49-56.
- Kobayashi, M. and Y. Komatsu. 2001. Component changes of immature broad bean (*Vicia faba* L.) during thier growth. *Bulletin of Kagoshima Women's Junior College* 36: 1-10.
- 小林ミヨ・林 美里. 2004. 生食用ソラマメ(ファーベ)およびソラマメ種子の諸成分について. *鹿児島女子短大紀要.* 39: 7-18.
- 久保祐雄. 1975. 農学大事典—1975増訂改版—. p. 196右. 野口弥吉監修. 養賢堂. 東京.
- 久保田尚志. 1972. 甘味と化学構造. *バイオテク.* 3: 629-635.
- 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. *農及園.* 79: 1085-1093.
- 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.
- Masuda, R., K. Kaneko and I. Yamashita. 1996. Sugar and cyclitol determination in vegetables by HPLC using postcolumn fluorescent derivatization. *J. Food. Sci.* 61: 1186-1190.
- 増田亮一・山下市二・金子勝芳. 1997. スイートコーンの糖類, 有機酸, 遊離アミノ酸含量解析. *日食工誌.* 44: 23-30.
- Obendorf, R. L. 1997. Oligosaccharides and galactosyls in seed desiccation tolerance. *Seed Science Research* 7: 63-74.
- 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.
- 吉川誠次. 2000. 新食品分析ハンドブック. p. 426-429. 菅原龍幸・前川昭男監修. 建帛社. 東京.