[農化 第 45 巻, 第 1 号, p.43~48, 1971]

種子の成熟過程における遊離糖含有量の変化 (第 3 報)

米, 蔬菜および花卉植物について

松 下 ア ヤ コ

(熊本女子大学家政学部)

昭和 45 年 2 月 27 日 受 理

Variation of Free Sugar Contents during the Ripening Period of Seed

Part III. On the Free Sugar Contents in Seed of Rice, Garden Vegetable and Flowering Plant [Note]

By Ayako MATSUSHITA

Faculty of Home Life Science, Kumamoto Women's University

Variation of free sugar contents in seeds of rice of six different varieties, garden vegetables (including four genera and three families) and flowering plant (including seven genera and seven families) were determined by the use of the application of the cutting method of paper chromatograms, micro-Bertrand and glucose-oxidase method. The following result was obtained.

1. Glucose and sucrose were present in the seeds of rice, garden vegetable and flowering plant throughout the ripening process in free form. Raffinose and stachyose were only detected in seeds of rice, garden vegetable and flowering plant at the last stage of ripeness of seeds.

2. Glucose contents in the seeds of rice, garden vegetable and flowering plant showed a following pattern in the growing stage; reaching the first peak at the early stage of seed-bearing and sudden decrease with the development and ripening of the seed afterward.

3. Sucrose contents in the seeds of rice, garden vegetable and flowering plant showed minimum values at the early stage of seed-bearing and gradual increase with the development and ripening of the seed. It has been shown that the sucrose or raffinose contents in the seeds of rice, garden vegetable and flowering plant at the last stage of ripeness of seed were mostly in the form of free sugars.

4. There was no difference in both the kind as well as the content of free sugars in rice seeds of six different varieties. Moreover, the variation of the content of free sugars in rice seeds during the ripening period showed a similar tendency among six varieties.

(Received February 27, 1970)

種子の遊離糖に関する研究⁽¹⁻⁵⁾は多いが, 種子の成熟過程における遊離糖の質的および量的変化に関する研究はまだ少ない。著者は前報告で植物体中の糖の生理機構を明らかにし, あわせて遊離糖と呈味との関係を推定するための基礎研究を行なう目的から, 二, 三の豆種子⁽⁶⁾および麦種子⁽⁷⁾を試料として, それらの成熟過程におけ

る遊離糖の質的および量的変化を明らかにしたが, 今回はさらに多くの例をうるために前報告⁽⁸⁾と同様の方法, すなわち paper chromatogram の切りとり, 分割, 溶出および micro-Bertrand 法⁽⁹⁾を応用し, さらに glucose-oxidase 法⁽¹⁰⁻¹²⁾を応用して, 間接的ではあるが, 米種子 (うるち米 5 種, もち米 1 種), 蔬菜種子 (3 科

4 種類), 果実種子 (1 科 1 種類), 花卉植物種子 (7 科 7 種類) について, それらの成熟過程に見出される遊離糖の質的および量的変化状況を検討した。なお米種子については, 貯蔵後の遊離糖の含有状況についても実験を行なったので, それらの結果を報告する。

実 験

1. 試料 米種子は熊本県立農業試験場で栽培されたものを, 貯蔵米は採取された玄米を, かます (わら製) に入れ, 15°C ぐらい, ふつうの湿度で同農業試験場で 11 月~4 月まで約 6 カ月間保存されたもの。別に薬品による消毒をうけていない。また蔬菜種子は熊本県の圃場で栽培したものを, 花卉植物種子は熊本県の圃場に

生育したものを実験に供した。なお生育過程における試料の条件は第 1~3 表に示す。

2. 試料の調製法 米種子は 100 g を, 蔬菜および花卉植物種子は 50 g をミキサーで破砕し, 20 倍容の 80 %エタノールを加え, 米種子は室温で 10 回以上 (マグネチックスタラーを使用), 蔬菜および花卉植物種子は温浴で 5 回以上遊離糖の抽出をくりかえすが, その後の操作は前報⁽⁸⁾に準じて試料を調製した。なお試料を破砕抽出している間に酵素が作用して糖組成が変化するのであるが, glucose について添加回収試験を行なった。

3. 遊離糖の検索 PPC の濾紙, 展開溶媒, 発色試薬, 試料のつけ方および展開方法, 遊離糖の同定方法,

第 1 表 成熟過程における米粒の条件

	れ い ほ う (うるちごめ)			ほ う よ く (うるちごめ)			し ら め い (うるちごめ)		
	出穂日	30日 (経過)	成熟日 56日 (経過)	出穂日	32日 (経過)	成熟日 52日 (経過)	出穂日	34日 (経過)	成熟日 51日 (経過)
採 集 日	9 月 5 日	10 月 5 日	11 月 1 日	9 月 3 日	10 月 5 日	10 月 25 日	9 月 1 日	10 月 5 日	10 月 23 日
水 分 (%)	35.5	21.6	15.2	35.6	21.8	15.4	35.9	22.0	15.6
成育度粒 (g)	0.005	0.015	0.030	0.003	0.012	0.032	0.003	0.011	0.028
Family→	Gramineae			同 左			同 左		
Genus→	<i>Oryza sativa</i> L.			同 左			同 左		
	あ り あ け (うるちごめ)			と よ た ま (うるちごめ)			さいごくもち (もちごめ)		
	出穂日	30日 (経過)	成熟日 55日 (経過)	出穂日	32日 (経過)	成熟日 52日 (経過)	出穂日	30日 (経過)	成熟日 55日 (経過)
採 集 日	9 月 5 日	10 月 5 日	10 月 30 日	9 月 3 日	10 月 5 日	10 月 25 日	9 月 5 日	10 月 5 日	10 月 30 日
水 分 (%)	35.7	21.5	15.8	35.8	21.9	15.3	35.9	21.8	15.1
成育度粒 (g)	0.004	0.011	0.032	0.003	0.011	0.031	0.002	0.016	0.032
Family→	Gramineae			同 左			同 左		
Genus→	<i>Oryza sativa</i> L.			同 左			<i>Oryza sativa</i> L. var. <i>glutinosa</i> -Matsum.		

第 2 表 成熟過程における蔬菜種子の条件

成 熟 過 程	ほうれんそう			あぶらな			だいこん			とうがらし			ぶどう		
	形種 成 期子	成種 熟 期子		同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
採 集 日	4 月 20 日	5 月 5 日	5 月 20 日	4 月 21 日	5 月 6 日	5 月 25 日	4 月 25 日	5 月 7 日	5 月 30 日	7 月 22 日	8 月 7 日	8 月 25 日	8 月 30 日	9 月 16 日	9 月 30 日
水 分 (%)	83.0	65.2	50.6	95.1	60.2	42.2	95.1	65.2	40.5	80.1	60.0	35.2	90.1	75.1	55.2
成育度 1 粒 (g)	0.025	0.012	0.005	0.026	0.015	0.005	0.028	0.016	0.006	0.056	0.032	0.025	0.155	0.114	0.105
Family→	Chenopodiaceae			Brassicaceae			Cruciferae			Solanaceae			Vitaceae		
Genus→	<i>Spinacia oleracea</i> L.			<i>B. capmpestris</i> Linnaeus			<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>acanthiformis</i> Makino			<i>Capsicum annuum</i> Linnaeus			<i>vinifera</i> L.		

第 3 表 成熟過程における花卉植物種子の条件

成熟過程	あさがお		ちょうせん あさがお		ふよう		ほうせんか		はなびし そう		しゃくち りそば		おしろい ばな	
	未熟	成熟	未熟	成熟	未熟	成熟	未熟	成熟	未熟	成熟	未熟	成熟	未熟	成熟
採集日	8月 1日	9月 2日	10月 15日	11月 15日	10月 11日	11月 12日	7月 25日	8月 20日	6月 5日	7月 10日	9月 20日	10月 25日	9月 20日	10月 26日
水分(%)	85.1	42.2	90.0	45.2	90.1	10.2	85.5	35.5	86.2	15.5	80.5	45.1	85.2	55.1
成育度 1 粒(g)	0.250	0.200	0.310	0.250	0.055	0.002	0.035	0.012	0.005	0.002	0.158	0.115	0.298	0.255
Family→	Convol- vulaceae		Solanaceae		Malvaceae		Balsa- minaceae		Papave- raceae		Poly- gonaceae		Nycta- ginaceae	
Genus→	<i>Pharbitis</i> <i>Nil</i> Choisy		<i>Datura</i> <i>Metal</i> Linnaeus		<i>Hibiscus</i> <i>mutabilis</i> L.		<i>Impatiens</i> Balsamina		<i>Eschschol-</i> <i>zia</i> <i>californica</i> Cham.		<i>Fogopyrum</i> <i>cymosum</i> Meisn		<i>Mirabilis</i> <i>jalapa</i> L.	

試料の遊離糖の分別定量方法も前報⁽⁸⁾に準じ、さらに glucose-oxidase 法も併用して行なった。なお raffinose, stachyose, maltose の同定に当っては、標準糖と同位置にあるスポットの加水分解液、標準糖の加水分解液、標準糖の 3 種の同時クロマトによる R_f 値の一致、発色試薬による発色の有無などにより同定を行なった。なお sucrose, glucose, fructose については前報⁽⁸⁾同様に各各を結晶状に分離し、標準糖との混融試験を行なった (mp: sucrose 184°C, glucose 146°C, fructose 95°C)。なお、glucose-oxidase 法による glucose の定量は次のように行なった。すなわち、

試料の濃縮液⁽¹¹⁾ (約 0.4% の glucose を含むよう推

定し調製したもの) 5 cc, pH 6.5 の phosphate buffer 5 cc, 0.1% の glucose-oxidase 1 cc を加え、30°C で 4 時間振盪器にて振盪し、この溶液の還元力を Bertrand 法で試験し、glucose-oxidase 作用前の還元力よりこの値を差引き、glucose 量とした。この方法は 3 回くりかえして、その平均値をとった。

実験結果および考察

実験結果を第 4~9 表に示す。

1. 成熟過程における遊離糖の質的变化

(1) 米種子

1) Glucose と sucrose について: Glucose と suc-

第 4 表 米粒 (うるちこめ, もちこめ) 成熟過程の遊離糖含有量 (無水物%) (PPC による)

	出穂期 (種子形成初期)					28~30日経過						52~55日経過(成熟期)					貯ぞう米*(180日貯ぞう)				
	Gl	Su	Ma	Re	Ss	Gl	Su	Ma	Ra	Re	Ss	Gl	Su	Ra	Re	Ss	Fr	Gl	Su	Re	Ss
れいほう	12.90	0.45	+	13.10	13.55	1.85	3.75	+	+	1.90	5.70	0.60	4.90	+	0.60	5.50	0.35	1.50	4.45	1.85	6.30
ほうよく	15.30	0.40	+	15.45	15.90	1.70	4.95	+	+	1.70	6.70	0.60	7.10	+	0.60	7.70	0.55	2.35	5.55	2.90	8.50
しらぬい	8.20	0.35	+	8.35	8.60	1.65	5.10	+	+	1.70	6.90	1.15	5.15	+	1.15	6.30	0.95	3.30	3.00	4.25	7.30
ありあけ	8.50	0.45	+	8.60	9.05	1.50	6.10	+	+	1.50	7.65	0.75	6.95	+	0.75	7.70	0.35	1.55	3.85	1.95	5.80
とよたま	11.40	0.50	+	11.60	11.95	1.55	4.75	+	+	1.55	6.30	0.95	5.25	+	0.95	6.25	1.70	2.30	1.35	4.00	5.35
さいくもち	9.05	0.35	+	9.20	9.55	1.20	4.35	+	+	1.20	5.60	0.55	5.05	+	0.55	5.70	1.45	2.00	2.90	3.45	6.35
文献(13)	+	+															8.34	+	0.30	8.95	
文献(8)																					

Gl: glucose Su: sucrose Ma: maltose Fr: fructose Ra: raffinose Re: reducing sugar

Sa: soluble total sugar { + 微量存在 (こんせき量)
+ やや濃い
+ 濃い

- * 1. 11月~4月まで (180日間) 常温、常湿度で貯ぞうする。
2. もみつき玄米をかますに入れる、別に薬品の消毒なし。

第 5 表 米粒中の glucose 含有量 (無水物%)

成 熟 過 程	Glucose oxidase-catalase method				Paper chromatography			
	出 穂 期	28~30日 経 過	成熟期52~ 55日経過	貯 蔵 米 180 日貯蔵	出 穂 期	28~30日 経 過	成熟期52~ 55日経過	貯 蔵 米 180 日貯蔵
れ い ほ う	12.01	1.55	0.55	0.20	12.90	1.85	0.60	0.15
ほ う よ く	14.25	1.85	0.70	2.22	15.36	1.70	0.60	2.35
し ら め い	8.56	2.00	2.00	2.50	8.20	1.65	1.15	3.30
あ り あ け	9.12	1.32	0.65	2.00	8.50	1.50	0.75	1.55
と よ た ま	10.35	1.45	0.88	2.15	11.40	1.55	0.95	2.30
さいごくもち	9.11	1.20	0.50	1.90	9.05	1.20	0.55	2.00

(註) 1. 3回測定の前平均値を示す。
 2. 各回は $\pm 0.5\%$ 余である。
 3. 糖濃度は 0.4% 余として測定する (5 cc 中).
 4. glucose (10 mg) 添加回収試験は 96% 余を示す。

1. 3回測定の前平均値を示す。
 2. 各回は $\pm 1.5\%$ 余である。
 3. glucose (10 mg) 添加回収試験は 93% 余を示す。

第 6 表 蔬菜種子成熟過程の遊離糖含有量 (無水物%) (PPC による)

	結 種 子 初 期						15 日						30 日 余 経 過 (成熟期)					
	Fr	Gl	Su	Ma	Re	Ss	Fr	Gl	Su	Re	Ss	Fr	Gl	Su	Ra	St	Re	Ss
ほうれんそう 文 献 (5)	+	4.54	4.41		4.60	9.01	+	3.46	4.39	3.48	7.87	+	1.53	2.23	2.03		1.56	5.83
あぶらな 文 献 (4)	+	25.00	+	+	25.00	25.04		2.94	2.35	2.94	5.29		+	1.14	+	0.17	0.07	1.38
だいこん 文 献 (5)	+	30.65	6.14	+	30.66	36.80	+	13.83	1.10	13.89	15.00	0.12	0.84	1.21	0.36	0.24	0.97	2.78
とうがらし 文 献 (5)	3.36	6.73	+		10.10	10.15	1.22	2.59	0.91	3.81	4.72		0.69	1.81	0.10		0.69	2.61
ぶどう 文 献 (14)	+	30.51	+		30.52	30.52	+	3.55	2.42	3.65	6.06	+	4.13	5.52			4.18	9.70

Fr: fructose Su: sucrose Ra: raffinose Re: reducing sugar
 Gl: glucose Ma: maltose St: stachyose Ss: soluble total sugar

第 7 表 蔬菜種子中の glucose 含有量 (無水物%)

	Glucose oxidase-catalase method			Paper chromatography		
	結種子初期	15 日 経 過	成熟期30日余経過	結種子初期	15 日 経 過	成熟期30日余経過
ほうれんそう	4.95	4.40	1.11	4.54	3.46	1.53
あぶらな	23.82	3.15	0.72	25.00	2.94	+
だいこん	31.26	13.00	1.12	30.65	13.83	0.84
とうがらし	7.15	3.15	1.00	6.73	2.59	0.64
ぶ ど う	32.55	3.06	5.02	30.51	3.55	4.13

(註) 1. 3回測定の前平均値を示す。
 2. 各回は $\pm 0.4\%$ 余である。
 3. 糖濃度は 0.4% 余として測定する (5 cc 中).
 4. glucose (10 mg) 添加回収試験は 95% 余を示す。

1. 3回測定の前平均値を示す。
 2. 各回は $\pm 1.7\%$ 余である。
 3. glucose (10 mg) 添加回収試験は 94% 余を示す。

rose の 2 種の糖類は米種子形成の初期から種子の成熟にいたる期間を通して常時存在する。貯ぞう米中にも存在する。

2) Maltose: Maltose は種子形成初期の未熟時に存在し、成熟した種子中にはみとめられない。貯ぞう米中には見出されない。

3) Raffinose について: Raffinose は種子の未熟時には見出されないが、種子が成熟すると出現する。

4) 米種子中の遊離糖: 種子の未熟時には glucose, sucrose, maltose の 3 種の糖が存在し、成熟時の種子中には glucose, sucrose, raffinose の 3 種の糖が存在する。

5) 貯ぞう米中の遊離糖: 貯ぞう米中には glucose, sucrose, fructose の 3 種の糖が存在する。

なお試料とした、うるち米 5 種、もち米 1 種間の質的な相違はみとめられなかった。

第 8 表 花卉植物種子成熟過程の遊離糖含有量 (無水物%) (PPC による)

		結 種 子 初 期					成 熟 期 (30 日 余 経 過)						
		Fr	Gl	Su	Re	Ss	Fr	Gl	Su	Ra	St	Re	Ss
あさがお	文 献 (5)	+	7.61	2.66	7.62	10.29		1.07	3.43	4.88	+	1.07	9.38
ちょうせんあさがお	文 献 (3)	+	29.85	2.36	29.88	32.21	+	1.58	3.84	+		1.60	5.48
ふよう	文 献 (3)	+	6.50	2.58	6.51	9.09		0.17	3.03	0.77	+	0.17	4.03
ほうせんか	文 献 (3)	+	6.45	+	6.45	6.46	+	0.71	1.33	+		0.71	2.07
はなびしろう			1.78	0.61	1.78	2.40		0.14	1.48	0.21	0.11	0.14	1.94
おしろいばな	文 献 (3)	+	8.38	+	8.40	8.40	+	0.66	1.80			0.67	2.47
しゃくちりそば	文 献 (3)		11.75	+	11.75	11.75		1.85	2.03			1.85	3.89

Fr: fructose
Gl: GlucoseSu: sucrose
Ra: raffinoseSt: stachyose
Re: reducing sugar

Ss: soluble total sugar

第 9 表 花卉植物種子中の glucose 含有量 (無水物%)

	Glucose oxidase-catalase method		Paper chromatography	
	結種子初期	成熟期30~35日経過	結種子初期	成熟期30~35日経過
あさがお	7.75	0.95	7.61	1.07
ちょうせんあさがお	30.51	1.96	29.85	1.58
ふよう	6.88	0.25	6.50	0.17
ほうせんか	7.02	0.95	6.45	0.71
はなびしろう	2.00	0.21	1.78	0.14
おしろいばな	9.01	0.68	8.38	0.66
しゃくちりそば	11.95	2.01	11.75	1.85

- (注) 1. 3 回測定の前平均値を示す。
2. 各回は $\pm 0.6\%$ 余を示す。
3. 糖濃度は 0.4% 余として測定する (5 cc 中)。
4. glucose (10 mg) 添加回収試験は 94% 余を示す。
1. 3 回測定の前平均値を示す。
2. 各回は $\pm 1.5\%$ 余になる。
3. glucose (10 mg) 添加回収試験は 93% 余を示す。

(2) 蔬菜, 花卉, 種子

1) Glucose と sucrose について: Glucose と sucrose の 2 種の糖類は, 試料の種子形成初期から種子の成熟にいたる期間を通して常時存在する。

2) Fructose: Fructose は試料種子の未熟時から成熟にいたる期間を通して存在する場合と, 種子が成熟するととめられない場合との両方がある。

3) Raffinose と stachyose について: Raffinose と stachyose の 2 種の糖類は試料の種子形成初期の未熟時には見出せないが, 種子が成熟すると出現する。

4) 種子中の遊離糖: 種子の未熟時には fructose,

glucose, sucrose の 3 種の糖が存在し, 成熟した種子中には glucose, sucrose, raffinose の 3 種か, または glucose, sucrose, raffinose, stachyose の 4 種の糖が存在し, その他 fructose が存在する場合もある。

2. 成熟過程における遊離糖の量的変化

(1) 米 種 子

1) Glucose について: 種子の未熟時には glucose の含量が著しく多く (可溶性全糖の 95% 以上), 未熟時種子中の主要な糖であるが, この含量は種子の成熟に伴って急激な減量を示し, 成熟期種子中の glucose 含量は未熟時含量の $3\sim 14\%$ 程度になる。

2) Sucrose について: もみ形成期 (種子形成初期) の種子中 sucrose 含量は少量 (可溶性全糖量の $2\sim 4\%$) であるが, この含量は種子の成熟に伴って急激に増量し, 成熟期の種子中では sucrose が主要な糖 (可溶性全糖量の $25\sim 70\%$ 余) になる。

3) Maltose, raffinose について: 種子成熟過程における maltose, raffinose の含量は常にこんせき~微量程度に見出される。

4) 米種子中の遊離糖含有量: 未熟の種子中では glucose が主要な糖であり, 微量の sucrose と, こんせき量の maltose のスポットを見出しうるが, 成熟した米種子中では sucrose が主要な糖であり, その他微量の glucose とこんせき量の raffinose のスポットを見出しうる。

5) 貯ぞう米中の遊離糖含有量: 貯ぞう米中では sucrose が主要な糖であり, glucose の含量がこれにつぎ, その他少量の fructose を見出しうる。

(2) 蔬菜および花卉種子について

1) 種子の未熟時: 未熟の種子中では glucose が主要な糖であり, その他微量〜少量でいどの sucrose および fructose のスポットを見出しうる。

2) 種子の成熟時: 成熟した種子中では sucrose か, または sucrose および raffinose が主要な糖であり, glucose の含量がこれにつぎ, その他こんせきていどの stachyose のスポットを見出しうる。fructose のスポットも (こんせき量として) 見出される場合が多い。

なお標準糖の添加回収試験は今回は glucose のみについて行なったが, 含有量の多い sucrose についても同様の試験が必要であろう。PPC および glucose-oxidase による標準糖添加回収試験の結果は第 5, 7, 9 表の註に示す。

要 約

米類, 蔬菜類および花卉植物種子の成熟過程に見出される遊離糖の質的または量的変化状況を PPC の切りとり, 分割, 溶出, micro-Bertrand 法および glucose-oxidase 法を応用して測定を行なった。sucrose と glucose の 2 種の糖類は試料の種子形成の初期から種子の成熟にいたる期間を通して常時存在する。raffinose と stachyose の 2 種の糖類は種子が成熟に近づくとき出現する。種子の未熟時には glucose が主要な糖であり, 種子の成熟時には sucrose か, または sucrose と raffinose の 2 種の糖類が主要な糖になる。

本研究にあたり実験上で御援助いただいた本研究室の服部勝子助手, 資料の成育に御協力いただいた熊本県立農業試験場の伊藤暢恒部長および本研究室の卒論の諸氏に厚く御礼を申し上げる。

本報告の要旨は昭和 45 年 1 月 24 日, 日本農芸化学会西日本支部総会 (第 123 回例会) で発表した。

- (1) 川村信一郎, 多田 稔, 橋崎丁市: 栄養と食糧, **19**, 268 (1966).
- (2) 福井俊郎, 二国二郎: 農化, **33**, 72 (1959).
- (3) 松下アヤコ: 熊本女大学術紀要, **20**, 44 (1968).
- (4) 水野 卓: 農化, **32**, 342 (1955).
- (5) N. Kutani and A. Kawase: 熊本女大学術紀要, **10**, 126 (1958).
- (6) 松下アヤコ: 農化, **42**, 383 (1968).
- (7) 松下アヤコ: 栄養と食糧, **22**, 371 (1969).
- (8) 松下アヤコ: 農化, **41**, 651 (1967).
- (9) 逸見文雄, 友枝幹夫: 農化, **19**, 386 (1943).
- (10) R. L. Whistler, L. Hough and J. W. Hylin: *Anal. Chem.*, **25**, 1215 (1953).
- (11) 大塚一止, 玉利勤治郎, 小笠原長宏: 新潟農林研究第 17 号別刷, 昭和 40 年 4 月, 新潟大学農学部.
- (12) 高橋昭次, 桑田五郎, 森本輝彦: 農化, **140**, 261 (1966).
- (13) 倉沢文夫, 伊賀上郁夫, 早川利郎, 大上 宏: 農化, **33**, 388 (1959).
- (14) 松下アヤコ: 熊本女大学術紀要, **19**, 51 (1967).

註 (6) 松下アヤコ: 農化, **42**, 383 (1968) を第 1 報とする。

(7) 松下アヤコ: 栄養と食糧, **22**, 371 (1969) を第 2 報とする。