生育中における大豆の子葉・種皮・胚軸の 炭水化物の変化*

田 主 澄 三

香川大学農学部農芸化学科

Changes of Carbohydrate Contents of the Soybean Seed (Cotyledon, Hull, and Hypocotyl) during Growth

Sumizô Tanusi

Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture,
Kagawa University, Mikityô, Kagawa

J. Jap. Soc. Food and Nutr., 25 (2), 89~93 (1972)

The free sugars and starch were determined in the three different parts (cotyledon, hull, and hypocotyl) of the ripening soybean seed. In order to investigate the carbohydrate contents of unripe soybean eaten as a vegetable and the metabolic changes of free sugars and starch during growth.

The soybean, Kyûshû No. 12, was sown in July, 1969, and harvested before the sunrise of every fourth day during the months of September till November. The seeds harvested were separated mechanically into the three parts.

For the determination of free sugars, the sample was extracted with 80% boiling ethanol and then with cold water. The extract was separated by paper chromatography and each sugar extracted with cold water from the respective partition of chromatogram was subjected to the determination by four conventional colorimetric methods. Starch was determined with the glucoamylase and glucose oxidase—peroxidase method.

Free sugar content in hypocotyl was increased up to 44% of total solid matter as a transient phenomenon and decreased in parallel with the growth. The reducing sugar content was 3.5% in the early stage of growth, and it rapidly decreased to a trace. Although reducing sugars, glucose, galactose, fructose, maltose and maltotriose, were detected from the early stage through defoliating stage, only glucose was detected in the latest stage. Nonreducing sugars, sucrose, raffinose and stachyose, were detected through all the stages during growth. In cotyledon, they were gradually detected during growth, i.e., sucrose → raffinose → stachyose → verbascose. In hypocotyl, a high content of starch, nearly 68%, was temporarily determined however, starch content was maintained rather low during growth.

(Received December 2, 1971)

大豆の炭水化物としては還元糖は微量で、非還元性少糖類としてショ糖、ラフィノース、スタキオースがほぼ5, 1, 4% (無水物中) 含まれている¹⁾²⁾。多糖類は複雑である³⁾が、ヘミセルロース、ペクチン質、セルロースからなる³⁾。ところが生育の途中でデンプンが生ずることが知られている。

この研究の第I報で多田、川村³⁾は大豆生育中の炭水化物を還元糖、非還元糖のほか、ヘミセルロース (遊離

糖を抽出したあと2%塩酸で加水分解して生ずる糖をSomogyi改良法で定量して0.9倍して表わした。)、デンプンは52%過塩素酸で抽出しアントロン法で比色定量、アミロースをヨウ素呈色度で定量した。(第II報⁴⁾は発芽による糖類の変化に関するもので、本報とは直接関係がない。)

今回あらためて生育中の遊離糖とデンプンにつき、大豆を子葉、種皮、胚軸に分けて定量したので報告する。

〒 761-07 香川県木田郡三木町池戸2393

* 生育および発芽における大豆炭水化物の変化 (第III報) Changes of soybean carbohydrates during growth and germination (III)

未熟大豆は枝豆として利用されるので、野菜としての成分を知ること、デンプンや糖類の生育中の代謝の一部を明らかにすることが目的である。

実験方法

1. 試料

九州12号 (*Leguminosae, Glycine max* var. Kyûshû No. 12) を1969年7月に播種し、開花後18日目から4日ごとに78日目まで、日の出前に採取した。採取した大豆は直ちに子葉、種皮、胚軸の3部分に分けた(18日目と22日目の試料はあまりにも未熟なために分けられなかった。)

未熟な試料は、80%エチルアルコールとともに乳ばちですりつぶし、遊離糖の抽出に用いた。完熟に近い試料は、ピンセットで3部分に分けたのち、粉砕器で32メッシュ以下に粉砕した。

2. 水分・外観

大豆の成熟度を知るためと、炭水化物の絶乾重量を知るために、水分を測定した。また、成熟度の目安とするために、100粒の重量をも測定した。炭水化物は3部分のみにつき測定し、全粒では測定しなかったため、全粒への換算のために、3部分の重量の割合をも測定した (Fig. 1)。あわせて地上部の外観の変化を Fig. 1 の上部に示した。

3. 遊離糖

遊離糖は、80% 熱エチルアルコールと水による抽出²⁾と戸紙分別法により分別定量した。糖の定量には、還元糖は Somogyi 改良法⁷⁾、ケトースにはレゾルシノール法⁸⁾、ペントースは Bial 反応⁹⁾、グルコースはグルコースオキシダーゼ・パーオキシダーゼ法¹⁰⁾を用いた。測定値は全て絶乾%で示した。

4. デンプン

デンプンは、遊離糖を除いた残渣を凍結乾燥して試料とし、グルコミラーゼとグルコースオキシダーゼ・パーオキシダーゼによる酵素法を用いた。

実験結果

1. 水分・外観

葉は開花後54日目ごろから黄葉を開始し(黄葉期)、66日目ごろから落葉を開始した(落葉期)。

100粒の重量は、結実後から黄葉期まで急速に増加し(肥大生長期)、その後急速に減少し(乾燥期)、落葉後はほぼ一定で、最終重量は47gであった。

水分は、結実直後では82%であったが、黄葉期後期までしだいに減少し(52%)、さらに登熟とともに急速に減少し、最終値は9%であった。

3部分の重量の割合では、胚軸は登熟期間を通じて一

定で、約2%であるが、種皮は20%から7%へと徐々に減少しその割合だけ子葉の割合が増加していった (Fig. 1)。

Fig. 1. Changes of the moisture of whole soybeans, the yields of the three parts, and the weight of 100 beans.

○—○ Moisture
×……× Weight of 100 beans
●—● Hypocotyl
△……△ Hull

Fig. 2. Changes of the total free sugar contents. (% on dry basis)

○—○ Hypocotyl ●—● Hull
×……× Cotyledon △……△ Whole

Fig. 3. Changes of the reducing sugar contents. (% on dry basis)

○—○ Hypocotyl ●—● Hull
×.....× Cotyledon △.....△ Whole

Fig. 4. Changes of the contents of each reducing sugar (1) Hypocotyl. (% on dry basis)

○—○ Glucose ×.....× Galactose
●—● Fructose △.....△ Maltose

2. 遊離糖

全遊離糖は、3部分で異なった変化を示した。すなわち、胚軸では急速な増加ののちにゆるやかな減少、種皮では急速な減少ののちにゆるやかな増加、さらに黄葉期

Fig. 5. Changes of the contents of each reducing sugar (2) Hull. (% on dry basis)

Fig. 6. Changes of the contents of each reducing sugar (3) Cotyledon. (% on dry basis)

Fig. 7. Changes of the contents of each reducing sugar (4) Whole bean. (% on dry basis)

Fig. 8. Changes of the contents of each non-reducing sugar (1) Hypocotyl. (% on dry basis)

○—○ Sucrose ×····× Raffinose
●—● Stachyose △····△ Verbascose

Fig. 9. Changes of the contents of each non-reducing sugar (2) Hull. (% on dry basis)

からの急速な減少, 子葉では多少の変化はあるがほぼ一定である (Fig. 2)。

還元糖の変動も全遊離糖の変動と同じで, 胚軸と子葉とは結実後は高い値を示すが, まだ葉は緑であるにもかかわらず急速に減少しその後は徐々に減少していった。これに対して, 種皮では全糖と同様に黄葉期に一時的に急増加した (Fig. 3)。生育の初期に還元糖が減少することは前報⁹⁾でも認められた。

3部分の分別定量の結果をみると, 還元糖では, 結実

Fig. 10. Changes of the contents of each non-reducing sugar (3) Cotyledon. (% on dry basis)

Fig. 11. Changes of the contents of each non-reducing sugar (4) Whole bean. (% on dry basis)

○—○ Hypocotyl ●—● Hull
×····× Cotyledon △····△ Whole

初期に多いのはグルコースとガラクトースであるが, その他にフルクトースとマルトースも検出された。胚軸と子葉ではフルクトースは黄葉になると共に検出されなくなるが種皮ではグルコース, ガラクトース, マルトースと同様に完熟近くまで検出された (Fig. 4~7)。図には示していないが, 子葉の34日目から62日目にかけてマルトリオースらしいスポットが検出された。

非還元糖においては, 子葉ではショ糖, ラフィノース, スタキオースが常に検出されたが, ペルバスコースは全く検出できなかった。これに対して, 胚軸と子葉では登熟と共にショ糖, ラフィノース, スタキオース, ペルバスコースと順次高級少糖類が検出された (Fig. 8~11)。

3. デンプン

特に著しい変化を示すのは胚軸においてであり, 結実

後急速な増加を示して、30日目に最大値68%を示し、直ちに減少して38日目にはすでに16%になり、落葉期に入ると共に微量になった。種皮、子葉共に黄葉期まで一定の値を保つが、落葉と共に減少し、完熟と共に微量になった (Fig. 12)。全体としてのデンプン含有量の生育による変化は前報⁹⁾の久万大豆における変化と同様であった。

Fig. 12. Changes of starch contents. (% on dry basis)

○—○ Hypocotyl ×.....× Cotyledon
●—● Hull △.....△ Whole

考 察

1) マルトース族 まずグルコースが光合成され、マルトース、マルトリオースなどへ重合化され、最終的に同化デンプンとなるが、黄葉と共に同化デンプンはグルコースなどへ分解され、さらに他の物質に変化したと考えられる。

2) ラフィノース族 メリビオースやマンニトリオースのようなラフィノース族の還元性少糖類が検出されなかったことより、次のことが考えられる。まず3つの単糖類、すなわちグルコース、ガラクトース、フルクトースが生合成され、次にフルクトースとグルコースが

β -1, 2 結合し (ショ糖), 最後にショ糖のグルコース部分にガラクトースが α -1, 6 結合すると考えられる (ラフィノース)。さらに同様の結合でガラクトースが増加していくとスタキオース, ベルバスコースが合成されると考えられる。

要 約

(1) 大豆の登熟中における3部分 (胚軸, 種皮, 子葉) のデンプンと遊離糖の変化を調べた。

(2) 完熟大豆にはデンプンは少なく0.3%であるが, 登熟中には一時的ではあるが22%という高い値を示す。

(3) ラフィノース族の少糖類は非還元性の糖だけであり, まずショ糖ができてから, これを基としてラフィノース, スタキオースなどの高級ラフィノース族少糖類ができる。

本研究にあたり, 御指導いただきました川村信一郎教授に深く感謝いたします。

本研究の要は, 第25回日本栄養・食糧学会 (1971年6月7日, 東京, 国立教育会館) において発表した¹¹⁾。

文 献

- 1) 川村信一郎, 多田 稔, 檜崎丁市: 栄養と食糧, **19** (4), 268 (1966)
- 2) 田主澄三: 本誌投稿中
- 3) 川村信一郎: 日食工会誌, **14** (11), 514, (12), 553 (1967)
- 4) 佐々木周郁: 日農化会誌, **5**, 491 (1929)
- 5) 多田 稔, 川村信一郎: 香川大農学報, **14** (2), 148 (1963)
- 6) 川村信一郎, 古市明紀: 香川大農学報, **17** (2), 99 (1966)
- 7) 福井作蔵: 化学と生物, **3** (8), 432 (1965)
- 8) 福井作蔵: 化学と生物, **3** (9), 484 (1965)
- 9) 福井作蔵: 化学と生物, **3** (11), 597 (1965)
- 10) 田主澄三, 川村信一郎: 香川大農学報, **21** (48), 110 (1970)
- 11) 田主澄三, 川村信一郎: 栄養と食糧, **24** (3), 154 (1971)

(昭和46年12月2日受理)