

でんぷんにおよぼす放射線の影響(3)

誌名	食糧研究所研究報告 = Report of the Food Research Institute
ISSN	03710653
著者名	梅田,圭司 早川,清一 早川,昭 豊島,英親 宮崎,基嘉
発行元	食糧廳食糧研究所
巻/号	25号
掲載ページ	p. 11-16
発行年月	1970年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



でんぷんにおよぼす放射線の影響 (第3報)

照射バレイショでんぷんの消化試験

梅田圭司・早川清一・早川 昭・豊島英親・宮崎基嘉

われわれは前報までに、 γ 線または電子線で処理したバレイショでんぷんについて、粘度、糖化速度、末端基の変化などを報告した⁽¹⁾⁽²⁾。それらの結果、でんぷんまたはでんぷん含量の多いものは、放射線処理によって殺菌効果とともに粘度低下による発酵、飼料、加工原料としての適正向上を指摘することができる。寺本ら⁽³⁾は甘露に2.4 MRの γ 線を照射し黒斑病菌、軟腐病菌の殺菌と発芽抑制によって貯蔵を延長させ、かつアルコール発酵原料として悪影響を与えないことを認めている。このほか糊料、染色助剤、乾電池などの照射でんぷんの変性利用に関する研究は多いが⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾、食品またはその関連原料として適性の向上を目的にしたものは少ない。

本報告では1.0~1.5 MeVの電子線で10 Mradまでの照射を行なったバレイショでんぷんの分解物の検索、酵母による発酵試験、消化試験およびラットを用いた動物飼育試験などを行ない、主としてバレイショでんぷんの消化性におよぼす放射線の影響を調べた。

実験方法

1. 照射条件

市販のバレイショでんぷんをポリエチレン袋に入れ真空包装し、1.0または1.5 MeVの電子線で表裏より照射した。吸収線量はでんぷん層の厚さおよび見かけの比重より、電子線エネルギーに応じて吸収率を求め算出した⁽⁸⁾。

2. 照射でんぷんの分解生成物の検索

照射でんぷん中の分解生成物は、ペーパークロマトグラフで分離定量した。照射でんぷん10 gに70%エタノール20 mlを加え、48時間室温抽出し、抽出液をろ過し、1 mlに濃縮して0.1 mlをペーパーにスポットした。展開液は、n-ブタノール：エタノール：水=4：1：5の上層を用い、上昇法で5回の多重展開をした。アエリンハイドロジェンフタレートでデキストリン、マルトース、グルコース部を発色させて、未発色部を切り取り溶水させ、アンスロン法⁽⁹⁾で定量した。

また分解産物中の還元糖量として算出されるものうちのグルコース量を求めるために、グルコースオキシダ

ーゼ法で定量した。前記抽出液5 mlに0.2N酢酸ソーダ3 mlとグルコースオキシダーゼ1%液を2 ml加え40°Cで2時間振とうし、グルコースをグルコン酸にして0.1 N NaOHで滴定した。

3. 照射生でんぷんの消化率

3.1 タカジアスターゼによる人工消化試験

タカジアスターゼによる消化試験は、各試料でんぷんを無水物換算にして0.2 gを水50 ml、1/15M 磷酸緩衝液45 ml、0.1%タカジアスターゼ5 mlの溶液に懸濁し、トルオールを添加して38°Cにて消化させた。

3.2 ラット小腸抽出液による消化試験

タカジアスターゼの代りにラットの小腸抽出液を用いた。すなわちラットの小腸7.5 gに1/15M 磷酸緩衝液75 mlを加え遠心分離後、その上澄液を1 ml加えた。還元糖生成量の測定は前報⁽²⁾の通りである。

4. 照射生でんぷんによるラットの飼育試験

4.1 自由食試験

飼料組成は、でんぷん50%、カゼイン15%、蔗糖20%、食用油10%、無機塩5%である。ラットは100 g内外のものを用い自由食とした。飼育第2週目より糞を採取し、一定量を加水分解して排泄されたでんぷん量を測定し、吸収率を測定した。試験終了後、2匹を解剖し特に変化の大きかった盲腸については水分、糖量の測定をおこなった。また飼育期間中の体重増加量および窒素効率も測定した。

4.2 制限食試験

飼料組成は前記の通りであるが、ラット一匹当たり1日10 gを給与して、47日にわたり体重増加、飼料効率などを測定した。

5. 酵母による発酵試験

でんぷんの液化は、合成培地⁽¹⁰⁾ 5 mlに α -アミラーゼ(バクテリア、 α -アミラーゼ、2,500 SKB)、75 mgを添加してA液とし、合成培地20 mlに α -アミラーゼ75 mgを添加し、これにでんぷん5 gを懸濁したものをB液として、A液を90°Cに保ち、これにB液を一定速度で10分間かけて滴下する。滴下完了後5分間室温に放置して、これを2分間沸とうさせて、液化培地とした。

糖化、発酵は、上記の液化培地にグルクザイムⅢ番を30 mg、イーストを1.5 g入れて、マイセル法により30℃で発酵させ、放出される炭酸ガス量を測定した。

結果および考察

1. 照射でんぷんの分解生成物の検索

すでにわれわれは照射でんぷんの末端基の変化を p-nitrophenylhydrazine 法、過ヨウ素酸化法、滴定酸度などで調べ、約5 Mrad の照射で酸化末端基が4~5倍になることを認めている⁽¹⁾。また末端還元基が1~10 Mrad の照射では線量にほぼ比例して増加し、10 Mrad ではグルコース相当量としてでんぷんの約5.5%になることを報告した⁽²⁾。しかしこれらの還元基のうちグルコースそのものがどの程度かは未知である。

Fig 1 は照射でんぷんの70%エタノール可溶性糖のペーパークロマトグラムである。線量の増加とともにグル

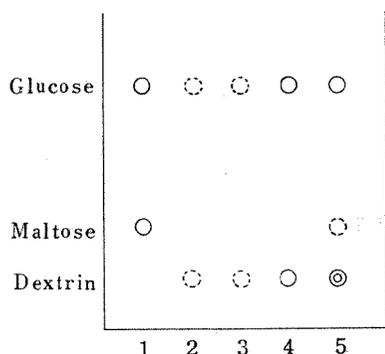


Fig 1 Paper Chromatogram of 70% Ethanol Soluble Fraction of Irradiated Starch
Solvent: *n*-BuOH : EtOH : H₂O (4 : 1 : 5)
5 times multiple development

1. Authentic
2. Non-irradiated
3. 1 Mrad
4. 5 Mrad
5. 10 Mrad

Table I Quantitative Analysis of 70% Ethanol Soluble Fraction of Irradiated Starch

Sample	Each fraction is calculated as mg % of glucose			
	Dextrin fraction*	Maltose fraction*	Glucose I*	fraction II**
	mg %	mg %	mg %	mg %
Non-Irradiated	4.6	5.0	3.0	0
1 Mrad	9.0	6.2	7.0	4.3
5 Mrad	32.0	9.4	10.2	8.6
10 Mrad	54.0	10.6	13.0	17.2

* Anthrone method

** Glucose oxidase method

コース、デキストリンが増加し、10 Mrad ではマルトース相当部も僅かに発色する。このペーパークロマトグラフ法で分離した各相当部をアンスロン法で定量したものが Table 1 である。各フラクションは線量の増加にともない増えているが、なかでも70%エタノール可溶性デキストリンフラクションは線量に比例して急激に増加している。

このような放射線分解生成物の分子量を透折後 Sumner法⁽¹¹⁾で調べてみた。10Mrad 照射でんぷんそのものの平均重合度は23.6であるが、70時間の透折で約1/3が溶出し、この溶出部分平均重合度は10.86、分子量は1500であった。残りの部分の平均重合度は46.1、分子量は7376と算出された。

2. 照射生でんぷんの消化性

バレイショでんぷんは小麦でんぷんなどとは異なり、

Table 2 Digestability of Raw Irradiated Starch in vitro

(a) Percentage of digested starch by Takadiastase

Dose	Time of Digestion (hr)			
	0	24	48	60
Non-irradiated	0	0	-	-
5 Mrad	0.5	0.5	-	-
10 Mrad	0.5	8.3	8.9	10.0

(b) Percentage of digested starch by small intestines extract of rat

Dose	Time of Digestion (hr)			
	0	15	24	40
Non-irradiated	0	0.5	3.3	3.3
5 Mrad	0.5	6.7	11.1	13.3
10 Mrad	0.5	11.1	16.7	17.8
Wheat strch	0	92.2	92.2	-

生の状態では動物体内でほとんど消化しない⁽¹²⁾。また、ジアスターゼを作用させても消化されず、ラットの小腸磨砕物を作用させても消化はきわめて悪い⁽¹³⁾。照射処理が生でんぶんの消化性にどのような影響を与えるかを、タカジアスターゼとラットの小腸抽出液を用いて調べ、結果を Table 2 の(a)(b)に示した。

タカジアスターゼの消化力は弱く未照射でんぶん、5 Mrad照射でんぶんは全く消化されなかったが、10Mrad照射でんぶんは50時間で10%が消化された。

小腸抽出液の消化力はタカジアスターゼよりも強く、未照射でんぶんでも24時間で3.3%消化した。40時間では5 Mrad, 10 Mrad 照射でんぶんを、それぞれ13.3%, 17.8%消化した。また同時に試験した小麦でんぶんは、パレイシヨでんぶんと異り、生の状態でも動物体内で消化されるものであるが、ここでも15時間で92.2%を消化した。以上のように、タカジアスターゼ、小腸抽出液のいずれの場合も、照射処理によってパレイシヨでんぶんの消化性は向上している。

3. 照射生でんぶんによるラットの飼育試験

3.1 自由食試験

未照射、5 Mrad, 10 Mrad 照射生でんぶんと対照として小麦でんぶんを試料として、各区ラット4匹を用いて14日間の自由食飼育試験を行なった。その結果を Table 3に示した。飼料効率^tは照射、未照射ともに0.37であるが、体重増加量、飼料摂取量では10 Mrad 照射でんぶんが5 Mrad, 未照射よりも高い値を示した。

次に飼育第2週目の7日間について摂取でんぶん量と、糞中に排泄されたでんぶん量より各照射でんぶんの吸収量を算出した。Table 4に示したように、線量の増加とともにない吸収率が高くなり、未照射でんぶんは49%であるが、5 Mrad では52%、10 Mrad では57%に上昇した。なお参考までに用いた小麦でんぶんの吸収率は99%であった。

生パレイシヨでんぶんを摂取したラットの盲腸は著しく肥大するが⁽¹²⁾、照射でんぶんは線量の増加とともに

消化率が高くなり、同時に盲腸への負担も軽くなる。

Table 5に自由食飼育試験終了後、各試験区2匹の盲腸重量を測定しラットの体重に対する比率を算出した。小麦でんぶん食の場合の盲腸重量は、2.1g, 1.3gでこれが正常な盲腸の重量であるが、未照射パレイシヨでんぶんでは13.1g, 15.0gに肥大する。しかし照射でんぶんでは線量の増加とともに盲腸重量も減少し、5 Mrad では9.0, 9.5g, 10 Mrad では6.2, 5.5gと未照射でんぶんのほぼ1/3に縮小した。

3.2 制限食飼育試験

照射によるでんぶんの消化率の向上をより明らかにするために、ラット1匹当たり1日10gの飼料を与え制限食飼育試験によって47日間の体重増加を調べた。Fig 2は体重曲線であるが、10 Mrad は明らかに、未照射、5

Table 4 Absorption Ratio of Irradiated Raw Potato Starch on Rats for 7 Days.

Sample	Starch Intake(g)	Starch Excreted(g)	Absorption Ratio(%)
Potato Starch			
Non-irradiated	181.6	92.2	49
5 Mrad	153.7	73.0	52
10 Mrad	187.7	80.0	57
Wheat starch	133.0	0.37	99

Table 5 Percentage of Caecum for Body Weight^t of Rats after the Feeding Test with Irradiated Raw Potato Starch for 14 Days

	Weight (g)	Caecum (g)	Caecum/Weight(%)
Potato Starch			
Non-irradiated	167, 157	13.1, 15.0	9.8, 9.5
5 Mrad	175, 158	9.0, 9.5	5.1, 6.0
10 Mrad	179, 153	6.2, 5.5	3.4, 3.6
Wheat starch	161, 174	2.1, 1.3	1.3, 0.8

Table 3 Feeding Test (ad libitum) of Irradiated Raw Potato Starch on Rats (14 days)

Sample	Number of rats	Initial weight (g)	Weight gain for 14 days (g)	Diet intake (g)	Feed efficiency*
Potato Starch Non-irradiated	4	78.0	83.0	223.7	0.37
5 Mrad	4	77.5	81.5	222.5	0.37
10 Mrad	4	77.8	90.7	248.8	0.37
Wheat starch	4	78.0	94.0	193.4	0.49

* Feed efficiency = Weight Gain(g)/Diet Intake(g)

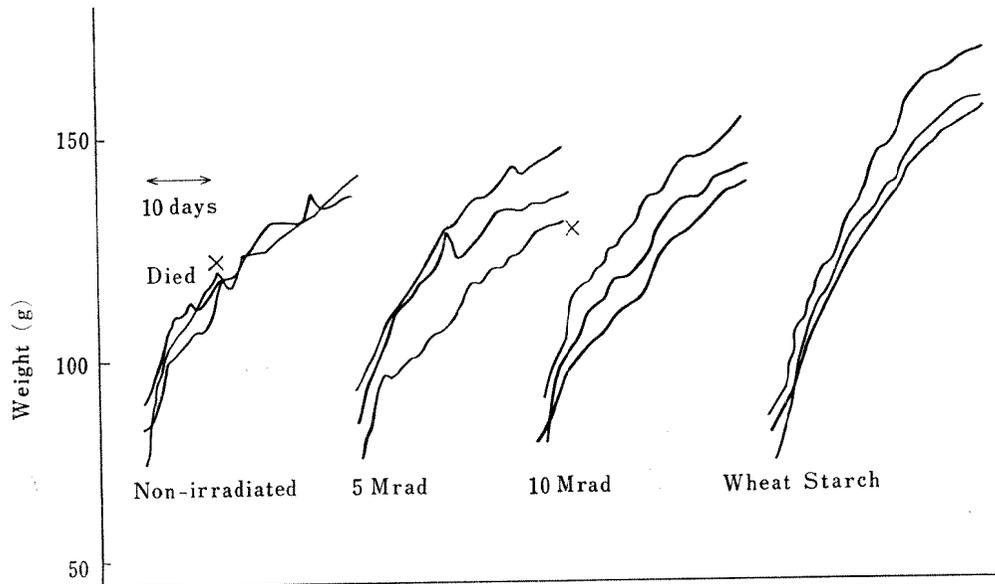


Fig 2 Growth Curve of Rats, fed Irradiated Raw Potato Starch
(Limited Feeding Test for 47 Days)

Table 6 Limited Feeding Test of Irradiated Raw Potato Starch on Rats (47 days)

Sample	Number of rats	Initial weight(g)	Weight gain for 47 days(g)	Diet intake (g)	Feed efficiency
Potato Starch					
Non-Irradiated	2	85.0	50.5	470	0.11
5 Mrad	2	85.0	51.5	470	0.11
10 Mrad	3	81.7	60.3	470	0.13
Wheat starch	3	81.3	78.7	470	0.17

* 10g Diet/Rat/Day

Mrad 照射でんぷんよりも体重増加率は高い。Table 6 には、これらの体重増加量、飼料効率を示した。すなわちバレイシヨでんぷんでは、10 Mrad 照射区は飼料効率が高く、しかも体重増加量も未照射、5 Mrad より約20%増えている。なお対照の小麦でんぷんは飼料効率0.17、体重増加 78.7gである。

4. 酵母による発酵試験

これまでに照射糖液に微生物の発育抑制因子ができるとか⁽¹⁴⁾、逆に発酵原料として 廃糖蜜を用いる場合放射線殺菌によって酵母の生育が促されるとの報告がある⁽¹⁵⁾。そこで照射でんぷんを糖化後、酵母を用いて発酵性を調べた結果が Fig 3 である。2時間の発酵試験において、1, 5, 10 Mrad 照射試料と未照射試料の発生炭酸ガス量の間に差はなかった。つまり今回の発酵試験では

照射でんぷんが酵母の発育に対し、抑制、促進のいずれの効果も示さなかった。

要 約

バレイシヨでんぷんを線量 10 Mrad までの電子線で処理し、その分解生成物の検索、酵母による発酵性および照射でんぷんの消化性、ラットの飼育試験による飼料効率などを調べた。

1. 線量の増加にともない70%エタノール可溶性のデキストリン、マルトース、グルコースが増えるが、特にデキストリンの増加は著しい。

2. 照射生でんぷんをタカジアスターゼ、ラットの小腸抽出液で消化させると線量の増加とともに消化率は高くなる。例えばラットの小腸抽出液で40時間消化させる

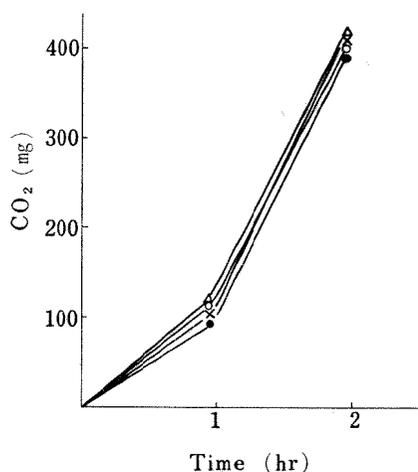


Fig 3 Fermentation Rate of Irradiated Starch by Yeast

○ Non-irradiated × 5 Mrad
● 1 Mrad △ 10 Mrad

と、5 Mrad, 10 Mrad 照射でんぶんの消化率はそれぞれ、13.3%, 17.8%である。

3. ラットを用いて14日間の自由食飼育試験を行なうと、未照射、5 Mrad, 10 Mrad 照射でんぶんの間で飼料効率には差はないが、でんぶんの吸収率は線量の増加とともに高くなり、未照射では49%であったが、10 Mrad では57%であった。また生バレイショでんぶん食にみられる盲腸の肥大は照射線量とともに低下し、体重に対する盲腸重量は、未照射、5 Mrad, 10 Mrad はそれぞれ9.7%, 5.5%, 3.5%であった。

4. 47日間の制限食飼育試験を行なった結果、飼料効率、体重増加量ともに線量の増加とともに増加し、照射バレイショでんぶんは未照射のものよりいくらかよいと

いう結果を得た。

5. 照射でんぶんに糖化後、酵母を用いて発酵性を調べると、未照射でんぶんと10 Mrad までの照射でんぶんでは発酵率に差はなかった。

文 献

- (1) 白石正英, 奥村健吾, 早川昭, 梅田圭司: 第3回アイソトープ会議報文集 (1959).
- (2) 梅田圭司, 高野博幸, 佐藤友太郎: 食糧研 No. 25, 3 (1970).
- (3) 寺本四郎, 田口久治, 橋田慶, 上田隆蔵, 三崎旭吉川光一, 吉井宗平: 醸酵工誌 37, 107 (1959).
- (4) Samec, M.: Stärke 10, (1), 76 (1958).
- (5) Samec, M.: Stärke 11, (10), 285 (1959).
- (6) 三品岡良, 二国二郎, 吉元由紀子: 農化 37, (1), 43 (1963).
- (7) 三品岡良, 二国二郎, 清水寿夫: 農化 37, (7), 389 (1963).
- (8) 梅田圭司, 高野博幸, 佐藤友太郎, 菅原利昇: 食工誌 16, (1), 15 (1969).
- (9) Morris, D. L.: Science 107, 254 (1948).
- (10) Atkin, L., Schultz, A. S., Frey, C. N.: Cereal Chem., 22, 321 (1945).
- (11) デンプンハンドブック P. 288 (1960) 朝倉書店.
- (12) 桜井芳人, 増原泰三, 渡辺至子, 早川清一: 食糧研 No. 5, 41 (1951).
- (13) 桜井芳人, 増原泰三, 横沢一二, 渡辺至子, 早川清一: 食糧研 No. 6, 125 (1952).
- (14) 並木満夫, 川岸舜朗: 日本食品照射研究協議会第4回大会 (1968).
- (15) 飯塚広, 柴部禎巳, 伊藤均: 食品照射 3, 116 (1968).

Effect of Ionizing Radiation on Starch (Part 3)

Digestibility of irradiated potato starch.

Keiji UMEDA, Seiichi HAYAKAWA, Akira HAYAKAWA, Hidechika TOYOSHIMA,
and Hidemoto MIYAZAKI

Potato starches irradiated with cathode ray, max. 10 Mrad, were examined for their decomposition products and digestibility.

Fractions soluble in 70% ethanol including dextrin, maltose and glucose were increased with dose of radiation. No differences were detected in fermentation ratio between non-irradiated and irradiated starches up to the doses of 10 Mrad.

Enzymatic digestibility of irradiated raw potato starch was raised with dose of radiation. Digestion ratios of 5 and 10 Mrad starches with the small intestine extract for 40 hrs. were 13.3 and 17.8%, respectively, of initial starch.

Voluntary feeding test of irradiated raw starch

for rats showed no difference in the feeding efficiency between non-irradiated and irradiated starch up to 10 Mrad. But the adsorption ratio of irradiated starch was increased with the dose of radiation, those of non-irradiated and 10 Mrad being 49 and 57%, respectively. Percentage of caecum against body weight after the feeding on irradiated raw starch for 14 days decreased with increasing dose of radiation, that is, 9.7, 5.5 and 3.5%, respectively, for non-irradiated, 5 Mrad and 10 Mrad starches.

Limited feeding test of irradiated raw starch for rats showed that both feeding efficiency and weight gain increased with increasing dose of radiation.