



緑豆およびブラックマッペもやしの発芽における レクチン含量変化

畦 五 月

(美作女子大学家政学部)

平成8年2月13日受理

Lectin Contents of Sprouted Beans (Green Gram and Black Gram) and Its Changes during Germination

Satsuki UNE

Faculty of Home Economics, Mimasaka Women's University, Okayama 708

Keywords: lectin レクチン, green gram 緑豆, sprouted beans もやし, black gram ブラックマッペ.

1. 緒 言

食品は、栄養素ばかりを含有していると考えられがちだが有毒成分を多量に含有していることもある。このうち、マメ科植物種子は、トリプシン阻害物質や、赤血球凝集物質（レクチン）などの有害物質を含有している。この含量は、全種子タンパク質の約10%を占める。

レクチンは、免疫細胞を活性化する機能を持ち合わせていると報告¹⁾されている一方で、レクチンの生体に及ぼす毒性も見逃すことのできない問題となっている。100℃ 60分の加熱調理後でもマメの中には生マメの約50%以上、あるいは、生マメ以上の残存活性を持つレクチンがあることを前報²⁾で報告した。食品中に残存したレクチンを摂取した際、人体は、嘔吐、下痢等の胃腸症状を示す³⁾。動物を使用した実験では、食餌性レクチンは、代謝、内分泌経路にも影響を及ぼし、消化、吸収、分泌作用を妨害すると報告^{4,5)}されている。しかしその植物食品中でのレクチンの機能については、まだ明らかになっていない。たとえば、種子発芽時の病原菌進入防止作用を有する⁶⁾、プロテインボディーに存在する⁷⁾ことからタンパク質の貯蔵機能を持つ^{8,9)}、さらにレクチンは、種子の発芽時に急激に合成される^{9,10)}、などのさまざまな報告がある。

もやしは、わが国ばかりでなくアジア諸国で生食^{12,13)}、あるいは、茹でて食べられている発芽食品である。レクチンが根や茎の成長点で急激に合成され高活性が残存しているとすれば、食品・栄養学的にその栄養価が問いなおされねばならないことになる。そこで、緑豆 (*Vigna radiata*)、ブラックマッペ (*Vigna mungo*) を発芽させて作られたこれらのもやしには、レクチンが含有されているのか、されていれば、どの部位に含有されているのか、両マメの発芽過程を追って赤血球凝集活性を測定したので報告する。

2. 実験方法

(1) 試 料

試料は、津山市内のもやし業者で製造された緑豆、およびブラックマッペもやしを用いた（使用試料豆は、緑豆は中国吉林省産、ブラックマッペはタイ産である）。

(2) 試料液の調整

温水に12時間浸漬後、製造容器に12時間置き、成長させたもやしを1日目のもやしとして扱う。成長日数を経たもやしは、試料全体あるいは、各部（胚乳、茎、根、子葉）に分け、それぞれ10倍量の蒸留水を加え、ブレンダーで10,000 rpm、10分間破碎・混和

する。この液は5,000 rpm 30 分間遠心分離後、上清を試料溶液とした。

(3) マイクロタイター法による赤血球凝集活性 (HA 活性) の測定

赤血球凝集活性の測定は、レクチンが血液型特異性をもつため、マウス、ウサギ、牛、綿羊、ニワトリ赤血球を用いて行った。マウス血球は、マウス断頭により得、前報¹⁴⁾と同様の方法でPBS (1/15 M リン酸緩衝化食塩水) で2%の赤血球浮遊液を作製した。ウサギ、牛、綿羊、ニワトリ赤血球は(株)ジャパンラムより購入し、PBSで2% (w/w) に調整した。HA 活性の測定は、マイクロタイター法¹⁴⁾を用いて行った。HA 活性の計算は、混合時1%赤血球1 ml を完全に凝集させる力価を1 unit とし、タンパク質1 mg あたりの unit 数を specific activity で、試料1 g あたりの unit

数を total activity で示した。

試料中のタンパク質量の定量は、牛血清アルブミンを標準として Bensadoun and Weinstein の改良法¹⁵⁾を用いた。

3. 実験結果および考察

上述した5種の赤血球を用いて、緑豆、ブラックマッペの乾燥マメおよび、それらのもやしの HA 活性を調べたが、牛、綿羊、ニワトリの3種の赤血球は、両マメ、両もやしのいずれも凝集しなかった。以下では、マウス、ウサギ赤血球での凝集結果について述べる。

緑豆の成長における赤血球凝集活性の変化を表1に示した。発芽させていない緑豆での HA 活性は、マウス赤血球では確認されず、ウサギ赤血球のみで認められた。マウス赤血球で HA 活性が確認されたのは、発

表1. 緑豆の成長における赤血球凝集活性の変化

a) マウス血球指標

成長	マメ全体			胚乳部			茎部			根部			子葉部		
日数 (日)	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.
0	59.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	55.0	687	37821	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	33.4	128	4403	44.7	69	3077	16.0	457	7314	—	—	—	—	—	—
3	12.9	94	1216	44.0	29	1280	6.6	213	1415	1.4	267	359	—	—	—
4	12.0	97	1161	19.3	44	859	3.9	200	784	3.1	320	999	23.8	68	1584
5	7.1	188	1343	13.8	64	878	5.1	80	411	5.5	160	878	13.2	133	1756
6	8.2	40	326	16.8	11	191	10.4	20	208	7.1	107	757	12.8	133	1702
7	2.1	160	327	6.5	11	72	1.3	133	44	5.4	145	784	11.7	133	1553

b) ウサギ血球指標

成長	マメ全体			胚乳部			茎部			根部			子葉部		
日数 (日)	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.
0	59.6	4	253	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	55.0	5	295	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	33.4	4	138	44.7	9	384	16.0	29	457	—	—	—	—	—	—
3	12.9	12	152	44.0	4	160	6.6	53	353	1.4	67	89	—	—	—
4	12.0	12	145	19.3	11	214	3.9	100	392	3.1	40	125	23.7	17	369
5	7.1	12	84	13.8	16	219	5.1	40	205	5.5	20	110	13.2	67	878
6	8.2	10	82	16.8	6	96	10.4	20	208	7.1	27	189	12.8	67	851
7	2.1	40	82	6.5	11	72	1.3	67	88	5.4	37	196	11.7	133	1553

S.A. : specific activity (units/mg タンパク質) ; T.A. : total activity (units/g マメ).

緑豆およびブラックマッペもやしの発芽におけるレクチン含量変化

芽1日目である。活性は初日をピークとしてモヤシの成長に伴い徐々に低下する。発芽7日目は、発芽初日(1日目)のおよそ1/10の活性となる。

ウサギ赤血球を指標としたHA活性も、発芽1日目をピークとして以後徐々に低下しているが、活性の強さは、マウス血球ほどではなく弱い活性しか示していない。

種皮を除去した部位別のマウス赤血球でのHA活性は、発芽2日目に胚乳部よりも基部の活性が高くなり、基部は胚乳部の約2倍の活性を示す。しかし、両者の活性は、成長に伴い徐々に低下し、逆に次に成長点を持つ根部や、子葉部に活性は移る。根、子葉は、成長日数を経てもほぼ一定の高活性を維持している。子葉部は根部の活性の約2倍あり、成長が著しい部位にHA活性は移動している。ウサギ赤血球においても、マウス赤血球と同様の活性の変動が各々の部位で確認された。

緑豆の成長に伴うタンパク質含量の変化は、マメの状態をピークとして徐々に低下している。もやしとして出荷される7日目では、水分量の増加もありもとのマメタンパク質量の約1/29となっている。部位ごとのタンパク質の含有量は、7日目の子葉部が最も高く、成長の顕著な部分へのタンパク質の移動がうかがえる。

ブラックマッペ(以下B.M.と略す)のマメ自体のHA活性は、マウス・ウサギ両赤血球で確認された(表2)。マウス赤血球を指標とした成長に伴う活性変動は、4日目をピークとして出荷時の6日目には低下している。6日目の活性は、緑豆もやしの約1/7である。部位別の活性は、根部、子葉部が最も高いが、とりわけ子葉部が6日目に高値を示している。その値は、マメ自体の活性の24倍である。

さらにB.M.もやし抽出液は、ウサギ赤血球を凝集した。活性は、発芽4日目で最大に達した。その後、成長に伴い活性は低下したものの、マウス赤血球の約

表2. ブラックマッペの成長における赤血球凝集活性の変化

a) マウス血球指標

成長	マメ全体			胚乳部			基部			根部			子葉部		
日数 (日)	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.
0	29.6	3	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	16.6	5	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	18.6	5	91	27.6	0.3	9	22.4	2	40	—	—	—	—	—	—
3	13.4	13	167	21.5	0.3	8	28.6	6	168	7.8	6	43	—	—	—
4	13.9	24	337	22.1	0.5	10	31.8	2	46	12.1	14	166	26.3	7	172
5	13.6	13	176	12.8	0.7	8	70.9	6	42	13.0	17	227	25.6	35	889
6	5.8	8	45	12.8	0.7	9	51.2	2	11	4.3	44	189	27.8	70	1930

b) ウサギ血球指標

成長	マメ全体			胚乳部			基部			根部			子葉部		
日数 (日)	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.	タンパク質 (mg/g)	S.A.	T.A.
0	29.6	1	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	16.6	10	158	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	18.6	20	364	27.6	5	133	22.4	7	160	—	—	—	—	—	—
3	13.4	50	669	21.5	6	126	28.6	3	83	7.8	22	173	—	—	—
4	13.9	49	675	22.1	8	166	31.8	3	92	12.1	14	166	26.3	13	344
5	13.6	26	351	12.8	11	134	70.9	12	83	13.0	18	227	25.6	35	889
6	5.8	62	356	12.8	12	150	51.2	17	85	4.3	89	378	27.8	70	1930

S.A.: specific activity (units/mg タンパク質); T.A.: total activity (units/g マメ).

8 倍の強い活性が6 日目に残存していた。この B.M. もやしの活性は、緑豆もやしのウサギ赤血球による活性より約 4 倍強かった。部位別では、子葉部>根部>胚乳部>莖部の順に活性は弱くなった。

緑豆, B.M. の両マメにおいて、もやし時の活性は乾燥マメの 1/2~1/3 の場合もある。*Phaseolus vulgaris* のマメを発芽させた場合にも活性が、発芽に伴いマメの 2 倍に上昇し、発芽 6 日目に乾燥マメの半分にまで低下する報告¹⁶⁾もあり、発芽がレクチンの毒性を低下させる一手段となりえることを示している。しかし、乾燥マメの緑豆では検出されなかった活性が発芽で出現した場合もあり、もやしにおけるレクチンの毒性については、いかんとも言い難い。

両マメから作られるもやしの HA 活性は、これまで報告されてきたマメ科植物、非マメ科植物と同様に、子葉、根部等の成長の著しい部分に蓄積されていた^{9,17)}。葉では、気孔部、根部では、根先に特に含有されているという報告⁶⁾から、レクチンが病原体に対する抵抗性を示す役割を担っている⁶⁾こと。また、これらの成長部位でタンパク質が急激に合成されている結果を考え合わせると、植物の成長においてレクチンが欠くことのできない役割を果たしていると考えられる。

これまで筆者は、さまざまな植物性食品について主にマウス赤血球を指標とし HA 活性を測定している。HA 活性が強力である金時豆の全活性は、粗抽出段階で、16,011¹⁸⁾、サトイモ 178¹⁴⁾、ゆでブロッコリー 1,758¹⁴⁾である。今回測定した緑豆もやし 327, B.M. もやし 45 の全活性は、上述の 3 食品の活性値と比較し決して低いとはいえない。サトイモレクチンをマウスに経口投与した結果、小腸に存在する各種消化酵素活性が低下するために栄養素の吸収が阻害される²⁰⁾。さらに、マウスの摂食量が低下し²⁰⁾、運動量や、エネルギー代謝も低下する²¹⁾ことが明らかになっている。サトイモは加熱して食べられるとはいえ、加熱してもレクチンはかなりの含量残存している²²⁾ので人体に対する微量のレクチンの毒性が危惧されている。さらに、カリフラワー²³⁾やブロッコリー¹⁹⁾等、加熱して食される野菜は、生よりも HA 活性が加熱操作で高くなり、マウスへの脂質代謝の低下等、代謝全般へ影響することを前報²⁴⁾で報告した。さらに、イギリスでの 3 時間蒸し焼きにしたインゲンマメによる中毒事件¹²⁾、アフリカにおけるマメの離乳食・幼児食への利用等での毒性成分の乳幼児への影響¹³⁾等レクチンの毒性について

のさまざまな報告がある。以上の結果から推察し、われわれは、レクチンを含有した食品をかなり摂取していると思われる。レクチンの毒性発現には、①食品中のレクチン含有量、②食餌によるレクチン摂取量、③消化管での耐性、④小腸細胞への耐性等の条件が必要となる。もやしに高活性のレクチンが含まれ、短時間 (1 ないし 2 分) の両もやしの加熱で、活性は低下しない現状、あるいは、地域によってもやしは、生状態で食べられている現状を考え合わせると、残存したレクチンの毒性もないとはいえない。ただし、もやしを一度に多量に摂取しないかぎり人体への問題はないと考えられるが、他の食品の中のレクチンとの相互作用もありえるので、今後、もやしの栄養学的面からの再考察を動物実験をまじえて行い、その人体への影響を明らかにしたいと考えている。

4. 要 約

緑豆および、ブラックマッペを発芽させたもやしには、抗栄養素といわれるレクチンがどの位含有されているか、また、その存在部位について調べた。

(1) 緑豆は、マウス赤血球を凝集しなかったが、ウサギ赤血球を凝集した。発芽 1 日目に両血球での凝集活性はピークとなり、以後減少したが、7 日目の出荷日でもかなり高い活性が存在した。

(2) ブラックマッペは、マメ自体マウス・ウサギ両血球を凝集した。発芽に伴い 4 日目をピークに活性は低下したが、6 日目の出荷日でも活性は存在した。

(3) 発芽 6~7 日目の両マメのもやしのヘマグルチニン活性は、子葉、根部に高活性で存在した。胚乳、莖部の活性は、子葉、根部よりかなり低活性であった。

引 用 文 献

- 1) シャロン, N., リス, H.: レクチン, 学会出版センター, 東京, 39 (1990)
- 2) 畦 五月: 美作女子大紀要, **39**, 72~78 (1994)
- 3) Noah, N.D., Bender, A.E., Reaidi, G.B. and Gilbert, R.J.: *Br. Med. J.*, **19**, 236~238 (1980)
- 4) Pusztai, A.: *Acta Biochim. Biophys.*, **22**, 355~375 (1987)
- 5) Pusztai, A.: *Advance in Lectin Research*, Springer-Verlag, Berlin, 74 (1989)
- 6) Chaopongpang, S., Pornpattkul, S., Pitaksutheepong, C., Limpananout, J., Chaisiri, P. and Boonjawat, J.: *Biotechnol. Environ. Sci.*, 81~88 (1992)
- 7) Driessche, E.V., Smet, G., Dejaegere, R. and Kanarok, L.: *Planta*, **153**, 287~296 (1981)
- 8) Mannen, J.F. and Pusztai, A.: *Planta*, **155**, 328~334

緑豆およびブラックマッペもやしの発芽におけるレクチン含量変化

- (1982)
- 9) Peumans, W. and Van Damme, E.: *Histochem. J.*, **27**, 253~271 (1995)
 - 10) Higgins, T.J.V., Chrispeels, P.J., Chandler, P.M. and Spencer, D.: *J. Biol. Chem.*, **258**, 9550~9552 (1983)
 - 11) Peumans, W.J., Stinissen, H.M. and Carlier, A.R.: *Planta*, **156**, 41~44 (1982)
 - 12) 渡辺篤二, 大久保一良 (翻訳監修): FAO 豆類の栄養と加工, 建帛社, 東京, 69 (1993)
 - 13) 森 雅央: 調理科学, **11**, 167~176 (1978)
 - 14) 紙谷五月, 徐 栄珠, 塚本幾代, 三好正満: 家政誌, **38**, 455~464 (1987)
 - 15) 菅原 潔, 副島正美: 蛋白質の定量法, 学会出版センター, 東京, 117 (1979)
 - 16) Deshpande, S. and Singh, P.: *J. Food Process. Preserv.*, **15**, 81~87 (1991)
 - 17) Kalsi, G., Babu, C. and Das, R.: *Glycoconjugate J.*, **12**, 45~50 (1995)
 - 18) 林 典子, 塚本幾代, 三好正満: 家政学研究 (奈良女), **29**, 81~87 (1983)
 - 19) 畦 五月: 家政誌, **42**, 603~609 (1991)
 - 20) Seo, Y.-J., Une, S., Tsukamoto, I. and Miyoshi, M.: *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **36**, 277~285 (1990)
 - 21) Seo, Y.-J., Tsukamoto, I. and Miyoshi, M.: *J. Home Econ. Jpn.*, **42**, 211~218 (1991)
 - 22) 徐 栄珠, 紙谷五月, 三好正満: 家政誌, **40**, 805~809 (1989)
 - 23) Une, S. and Miyoshi, M.: *J. Home Econ. Jpn.*, **45**, 673~679 (1994)