

Technical Reports

大腸発がんを抑制する 紫トウモロコシ色素

1. はじめに

近年、成人病の増加に伴い、ライフスタイル、特に食生活の重要性が見直されてきています。例えば、がん全体の約3分の1は食事が原因といわれています。このような流れの中、従来の糖質や脂質、タンパク質、ビタミン、ミネラルといった栄養学を基盤とする学問体系から、がん、老化、免疫異常、循環器系や消化器系疾患の予防を目的とした新たな食品学、機能性食品科学が注目を集めています。

最も有名な例としては、飽和脂肪酸とコレステロールの摂取量の多い欧米諸国にありながら、フランス人の心臓疾患罹病率が他の欧米諸国の人々よりも低いという現象、いわゆるフレンチパラドックスでありましょう。フレンチパラドク



写真1. 紫トウモロコシ

スの要因の一つに赤ワインの摂取量が多いことが指摘され、その成分の検索が精力的に行われた結果、フレンチパラドックスは赤ワインに含まれるポリフェノールの抗酸化作用によるものと考えられています。消費者にも赤ワインに含まれるポリフェノールは健康に良いとの認識が普及し、赤ワインの消費が拡大しています。

赤ワイン以外にも、野菜や果物が体に良いことはまず間違いなく、その有効成分の検索が積極的に行われています。赤ワインで有名になりましたポリフェノールの一種であるアントシアニンは高等植物に広く分布していますが、単一成分が得にくいことや、その化学構造がpHによって変化することなどから、最近になってようやく詳細な研究が行われるようになってきています。アントシアニンは抗酸化活性や抗変異原性、抗腫瘍活性などの種々の生理活性を有することが報告されています。

2. 紫トウモロコシ色素による大腸発がん抑制

このように天然成分の機能性が徐々に明らかにされるなか、弊社は、名古屋市立大学医学部（第一病理学講座 白井智之教授）と大雄会医学研究所との共同研究を1999年より開始しました。アントシアニン色素の一つである紫トウモロコシ色素の生理活性をin vivoの系で検討しましたところ、環境発癌物質でありますPhIPによる大腸がんの発生を有意に抑制することを見いだしました。大腸がん注目したのは、近年、食生活の欧米化に伴い大腸がんの発生率が日本で増加しているためです。

紫トウモロコシ(*Zea mays* L.)は、南米の山地で栽培されており、産地ではインカの昔から原住民が食用に供している濃紫色をしたトウモロコシ

の原種です。ペルーで飲用されている「チチャモラダ(Chicha Morada)」という飲料は、この紫トウモロコシを水煮した汁を布ごしし、砂糖や果物(パイナップル、リンゴ、レモン)を加えた物



写真2．チチャモラダなどペルー国内のスーパーなどで販売されている紫トウモロコシを利用した食品

で、一般家庭はもとより、パーティー等では必ずといっていいほど愛飲されている飲料です。その他、このチチャモラダに片栗粉を入れてゼリー状に固めたマサモラ、また乾燥させたトウモロコシを水でふやかしてから噛みくだき、カメに吐き出して貯えて発酵させたチチャという地酒も作られています。

日本においては、紫トウモロコシの紫色の種子から抽出して得られた紫トウモロコシ色素がアントシアニン系色素として、清涼飲料水、ゼリー、飴などの食品の着色に年間約50トン程度利用されています。そのアントシアニン成分のほとんどはシアニジン-3-グルコシドです。

実験としては、DMH (1,2-dimethylhydrazine) を20mg/kg体重で週1回計4回皮下投与しエイニシエーション処置した後、市販の飼料に、我々が日常的に摂取しているヘテロサイクリックアミンのPhIP (2-amino-1-methyl-6-phenyl-imidazo [4,5-b] pyridine) を200ppm混合し、32週自由

摂取させました。PhIP投与群(Group 2)の腫瘍発生率が90%だったのに対し、紫トウモロコシ色素の粉末を5%添加した飼料を与えた場合(Group 3)には腫瘍発生率が30%まで低下しました。腫瘍数も一群20匹全体で49個から6個へと約8分の1まで抑制されました(表1)。なお、試験に用いた紫トウモロコシ色素は通常の液体の製品を、デキストリンなどの賦形剤を加えることなく粉末化したものです。

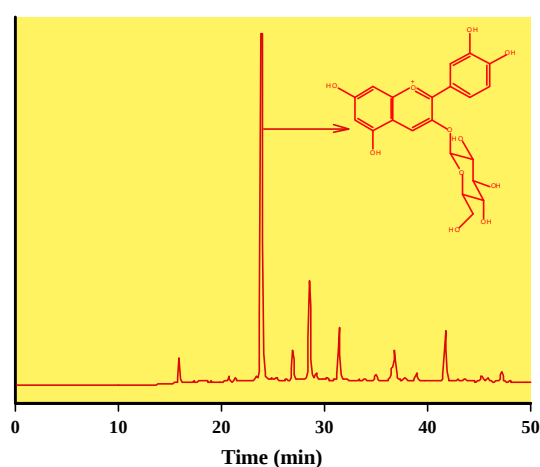


図1．紫トウモロコシ色素のHPLCクロマトグラム

PhIPは加熱分解食品、いわゆる焼け焦げ中に最も大量に存在するヘテロサイクリックアミンの一種で、日本人は魚や肉を食べることにより一日0.1~13.8μgのPhIPを毎日摂取していると推察されています。PhIPは変異原性陽性で、ラットにおいて大腸発がんを誘発することが知られており、今回の結果は、紫トウモロコシ色素が、このPhIPによる大腸発がんプロモーション作用を有意に抑制することを示しています。

3．紫トウモロコシ色素による変異原性抑制

上述の発がん性抑制試験に引き続き、invitroにおけるPhIP誘発変異原性試験についても行いました。代謝活性化酵素(S-9 mix)存在下、通常の

Ames 試験に準じて行った結果、紫トウモロコシ色素は PhIP による変異原性を用量依存的に抑制し、紫トウモロコシ色素を PhIP の 5,000 倍程度付与すると、PhIP による変異原性を完全に抑制することを見いだしました（図 2）。

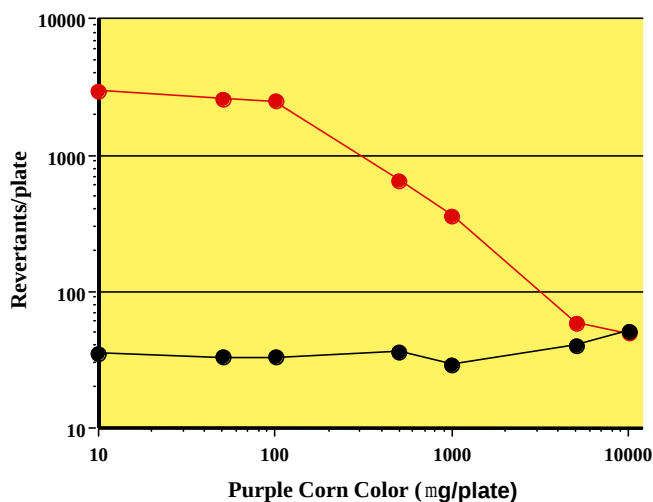


図 2．紫トウモロコシ色素による PhIP 変異原性(サルモネラ菌 TA98)に対する影響
 (●) 紫トウモロコシ色素のみ
 (●) 紫トウモロコシ色素+PhIP 1µg/plate

これらの結果をもとに、日本人が調理済食品などから摂取すると思われる PhIP の 1 日あたりの摂取量を 10µg と仮定し、比例関係がそのまま成り立つとした場合、紫トウモロコシ色素をその 250 倍から 5000 倍、2.5mg から 50mg 摂取することにより発がん抑制効果が期待できるものと推定しました。今回実験に用いた紫トウモロコシ色素 50mg というのは、520nm での吸光度が 1.2 になるように着色された 350ml ペットボトルの飲料 1 本分に相当します。色的には若干濃いかもしれないが、無理なく摂取できる量です。

4．紫トウモロコシ色素の一般的性質

紫トウモロコシ色素は着色料として使用されていますが、機能性素材として使用される場合

には、上述のように通常の添加量に比べ約数倍近く増えることになります。しかしながら、基本的な性状が大きく変わることはありませんので、紫トウモロコシ色素の一般的な性質について述べます。

4．1 性状

暗赤紫色の液体または、粉末で酸性食品に使用した場合、鮮明な赤色～紫赤色を呈します。また、特有のにおいを有しますが、アントシアニン系色素の中では比較的ににおいが少ない方です。

4．2 溶解性

紫トウモロコシ色素は、他のアントシアニン系色素と同じく、水、アルコール、酢酸などに溶解しますが、油脂、エーテル、無水アセトン等には溶解しません。

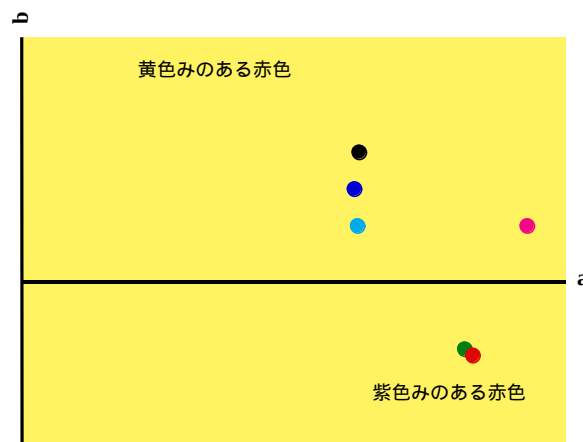


図 3．紫トウモロコシ色素の色調（アントシアニン系色素との色相比較）

[試験条件]

試 験 液：0.3% クエン酸水

色素添加量：0.1%（色価 80 換算）

測 色 計：カラーコンピューター SM-6 型（スガ試験機製）にて測定。

(●) サンレッド®No.5 （紫トウモロコシ色素）

(●) サンレッド®RCA （赤キャベツ色素）

(●) サンレッド®YM （ムラサキイモ色素）

(●) サンレッド®ELF （エルダーベリー色素）

(●) サンレッド®No.2L （ブドウ果皮色素）

(●) サンレッド®GA （ブドウ果汁色素）

4.3 色調

紫トウモロコシ色素は他のアントシアニン系色素と同じく液性の影響を受け、色調は変化します。紫トウモロコシ色素は、少し黄味のある赤色を呈します（図3）。

4.4 pH変化

紫トウモロコシ色素は酸性で赤色、中性で暗紫赤～紫青色、アルカリ性で暗緑色を呈します。中性～アルカリ性では不安定ですぐに退色していきます。食品のpHは、色調に関して最も重要な要素ですので、ご注意ください。

4.5 耐熱・耐光性

紫トウモロコシ色素の耐熱性、耐光性については、アントシアニン系色素の中では安定性が若干劣ります。サプリメント素材として使用する場合、添加量が増えることにはなりますが、このような紫

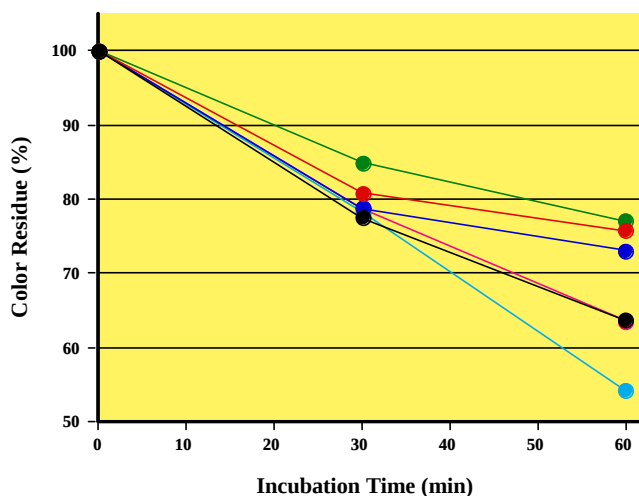


図4. アントシアニン色素の耐熱性

[試験条件]

試験溶液 : 0.2%クエン酸水溶液

加熱温度 : 90

色素添加量 : 色価 60 換算で 0.05%

使用色素

- (●) サンレッド®No.5 (紫トウモロコシ色素)
- (●) サンレッド®RCA (赤キャベツ色素)
- (●) サンレッド®YM (ムラサキイモ色素)
- (●) サンレッド®ELF (エルダーベリー色素)
- (●) サンレッド®No.2L (ブドウ果皮色素)
- (●) サンレッド®GA (ブドウ果汁色素)

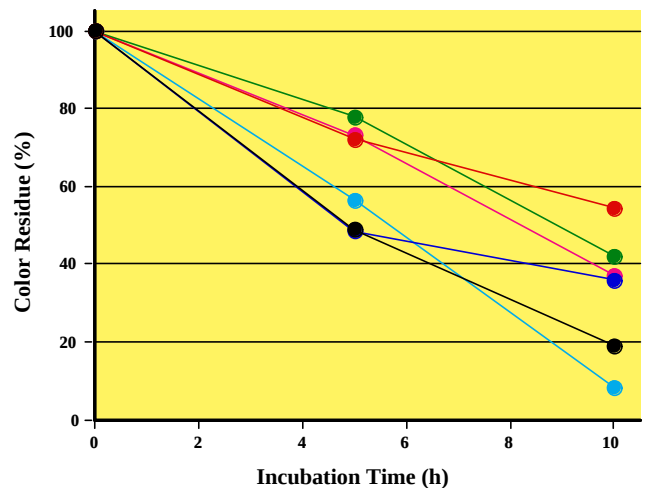


図5. アントシアニン色素の耐光性

[試験条件]

試験溶液 : 0.2%クエン酸水溶液

照射試験機 : キセノンロングライフフェードメーターXWL-75R (スガ試験機製)

色素添加量 : 色価 60 換算で 0.05%

使用色素

- (●) サンレッド®No.5 (紫トウモロコシ色素)
- (●) サンレッド®RCA (赤キャベツ色素)
- (●) サンレッド®YM (ムラサキイモ色素)
- (●) サンレッド®ELF (エルダーベリー色素)
- (●) サンレッド®No.2L (ブドウ果皮色素)
- (●) サンレッド®GA (ブドウ果汁色素)

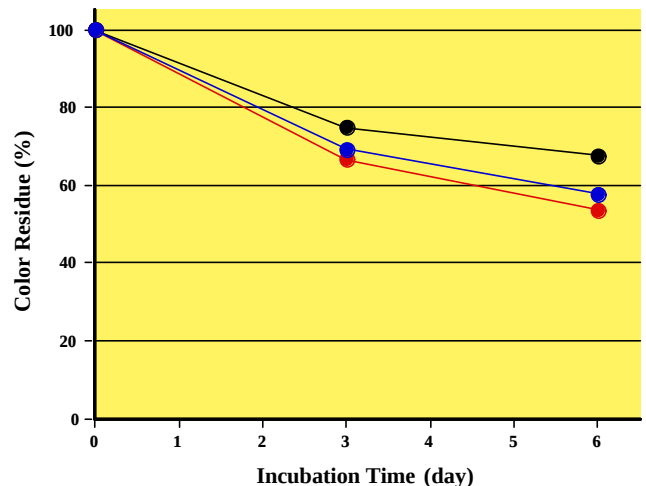


図6. 紫トウモロコシ色素添加量による熱安定性

[試験条件]

試験溶液 : 0.2%クエン酸糖水溶液 (Brix 10°, pH=3.0)

色素添加量 : サンレッド®No.5 (●) 0.04, (●) 0.08, (●) 0.07%

加熱温度 : 50°C 3, 6日間

トウモロコシ色素の添加量を増加したときの耐熱性、耐光性は、色素添加量が増すことにより安定が向上します（図４～７）。

（尚、安定性の残存率測定方法は、分光光度計により吸光度を測定しその比率で求めました。）

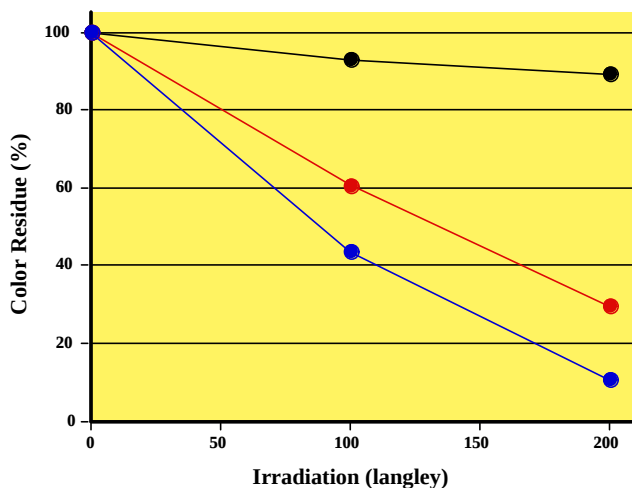


図７．紫トウモロコシ色素添加量による光安定性

〔試験条件〕

試験溶液：0.2%クエン酸糖水溶液（Brix 10 °，pH=3.0）

色素添加量：サンレッド®No.5 （●）0.04，（●）0.08，（●）0.7%

照射試験機：キセノンロングライフフェードメーターXWL-75R（スガ試験機製）100, 200 langley（20 °C）

4.6 耐ビタミンC

アントシアニン色素はビタミンCにより退色する傾向があり、紫トウモロコシ色素においても同様です。アントシアニン色素の酸化防止剤として使用される酵素処理イソケルシトリンとの併用により耐光性については改善されますが、耐熱性については著しい改善効果を示すものではありません（図８～９）。

図８．紫トウモロコシ色素のビタミンC併用時の耐熱性

〔試験条件〕

試験溶液：0.2%クエン酸糖水溶液（Brix 10 °，pH=3.0）

色素添加量：サンレッド®No.5，0.08%

酸化防止剤：（●）ビタミンC

（●）ビタミンC+サンメリン®A0-1007
（酵素処理イソケルシトリン）0.05%
加熱温度：50 °C 3日間

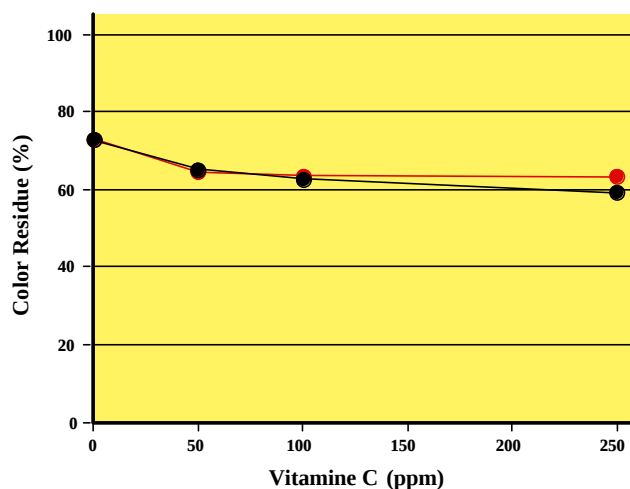


図９．紫トウモロコシ色素のビタミンC併用時の耐光性

〔試験条件〕

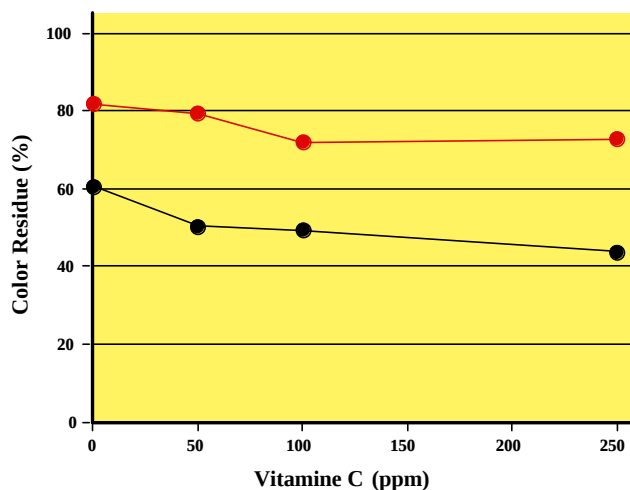
試験溶液：0.2%クエン酸糖水溶液（Brix 10 °，pH=3.0）

色素添加量：サンレッド®No.5，0.08%

酸化防止剤：（●）ビタミンC

（●）ビタミンC+サンメリン®A0-1007
（酵素処理イソケルシトリン）0.05%

照射試験機：キセノンロングライフフェードメーターXWL-75R（スガ試験機製）100 langley（20 °C）



4.7 耐金属性

アントシアニン系色素の変色・退色の最も大きな要因として、金属イオンの影響が考えられます。特に、フルーツ缶詰や缶入り果汁などを利用などで変色する例が多く見られます。紫トウモロコシ

色素においても金属イオンの影響を受けるため充分にご注意下さい。特に、錫イオンについては極微量でも色調が紫味に変化し、鉄イオンについては黄色味が強くなる傾向が認められます。

4.8 フモニシン汚染

原料である紫トウモロコシは、収穫後乾燥される際、カビ毒の一種であるフモニシンに汚染される場合があります。通常の方法で紫トウモロコシより色素を抽出・製品化しますと、フモニシンが除去されずに、逆に高濃度に濃縮されてしまいますが、弊社は独自の精製方法でフモニシンを除去しており安心してご使用頂ける製品としております。

5. 用途開発

使用される食品に関しては、基本的にアントシアニン系色素が使用される酸性食品が考えられます。弊社では紫トウモロコシ色素を 25 年前から販売し様々な食品に着色料として使用して頂いております。

今回のように紫トウモロコシ色素の着色機能だけでなく生体調節機能について明らかになることで、今後機能性に着目された食品、いわゆる「健康補助食品（サプリメント）」として利用が進むものと考えられます。先に理想的な摂取量を述べましたが、日常簡単に食することが可能な食品に添加されれば無理なく摂取することがで

きます。また、紫トウモロコシ色素の機能が、大腸がん抑制効果であることから食物繊維や整腸作用などの効果を示す成分と併用された複合サプリメント食品も開発可能であると考えられます。

着色料としての一般的な使用例及びサプリメント食品としたときの使用例を示します。サプリメント食品には食品の栄養組成の明記が必要となるため紫トウモロコシ色素の栄養成分についても参考までに示します。

6. おわりに

がんや脳卒中、心臓病、糖尿病といった成人病が増加しています。これらの疾患は長年の生活習慣の結果として起こるものと考えられており、「治療よりも予防」の方が効果的です。ビタミンやミネラルなどの栄養学的な研究は多く見られますが、非栄養素であるアントシアニンの生体内での機能性に関する研究は始まったばかりです。特に紫トウモロコシ色素は、加工食品への着色機能（第二次機能性）だけではなく、酸化ストレス防止や今回明らかとなった大腸がん抑制など生体調節機能（第三次機能性）を持つ食品素材としてご利用いただけるものと考えます。

表1. ラットにおけるPhIP誘発大腸がん発生状況

	Group 1	Group 2	Group 3
	Control群	PhIP投与群	PhIP+ 紫トウモロコシ色素投与群
大腸腫瘍発生頻度(匹)	4	18	6
大腸腫瘍発生頻度(%)	20	90	30
大腸腫瘍総発生個数(個)	5	49	6
大腸腫瘍平均発生個数(個/匹)	0.3	2.5	0.3

表 2 . 製品リスト

名称	商品名	色価又は含量	副材	添加物量 (%)	食品への表示例	包装形態
食品添加物着色料製剤	サンレッド®No.5	40	プロピレングリコール クエン酸 (結晶)	15 2	紫トウモロコシ色素 紫コーン色素 アントシアニン色素 着色料 (アントシアニン)	2kg 詰ボトル容器
	サンレッド®No.5A	60	エタノール クエン酸 (結晶)	20 2		10kg 詰ボトル容器
	サンレッド®No.5F	60	エタノール クエン酸 (結晶)	20 2		
	粉末サンレッド®No.5N	100	クエン酸 (結晶) デキストリン	1 65		0.5kg 詰ボトル缶
食品素材	紫トウモロコシエキス	2%			原材料表示	2kg 詰ボトル容器 10kg 詰ボトル容器
	紫トウモロコシエキスパウダー	3%				0.5kg 詰ボトル缶

表 3 . 食品への使用例

	食品名	添加量 (%)
飲料 *1	ストレート飲料	0.02 ~ 0.2
	乳酸菌飲料	0.02 ~ 0.3
	果実酒	0.02 ~ 0.2
	かき氷シロップ	0.1 ~ 0.5
冷菓	氷菓	0.02 ~ 0.2
	かき氷	0.02 ~ 0.2
製菓	ガム	0.1 ~ 0.5
	キャンデー類	0.05 ~ 0.3
デザート	ゼリー	0.02 ~ 0.3
農産加工品	ジャム	0.05 ~ 0.3
	漬物	0.1 ~ 0.3
サプリメント食品 *2	ドリンク剤 (100ml)	0.7
	タブレット *3	5 ~ 10

*1 : サンレッド®No.5F 使用

*2 : 紫トウモロコシエキス (2%) として使用

*3 : 食品の摂取量により設定必要

表 4 . 栄養成分例

商品名	粗蛋白	粗脂肪	水分	糖質	繊維	灰分	アントシアニン含量
							3-O- (b-D-glucopyranosyl) cyanidin 含量
紫トウモロコシエキス	1.7	0.2	82.1	14.6	0	1.4	約 2% 約 1%
紫トウモロコシエキスパウダー	1.5	0.1	5.0	86.0	0	7.4	約 3% 約 1.6%