

野菜、果物中の食物繊維による有害成分の除去効果

アマランス（食用赤色2号）の吸着除去作用

山 口 務

緒 言

筆者らは食物繊維が Trp-p-2、AF-2 等の発癌物質を吸着することを報告した¹⁾。桐山ら²⁾は、食用着色料としてよく使用されているアマランス（食用赤色2号）をラットに大量投与すると、顕著な成長阻害を起こすことを報告している。食物繊維がアマランスを吸着し、体外に排出除去する効果があれば、その毒性を軽減できる可能性がある。その後、永井ら³⁾は、ごぼうなどから分離した食物繊維が、赤色2号を吸着することを報告した。しかし、食物繊維分析法は、その後著しく進歩し、食品成分表も当時の三訂から四訂を経て、現在の五訂に改訂された。そして五訂では、食物繊維の表示法が今までの総食物繊維だけでなく、水溶性、及び不溶性食物繊維が併記され、数値も大きく変わった。

そこで、筆者らは、いろいろな野菜、果物等40種について、赤色2号の吸着能を調べ、5訂食品成分表記載の総食物繊維、水溶性食物繊維、及び不溶性食物繊維との相関性の有無等について研究した。また、これらの試料を加熱した場合、色素吸着能はどのように変化するかなどについても検討した。

その結果、赤色2号の吸着能は、野菜、果物類のどちらも、総食物繊維よりはむしろ不溶性食物繊維量と正の相関性があること、いずれの野菜類も、加熱することにより吸着能は増加すること、この場合も吸着率が増加する野菜ほど加熱による不溶性食物繊維の増加が見られること、また、ネギ、小松菜など白色部と緑色部の両方を利用する野菜の場合、緑色部の方が吸着能は顕著に高いことなどが明らかになった。

本稿では、それらの研究結果について報告する。

実験材料及び試薬類

1) 野菜、果物類

本研究に使用した野菜類、未熟豆類、いも類、きのこ類（以下本研究ではこれらすべてを野菜類と総称する）、及び果物類は、何れも金沢市内の食料品店で新鮮なものを購入した。購入後直ちに冷蔵し、24時間以内に実験に供した。また、使用部位は何れも可食部のみとした。

2) 試薬

a. アマランス溶液

正式名：食用赤色2号は和光純薬工業（株）製で、厚生労働大臣の製品検査合格品（食品添

加物用)を使用した。粉末試薬 500mg を純水に溶かして 100ml とした。

b. 1M 酢酸バッファー (pH3.0)

酢酸ナトリウム (関東化学 (株) 製、試薬特級品) 27.2 g を 1 l 弱の純水に溶かし、1 N 塩酸を加えて pH 3.0 に調整した後、1 l とする。

3) 実験設備

- a. 分光光度計: Spectro-photometer HITACH MODEL 100-10 を使用。
- b. ホモジェナイザー: 日本精機 (株) 製 ACe HOMOGENIZER AM-3 を使用。
- c. 遠心分離機: クボタ製作所製 卓上多本架遠心機 KUBOTA KN-70 を使用。

I-1. 各種野菜、果物類の色素吸着能と総食物繊維との相関

目的:

各種野菜類、果物類について、食用赤色 2 号色素の吸着能を測定し、食品成分表記載の各試料中に含まれる総食物繊維との相関性の有無を調べる。

実験方法:

各種野菜、果物類の色素吸着能の測定法

- i) 野菜、果物類の可食部 1.0g をホモジェナイザー付属容器に入れ、純水 9 ml を加えた後、ホモジェナイザーに設置し、15,000r.p.m. 2 分間磨砕する。
- ii) 磨砕した試料懸濁液を三角フラスコに移し、純水 8 ml、1M 酢酸バッファー (pH3.0) 10ml、アマランス溶液 2 ml を加え、混合液を往復振騰機に掛けて、15 分間振騰する。
- iii) その全量を遠心沈殿管に移し、遠心分離機により、5,000 r.p.m., 5 分間遠心分離した後、透明な上清を分取する。
- iv) 上清液の色素濃度 (O.D. 520nm) を分光光度計により測定する。別に対照として、試料懸濁液の代わりに純水を用いた混合液を同様に処理した後、色素濃度を測定する。
- v) 色素吸着率を次式により算出する。

$$\text{色素吸着率 (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100$$

W_0 = 対照における色素濃度、なお本実験では W_0 は 1.375 前後であった。

W_1 = 試料における色素濃度

結果:

各種野菜類 (いも類、菜豆類、きのこ類を含む)、及び果物類の色素吸着能は表 1 に示すようであった。なお、同表には、色素吸着能と食物繊維の関係を見るために、五訂食品成分表から引用した各試料の総食物繊維含有量を併記した。(同表中の順位列にある数値は、試料数 40 種類

野菜、果物中の食物繊維による有害成分の除去効果

中の色素吸着能順位を示す。)

表 1 - 1. 根菜類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
12	ごぼう	5.7	0.393	71.5
20	にんじん	2.7	0.549	60.2
27	かぶ	1.5	0.629	54.3
22	れんこん	2	0.562	59.3
39	だいこん	1.3	0.808	41.4

表 1 - 2. 葉菜類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
2	パセリ	5.3	0.14	89.8
21	ミツバ	2.5	0.551	60
19	キャベツ	1.8	0.529	61.6
23	コマツナ	1.9	0.563	59
33	ハクサイ	1.3	0.261	50.5
31	セロリー	1.5	0.663	51.9

表 1 - 3. まめ類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
1	えだまめ	5	0.127	90.8
9	さやえんどう	3	0.37	73.1
15	いんげんまめ	2.4	0.45	68
13	もやし	1.3	0.407	70.4

表 1 - 4. 花菜類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
8	ブロッコリ	4.4	0.366	73.4
24	ミョウガ	2.1	0.621	54.9

山 口 務

表1-5.きのこ類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
3	えのきたけ	3.9	0.204	85.2
4	しめじ	3.7	0.236	82.9
10	しいたけ	3.5	0.378	72.6
17	マッシュルーム	2	0.486	64.7

表1-6.果菜類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
7	ししとう	3.6	0.306	77.8
32	きゅうり	1.1	0.672	51.2
28	ピーマン	2.3	0.638	53.7
18	トマト	1	0.522	62.1

表1-7.茎菜類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
11	ネギ	2.9	0.386	72
25	タマネギ	1.6	0.624	54.7

表1-8.いも類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
16	さつまいも	2.3	0.452	67.2
26	サトイモ	2.3	0.63	54.3
29	じゃがいも	1.3	0.649	52.9
30	ながいも	1	0.753	45.7

表1-9.仁果類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
5	かき	1.6	0.241	82.6
40	りんご	1.5	0.812	41

野菜、果物中の食物繊維による有害成分の除去効果

表 1 - 10. 漿果類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g / 100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
6	いちご	1.4	0.303	78
38	ぶどう	0.5	0.801	41.9
36	メロン	0.5	0.732	46.9

表 1 - 11. 熱帯果類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g / 100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
14	バナナ	1.1	0.409	70.3
37	キウイフルーツ	2.5	0.523	62

表 1 - 12. かんきつ類の色素吸着能

対照吸光度：1.378

順位	食品名	総食物繊維 (g / 100g)	上清液の 吸光度	色素吸着率 (%)
34	グレープフルーツ	0.6	0.694	49.7
35	温州みかん	0.4	0.724	47.5

表に見られるように、すべての野菜類、果物類は、何れも色素吸着能を有していることが認められる。しかし、その強さはそれぞれの試料によって著しい差が見られた。一般に、菜豆類（えだまめ、さやえんどう、いんげん豆など）や、きのこ類（えのきたけ、しめじ、しいたけなど）が高い値を示した。また、果物類では、かき、いちご、バナナなどのように、総食物繊維含有量は低いですが、色素吸着能は高い値を示すものがあった。これについては考察の項で言及する。

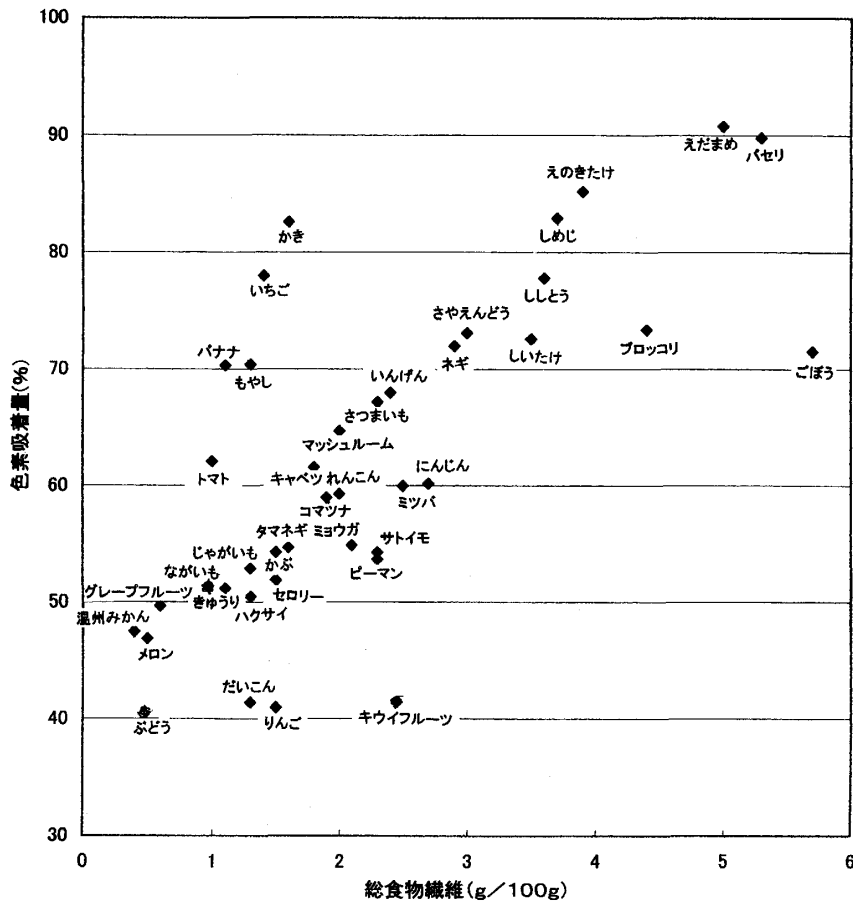
緒言で触れたように、永井ら³⁾はごぼうから取り出した食物繊維（ホロセルロース）が、アマランス色素を吸着することを報告している。しかしわれわれの実験では、ごぼうは表 1 - 1 に見られるように総食物繊維が極めて高いが、色素吸着力は予想に反してそれほど高い値を示さないことが認められた。

次に、表 1 の結果を色素吸着力の順位に並べ換えると表 2 のようである。また表 2 をグラフで示すと、図 1 のようになった。

表2. 各種野菜、果物類の色素吸着能と総食物繊維

順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	色素吸着率 (%)	順位	食品名	総食物繊維 (g/100g)	色素吸着率 (%)
1	えだまめ	5	90.8	21	ミツバ	2.5	60
2	パセリ	5.3	89.8	22	れんこん	2	59.3
3	えのきたけ	3.9	85.2	23	コマツナ	1.9	59
4	しめじ	3.7	82.9	24	ミョウガ	2.1	54.9
5	かき	1.6	82.6	25	タマネギ	1.6	54.7
6	いちご	1.4	78	26	サトイモ	2.3	54.3
7	ししとう	3.6	77.8	27	かぶ	1.5	54.3
8	ブロッコリ	4.4	73.4	28	ピーマン	2.3	53.7
9	さやえんどう	3	73.1	29	じゃがいも	1.3	52.9
10	しいたけ	3.5	72.6	30	ながいも	1	45.7
11	ネギ	2.9	72	31	セロリー	1.5	51.9
12	ごぼう	5.7	71.5	32	きゅうり	1.1	51.2
13	もやし	1.3	70.4	33	ハクサイ	1.3	50.5
14	バナナ	1.1	70.3	34	グレープフルーツ	0.6	49.7
15	いんげん	2.4	68	35	温州みかん	0.4	47.5
16	さつまいも	2.3	67.2	36	メロン	0.5	46.9
17	マッシュルーム	2	64.7	37	キウイフルーツ	2.5	62
18	トマト	1	62.1	38	ぶどう	0.5	41.9
19	キャベツ	1.8	61.6	39	だいこん	1.5	41.4
20	にんじん	2.7	60.2	40	りんご	1.2	41

図1. 各種野菜、果物類の色素吸着能と総食物繊維



野菜、果物中の食物繊維による有害成分の除去効果

図1に見られるように、各種野菜・果物類の色素吸着能と総食物繊維含有量の間には、ほぼ正の相関性があることが認められた。しかし、例外として、ごぼう、ブロッコリー、だいこん、にんじん、ピーマン、サトイモなど（以下本研究では仮に**特異野菜類**と呼ぶ）は、比例曲線よりもかなり低い位置にずれること、また、りんご、かき、いちご、バナナなどの果物類（以下本研究では仮に**特異果物類**と呼ぶ）は、何れも比例曲線から高い位置にずれている点が特徴的であった。

I-2. 各種野菜・果物類の色素吸着能と水溶性及び不溶性食物繊維量間の相関性

目的：

図1では、色素吸着能と総食物繊維の相関性についてみてきた。

総食物繊維は、いわば水溶性食物繊維と不溶性食物繊維の合計値であるが、両者の含有比率は、試料によってかなり差があるように思われる。そこで本章では、色素吸着能と水溶性食物繊維との相関性、及び色素吸着能と不溶性食物繊維との相関性の有無について解析した。

方法：

特異野菜類、及び特異果物類の各試料について、食品成分表記載の水溶性、不溶性食物繊維量を調べ、またそれらの総食物繊維に占める比率を算出し、各グループ毎の平均値を求めた。さらに、前章表1に示した全試料（40種類）についても、同様に水溶性、及び不溶性食物繊維がそれらの総食物繊維に占める比率を算出し、上と同様全試料の平均値を算出した。すなわち特異野菜類、特異果物類の平均値と全試料の平均値を比較することによって、それぞれのグループの特性について解析した。

結果：

結果は、表3-1、表3-2、及び表3-3に示すようである。

表3-1. 特異野菜類の総食物繊維に占める水溶性及び不溶性食物繊維

特異野菜類	水溶性食物繊維		不溶性食物繊維		総食物繊維 (g / 100g)
	(g / 100g)	(%)	(g / 100g)	(%)	
ごぼう	2.3	40	3.4	67	5.7
ブロッコリー	0.7	15.9	3.7	84	4.4
だいこん	0.5	38.4	0.8	61.5	1.3
にんじん	0.7	25.9	2	74	2.7
ピーマン	0.6	26	1.7	73.9	2.3
サトイモ	0.8	34.7	1.5	65.2	2.3
合計	5.6	180.9	13.1	425.6	18.7
平均	0.9	30.15	2.2	70.93	3.1

表3-2. 特異果物類の総食物繊維に占める水溶性及び不溶性食物繊維

特異果物類	水溶性食物繊維		不溶性食物繊維		総食物繊維 (g / 100g)
	(g / 100g)	(%)	(g / 100g)	(%)	
キウイフルーツ	0.7	28	1.8	72	2.5
りんご	0.3	20	1.2	80	1.5
かき	0.2	12.5	1.4	87.5	1.6
いちご	0.5	35.7	0.9	64.7	1.4
バナナ	0.1	8.3	1.1	91.6	1.2
合計	1.8	104.5	6.4	395.8	8.2
平均	0.3	20.9	1.1	79.2	1.3

表3-3. 全試料(平均)の総食物繊維に占める水溶性及び不溶性食物繊維

	水溶性食物繊維		不溶性食物繊維		総食物繊維 (g / 100g)
	(g / 100g)	(%)	(g / 100g)	(%)	
全試料(平均)	0.5	22.6	1.71	77.3	2.21

これら3つの表の数値を比較すると、**特異野菜類**では、全試料の平均値に比べて明らかに水溶性食物繊維が多く、不溶性食物繊維が少ないことがわかった。またこれとは反対に、**特異果物類**では、全試料の平均値に比べて水溶性食物繊維が著しく少なく、不溶性食物繊維が多いことが認められる。

そこで、全試料について、色素吸着能と不溶性食物繊維、及び色素吸着能と水溶性食物繊維間の相関性について解析した。

結果は、表4、及び図2に示すとおりである。

野菜、果物中の食物繊維による有害成分の除去効果

表4. 各種野菜、果物類の不溶性食物繊維と色素吸着能

No	食品名	不溶性食物繊維 (g/100g)	色素吸着率 (%)	No	食品名	不溶性食物繊維 (g/100g)	色素吸着率 (%)
1	えだまめ	4.6	90.8	21	ミツバ	2.1	60
2	パセリ	5.2	89.8	22	れんこん	1.8	59.3
3	えのきたけ	3.5	85.2	23	コマツナ	1.5	59
4	しめじ	3.4	82.9	24	ミョウガ	1.7	54.9
5	かき	1.4	82.6	25	タマネギ	1	54.7
6	いちご	1.1	78	26	サトイモ	1.5	54.3
7	ししとう	3.3	77.8	27	かぶ	1.2	54.3
8	ブロッコリ	3.67	73.4	28	ピーマン	1.7	53.7
9	さやえんどう	2.7	73.1	29	じゃがいも	0.7	52.9
10	しいたけ	3	72.6	30	ながいも	0.8	45.7
11	ネギ	2.5	72	31	セロリー	1.2	51.9
12	ごぼう	3.4	71.5	32	きゅうり	0.9	51.2
13	もやし	1.2	70.4	33	ハクサイ	1	50.5
14	バナナ	1	70.3	34	グレープフルーツ	0.4	49.7
15	いんげん	2.1	68	35	温州みかん	0.2	47.5
16	さつまいも	1.8	67.2	36	メロン	0.3	46.9
17	マッシュルーム	1.8	64.7	37	キウイフルーツ	1.8	62
18	トマト	0.7	62.1	38	ぶどう	0.3	41.9
19	キャベツ	1.4	61.6	39	だいこん	0.8	41.4
20	にんじん	2	60.2	40	りんご	1.2	41

図2. 各種野菜、果物類の不溶性食物繊維と色素吸着能

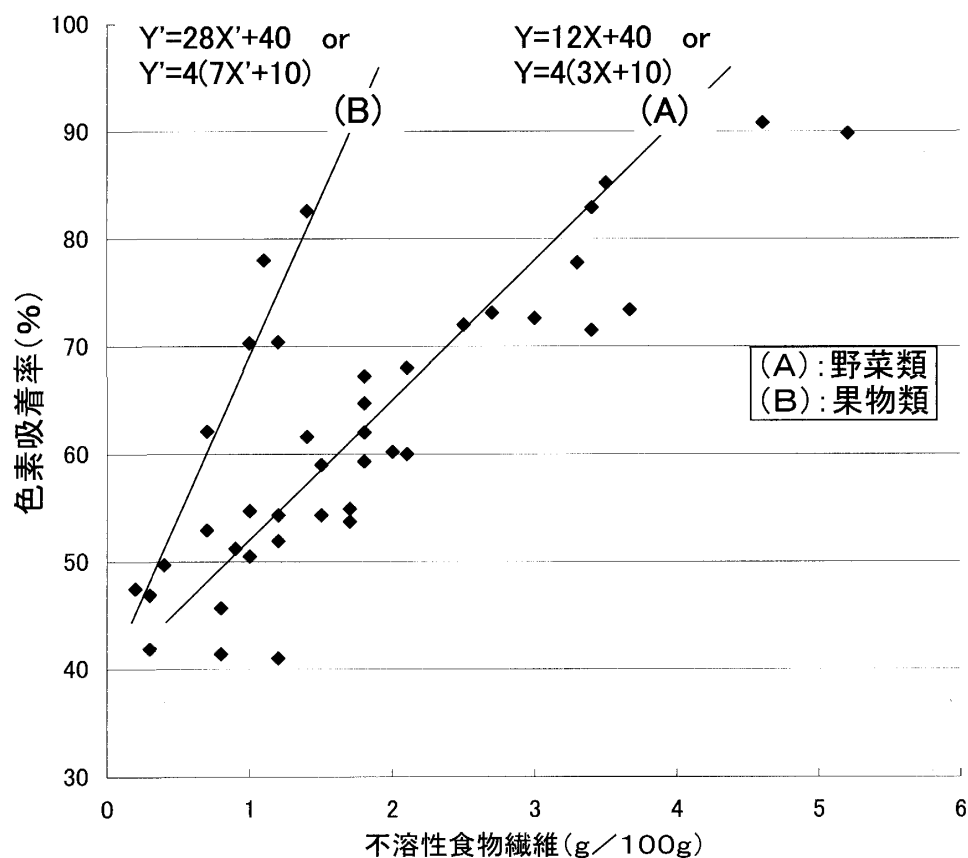


図2を前章図1と比較すると、野菜類は図2の相関曲線(A)に収斂し、バラツキは極めて少なくなった。すなわち、各種野菜類の色素吸着能は、総食物繊維量よりもむしろ不溶性食物繊維量に対して高い相関性を示すことがわかった。一方、果物類は同図に見られるように、野菜類とは異なる果物類独自の相関曲線(B)に収斂することが明らかになった。

今、図2から色素吸着能と不溶性食物繊維の間の関係式を算定してみると、野菜類では

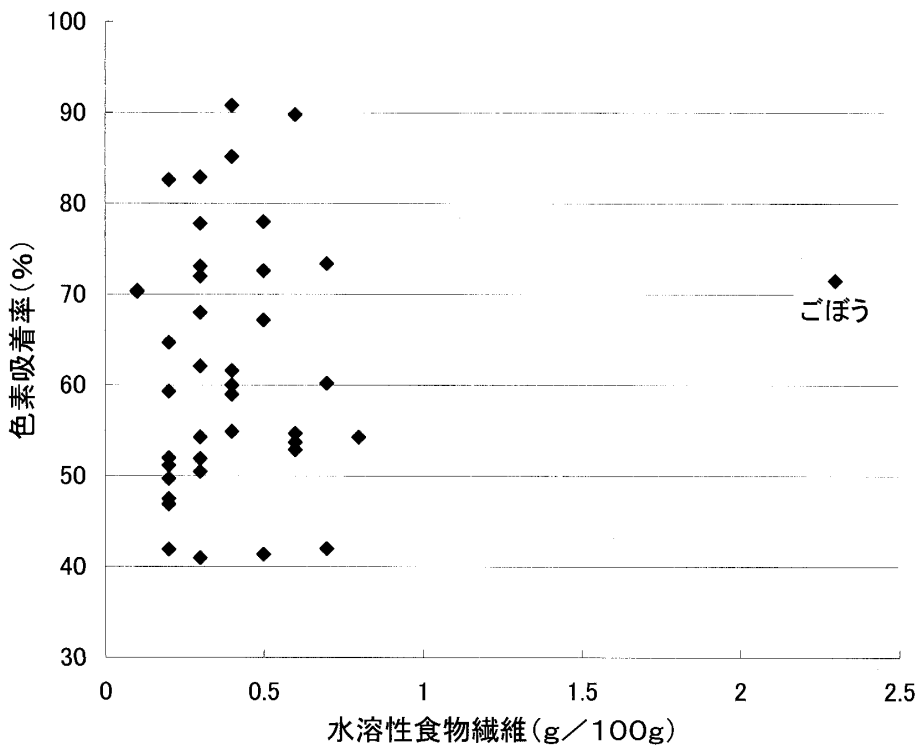
$$Y = 12 X + 40 \quad \text{または} \quad Y = 4 (3 X + 10)$$

ただし、Y：各種野菜類の色素吸着率(%)、X：各種野菜類の不溶性食物繊維(g/100g)
また、果物類では

$$Y' = 28 X' + 40 \quad \text{または} \quad Y' = 4 (7 X' + 10)$$

ただし、Y'：各種果物類の色素吸着率(%)、
X'：各種果物類の不溶性食物繊維(g/100g)
と表される。すなわち、XとX'のそれぞれの係数の間には3:7のごとく著しく大きな開きがみられ、これがどのような成分の違いによっておこるのか極めて興味ある課題である。
なお、色素吸着能と水溶性食物繊維の関係について分析した結果は、図3に示すようである。
(表は省略した)。

図3. 各種野菜、果物類の水溶性食物繊維と色素吸着能



図に見られるように、色素吸着能と水溶性食物繊維の間には相関性が全くみられないことが明らかになった。なお、図中、1点だけ極端に高い水溶性食物繊維の値(2.3g/100g)を示す試料はごぼうで、そのほかの野菜、及び果物類は何れも、0.8~0.2g/100gであった。

II. 同一野菜の緑色部と白色部の色素吸着能

目的：

野菜類の中にはネギ、かいわれ、こまつな、みつば等緑色部（葉部）と白色部（茎部）の両方を利用するものがあるが、両者の間で色素吸着能に差があるかどうかについて検討した。

実験方法：

各種野菜の可食部について、白色部（茎部）、及び緑色部（葉部）各 1.0g をとり、前章 I-1 の方法に準じて色素吸着能を測定した。

結果：

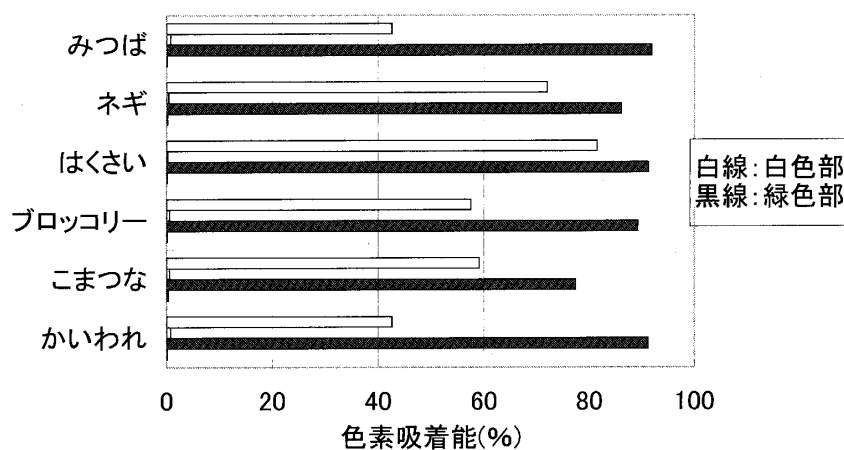
結果を表 5、及び図 4 に示す。

表 5. 同一野菜の緑色部と白色部における色素吸着能

(対照吸光度：1.378)

野菜類	緑色部		白色部	
	上清吸光度	吸着率 (%)	上清吸光度	吸着率 (%)
かいわれ	0.12	91.3	0.791	42.6
こまつな	0.311	77.4	0.563	59.1
ブロッコリー	0.148	89.3	0.585	57.5
はくさい	0.119	91.4	0.261	81.5
ネギ	0.19	86.2	0.386	72
みつば	0.11	92	0.791	42.6

図 4. 同一野菜の緑色部と白色部における色素吸着能



表、及び図から明らかなように、試験した 6 種すべての野菜で、緑色部のほうが白色部よりも高い色素吸着能を示した。この吸着には、食物繊維だけでなくクロロフィルも関係していることが考えられる。R.Cutler ら⁶⁾は、ヘモグロビンがある種の発癌物質を吸着することを報告している。筆者ら⁷⁾は精製したクロロフィルが、Trp-p、2-アミノフルオレン、2-アミノアセチルフルオレン、9-アミノアクリジンなどの発癌物質を吸着することを報告してきた。ヘモグロビンとクロロフィルは、構造的にも類似しており、アマランス（赤色 2 号）の場合も、上記発癌物質と同じメカニズムで吸着が起きるのではないかと思われる。

Ⅲ. 加熱野菜類の色素吸着能

目的：

I章では、何れも生の野菜類、果物類について色素吸着能を調べてきた。しかし、えんどうなどの菜豆類やイモ類、きのこ類など多くの野菜は加熱調理してから摂食される。筆者ら⁸⁾は、野菜を加熱した場合、種々の発癌物質の吸着能が著しく増加すること、また、精製したペクチン、セルロース、マンナン、ポリウロニド、アルギン酸などの食物繊維も、加熱することにより発癌物質吸着能が著しく増大することを報告した。またその理由について、これら高分子物質の一部が加熱によって分解し低分子化することにより、発癌物質吸着箇所が増加するためであることを証明し報告した。¹⁾ 野菜類を加熱することにより、発癌物質と同様に色素吸着能も増加する可能性が考えられるので、それについて検討した。

実験方法：

試料調整法は、I章記載の方法に準じて野菜をホモジナイズした。次いでこれを二分し、一方は生の状態のまま、また他方は下記の条件で加熱した後、以下I章記載の方法に準じて色素吸着能を測定した。加熱方法は調理を想定し、それに近い条件として沸騰水浴中、15分間攪拌しつつ加熱した。

結果：

結果は、表6に示す。なお、同表には食物繊維量と色素吸着能との関連性を見るために、食品成分表記載の生、及び茹でた野菜類の水溶性、不溶性、及び総食物繊維量を併記した。

表6. 野菜類の加熱前後における色素吸着能の変化

食品類	加熱の有無	色素吸着率 (%)	食物繊維		
			可溶性	水不溶性	総量
だいこん	加熱前	41.4	0.5	0.8	1.3
	加熱後	29.6	0.8	0.9	1.7
かぶ	加熱前	54.3	0.3	1.2	1.5
	加熱後	55.9	0.5	1.3	1.8
ごぼう	加熱前	31.6	2.3	3.4	5.7
	加熱後	29.2	2.7	3.4	6.1
にんじん	加熱前	60.2	0.7	2.1	2.7
	加熱後	59.4	1.1	1.8	2.9
れんこん	加熱前	59.3	0.2	1.8	2.1
	加熱後	85.1	0.2	2.1	2.3
キャベツ	加熱前	66.6	0.4	1.4	1.8
	加熱後	73.2	0.5	1.5	2
さやえんどう	加熱前	73.1	0.3	2.7	3
	加熱後	77.4	0.9	2.2	3.1

野菜、果物中の食物繊維による有害成分の除去効果

食品類	加熱の有無	色素吸着率 (%)	食物繊維		
			可溶性	水不溶性	総量
えだまめ	加熱前	90.8	0.4	4.6	5
	加熱後	95.5	0.5	4.1	4.6
インゲン豆	加熱前	83.9	0.3	2.1	2.4
	加熱後	77.2	0.6	2.1	2.6
もやし	加熱前	70.4	0.1	1.2	1.3
	加熱後	74.1	0.2	1.3	1.5
しいたけ	加熱前	72.6	0.5	3	3.5
	加熱後	80.2	0.4	4.3	4.7
えのきたけ	加熱前	92.9	0.4	3.5	3.9
	加熱後	97.5	0.3	4.2	4.5
しめじ	加熱前	92.9	0.3	3.4	3.7
	加熱後	91.1	0.2	4.6	4.8
マッシュルーム	加熱前	70.7	0.2	1.8	2
	加熱後	84.9	0.1	3.2	3.3
ピーマン	加熱前	53.7	0.6	1.7	2.3
	加熱後	59.4	0.6	1.8	2.4
たまねぎ	加熱前	54.7	0.6	1	1.6
	加熱後	61.8	0.6	1	1.7
さつまいも	加熱前	67.2	0.5	1.8	2.3
	加熱後	84.2	1	2.8	3.8
じゃがいも	加熱前	62.9	0.6	0.7	1.3
	加熱後	87.2	0.6	1.2	1.8
さといも	加熱前	54.3	0.8	1.5	2.3
	加熱後	25	0.9	1.5	2.4
ながいも	加熱前	77.7	0.2	0.8	1
	加熱後	79.8	0.2	1.2	1.4

表に見られるように、試験した20種中14種の試料で、加熱により色素吸着量が増加した。特に、顕著に上昇した試料としては、れんこん(+25.8%)、じゃがいも(+24.3%)、さつまいも(+17%)、マッシュルーム(+14%)、しいたけ(+7.1%)、たまねぎ(+7.1%)、ピーマン(+5.7%)などが上げられる。また、生で吸着率が90%以上を示したえだまめ、えのきたけでは、加熱によってさらに吸着率が上昇し、色素はほぼ完全に吸着された。

同表にみられるように、これら加熱によって色素吸着能が増加した試料では、食物繊維の中の、特に不溶性繊維量が著しく増加し、加熱による色素吸着能の増加と不溶性食物繊維の増加とは、ほぼ比例していることが認められた。

考 察

I章で示したように色素吸着能は、食物繊維の中の、特に不溶性食物繊維の量と高い相関性が

みられることが明らかになった。また、果物類と野菜類は、それぞれ異なる固有の比例曲線を示すことが認められた。果物類には野菜類に殆ど含まれないペクチンなどの食物繊維が多く、また、かき、いちご、バナナなどでは不溶性繊維が極端に多いことが、色素吸着能を高めている可能性が考えられる。

I章と同じように、III章では、野菜の加熱による色素吸着能の増加も、不溶性食物繊維の増加とほぼ比例していることは興味深い。加熱によって不溶性食物繊維が増加する理由については、現在まだ明らかではない。Englystら⁹⁾は、じゃがいもを加熱した後冷却保存すると、でんぷんの一部が消化酵素アミラーゼで分解されない“レジスタントスターチ”と呼ばれる物質に変化することを報告している。この消化酵素に対する抵抗性は、加熱や解凍などの物理的要因によって、でんぷん粒の一部が結晶構造をとるためと云われている。Muirら¹⁰⁾は、米や麦のでんぷんからも“レジスタントスターチ”が生成することを報告している。しかし、野菜に“レジスタントスターチ”が存在するかどうかについては、これまでに全く報告がなく、今後に残された極めて興味ある課題である。

要 約

食品の着色によく使用されているアマランス（赤色2号）は、ラットに対して毒性を示すことが知られているが、これを野菜などに含まれる食物繊維に吸着させ、体外に排出、解毒できれば理想的であり、その可能性について検討した。各種野菜類、果物類計40種類をそれぞれミキサーにかけ、次いでアマランス色素と混合し、よく攪拌後遠心分離し、吸着されずに上清に残った色素を測定して吸着量を算出した。一方、食品成分表から各試料中に含まれる水溶性、不溶性、及び総食物繊維量を調べ、色素吸着率との相関性について解析した。また、試料中主として茹でて食べる野菜14種について、生の場合と茹でた場合の色素吸着能の変化などについて検討した。その結果、

①色素吸着能は、野菜ではえだまめ等の菜豆類、しめじ、えのきたけ等のきのこ類、かき、バナナなどの果物類が特に高いことがわかった。

②この色素吸着能は、それぞれの試料中の不溶性食物繊維量と極めて高い相関性を有すること、この場合、野菜類と果物類では、それぞれ異なる相関曲線を示すことがわかった。ちなみに、野菜類、果物類それぞれの不溶性食物繊維量と色素吸着能の間の関係式を算定すると、野菜では

$$Y = 4 (3 X + 10)$$

ただし、Y：各種野菜類の色素吸着率（%）、

X：各種野菜類の不溶性食物繊維（g / 100g）

果物類では $Y' = 4 (7 X' + 10)$

ただし、Y'：各種果物類の色素吸着率（%）、

X'：各種果物類の不溶性食物繊維（g / 100g）

と表される。すなわち、XとX'のそれぞれの係数の間には3：7のごとく著しく大きな差がみられることは注目される。

③野菜類について、生の場合と茹でた場合の色素吸着能を比較すると、多くの試料で加熱する

野菜、果物中の食物繊維による有害成分の除去効果

ことにより色素吸着能は増加すること、この色素吸着能の増加は、不溶性食物繊維量の増加とほぼ比例することが認められた。

- ④こまつな、ネギなど白色部（茎部）と緑色部（葉部）の両方を利用する野菜の場合、両者の色素吸着能を比較検討した結果、いずれの試料においても、緑色部の方が著しく高い吸着能を示すことが認められた。緑色部の中に多いクロロフィルが色素吸着に関係しているものと推定される。
- ⑤野菜の加熱により不溶性食物繊維が増加する原因として、“レジスタントスターチ”などの、いわゆる難消化性成分が生成している可能性について考察した。

参考文献

- 1) T.Yamaguchi, Inhibitory activity of heat treated vegetables and indigestible polysaccharides on mutagenicity, Mutation Research, Vol. 284, 205 ~ 213 (1994) .
- 2) 桐山、印南；食物繊維、第一出版、1982年
- 3) 永井；食品添加物便覧、食品と科学社、1988年
- 4) 石倉；食品と安全性、南山堂、1995年
- 5) C.Lintas and M. Cappelloni, Content and composition of dietary fibre in raw and cooked vegetables. Food Science and Nutrition , Vol. 42F, 117 (1988)
- 6) R. Culter et. al. American Chemical Society (1998)
- 7) T. Yamaguchi, Effect of triterpens on the mutagenicities of various mutagens. Agriculture and Biological Chemistry, Vol. 46, 2373 ~ 2375 (1982)
- 8) T. Yamaguchi, Adsorption of carcinogenic and/or mutagenic pigments on DNA-binding Sepharose. Agriculture and Biological Chemistry, Vol. 52, 845 ~ 847 (1988)
- 9) H. Englyst, N. Englyst, J. H. Cumings, American Journal of Nutrition, Vol. 45, 423 ~ 431 (1987)
- 10) J. G. Mui, K. O' Dea, American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 56, 123 (1992)