

C-4 炭酸ラジカルの同定結果

EN 法での同定方法は、骨付きトリ肉の g 値について記載があり、貝殻つきはまぐりについで記載はない。しかしながら、これまでの結果より、未照射・照射の区別は 1 次判定の g 2 のシグナルを確認でき、他の g 1 および g 2 の確認の結果で判定できる。

C-4-1 g 値の再現性と補正信号強度の変化について

C-4-1-1 骨付きトリ肉

各機関での結果を示す。

グループ	A								
No	14	16	20	27	54	63	84	90	96
g1		2.002	2.002		2.002		2.0019	2.0019	2.002
g2		1.9974	1.9978		1.9978		1.9973	1.9972	1.9976
gsynm	2.0051			2.005		2.0047			

グループ	B								
No	6	28	35	60	61	65	71	80	81
g1			2.0023	2.0023	2.0023	2.0022		2.0023	2.0021
g2			1.9975	1.9976	1.9976	1.9976		1.9976	1.9975
gsynm	2.0049	2.0046					2.0049		

グループ	C								
No	15	19	24	49	50	64	73	86	88
g1	2.002		2.0022	2.0021		2.0021	2.0021	2.002	
g2	1.9971		1.9972	1.9971		1.9972	1.9971	1.9972	
gsynm		2.005			2.0049				2.0048

グループ	E								
No	8	32	39	40	46	56	58	66	87
g1	2.0022	2.002	2.0022		2.0023		2.0022		2.0021
g2	1.9978	1.9976	1.9975		1.9978		1.9975		1.9975
gsynm				2.0047		2.0049		2.0049	
グループ	F								
No	3	77	34	45	68	79	12	38	11
g1	2.00226	2.00227	2.00217		2.00202		2.00224	2.00205	
g2	1.99803	1.99803	1.99797		1.99808		1.99796	1.99799	
gsynm				2.0046		2.00478			2.00479
グループ	G								
No	7	13	23	44	48	52	67	75	89
g1	2.0022		2.0023			2.0022	2.0021	2.0022	2.0022
g2	1.9977		1.9977			1.9975	1.9974	1.9976	1.9975
gsynm		2.0051		2.0051	2.0051				
グループ	H								
No	10	21	29	37	42	47	53	74	82
g1	2.00213	2.00211		2.00222	2.0022	2.00221	2.00226		
g2	1.99736	1.99729		1.99764	1.99734	1.99721	1.9975		
gsynm			2.00495					2.00488	2.00496

以上の結果よりトリの g 値の平均値および標準偏差を求めた。

	平均値	標準偏差
g1	2.0021	0.0001
g2	1.9975	0.0003
gsynm	2.0049	0.0001

これまで報告されてきた海外の公定法の値は以下の通りである。

$$\begin{aligned}
 g1 &= 2.002 \pm 0.001 \\
 g2 &= 1.998 \pm 0.001 \\
 gsynm &= 2.005 \pm 0.001
 \end{aligned}$$

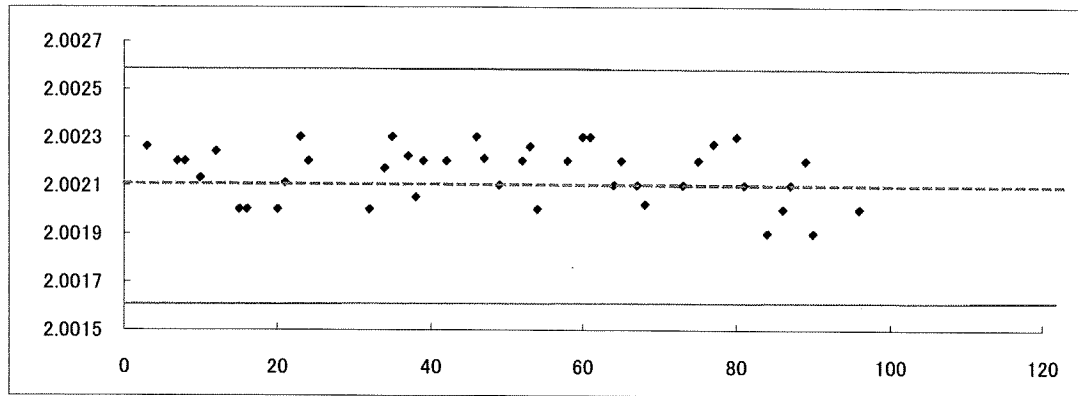
今回の各 g 値の設定範囲を

$$\begin{aligned}
 g1 &: 2.0021 \pm 0.0005 \\
 g2 &: 1.9975 \pm 0.0010 \\
 gsynm &= 2.0049 \pm 0.0010
 \end{aligned}$$

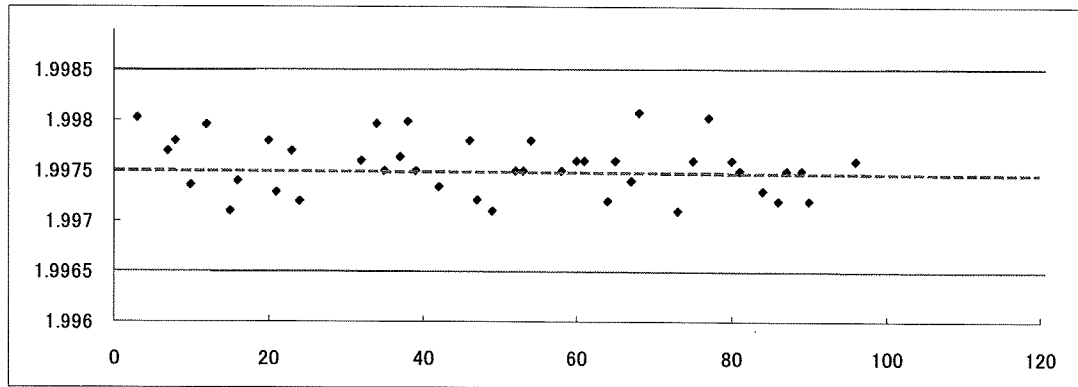
と設定する。

g1、g2、gsynmの分布と設定範囲の関係を示す。実線および点線は上限値・下限値とその中心の値である。

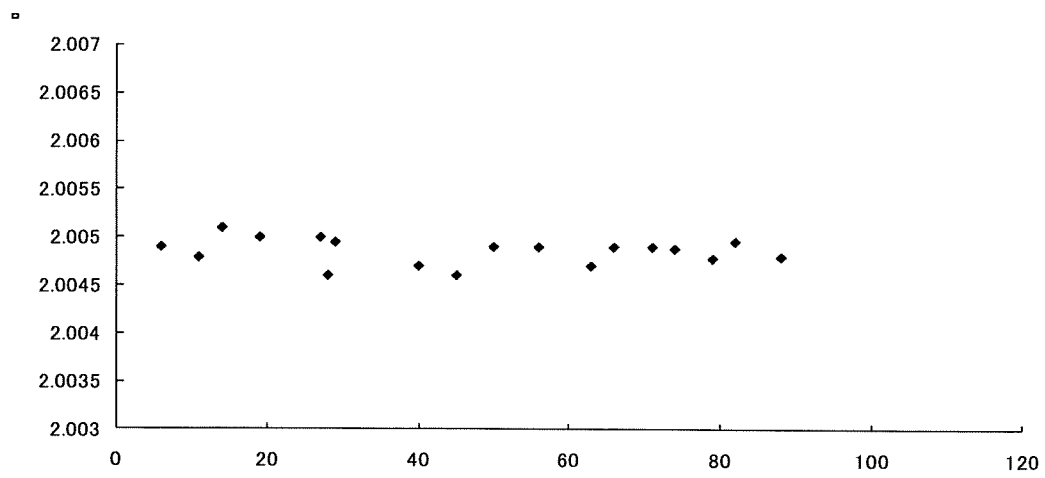
g 1



g 2



g symm



C-4-1-2 貝殻付きはまぐり

各機関での結果を示す

グループ A												
No.	3	9	10	24	31	42	43	64	65	70	76	90
g1	2.0011	2.0011	2.0011	2.0012	2.0011		2.0012	2.0018		2.0011	2.0012	
g2	1.9973	1.9973	1.9973	1.9973	1.9973		1.9973			1.9972	1.9973	
g3	2.0032	2.0031	2.0032	2.0032	2.0031		2.0032			2.0032	2.0031	
gsymn						2.0043		2.0043	2.0041			2.0049

グループ B												
No.	5	6	22	35	37	39	40	52	56	61	62	79
g1	2.0012	2.0012	2.0012	2.0012	2.0011	2.0012		2.0012				2.0012
g2	1.9974	1.9973	1.9973	1.9973	1.9973	1.9974		1.9973				1.9974
g3	2.0033	2.0031	2.0032	2.0033	2.0031	2.0032		2.0032				2.0032
gsymn							2.0049		2.0046	2.0046	2.0047	

グループ C												
No.	2	12	26	30	41	48	67	72	78	87	86	97
g1	2.001	2.0009		2.0011			2.001	2.001	2.0011		2.0011	2.001
g2	1.997	1.9971		1.9971			1.9971	1.9972	1.9973		1.9972	1.9971
g3	2.0031	2.0031		2.0031			2.0033	2.0034	2.0032		2.0033	2.0033
gsymn			2.0049		2.0048	2.0048				2.0046		

グループ E												
No.	11	13	20	49	55	66	73	74	75	77	93	94
g1	2.0012	2.0012			2.0011	2.0012		2.0012	2.0012	2.0011		2.0012
g2	1.9974	1.9973			1.9974	1.9972		1.9973	1.9974	1.9973		1.9973
g3	2.0032	2.0031			2.0032	2.0031		2.0032	2.0031	2.0031		2.0032
gsymn			2.0043	2.0045			2.0045					2.0045

グループ F												
No.	15	47	33	59	8	63	57	46	85	58	91	53
g1	2.00106			2.00105		2.00105	2.00097	2.00103	2.00133		2.00112	2.00114
g2	1.99764			1.99764		1.99754	1.99761	1.99766	1.99762		1.99761	1.99768
g3	2.0047			2.0031		2.003	2.0032	2.0032	2.0032		2.0031	2.0032
gsymn		2.0046	2.0044		2.0044					2.0045		

グループ G												
No.	1	18	21	28	44	69	71	82	84	88	96	99
g1			2.001168	2.001221	2.001167		2.001165		2.001189	2.001223	2.001222	2.001168
g2			1.997349	1.997404	1.997294		1.997348		1.997367	1.997404	1.997349	1.997294
g3			2.0032	2.00335	2.004165		2.003218		2.003245	2.003277	2.003218	2.003278
gsymn	2.0043	2.0045				2.0043		2.0046				

グループ	H											
No.	7	14	16	17	23	27	29	45	80	83	92	95
g1	2.00113					2.00121	2.0013	2.00121	2.00115	2.00115	2.00117	2.00118
g2	1.99732					1.99734	1.99734	1.99733	1.99733	1.99735	1.99733	1.99733
g3	2.00327					2.0032	2.0032	2.0032	2.0032	2.0032	2.0032	2.0032
gsym		2.00464	2.00466	2.00463	2.00476							

以上の結果より貝殻付きはまぐりの各 g 値の平均値および標準偏差を求めた。

。

g 値	平均値	標準偏差
g1	2.001126	0.000145
g2	1.997326	0.000155
g3	2.003216	0.000164
gsym	2.00453	0.000235

となり、便宜上、これまで報告されてきたトリの骨の g 値と比較するため値と比較すると (g 3 は海外公定法に記載はない)

$$g 1 = 2.002 \pm 0.01$$

$$g 2 = 1.998 \pm 0.001$$

$$g \text{ sym} = 2.005 \pm 0.001$$

である。今回の設定される数値は以下の通りである。

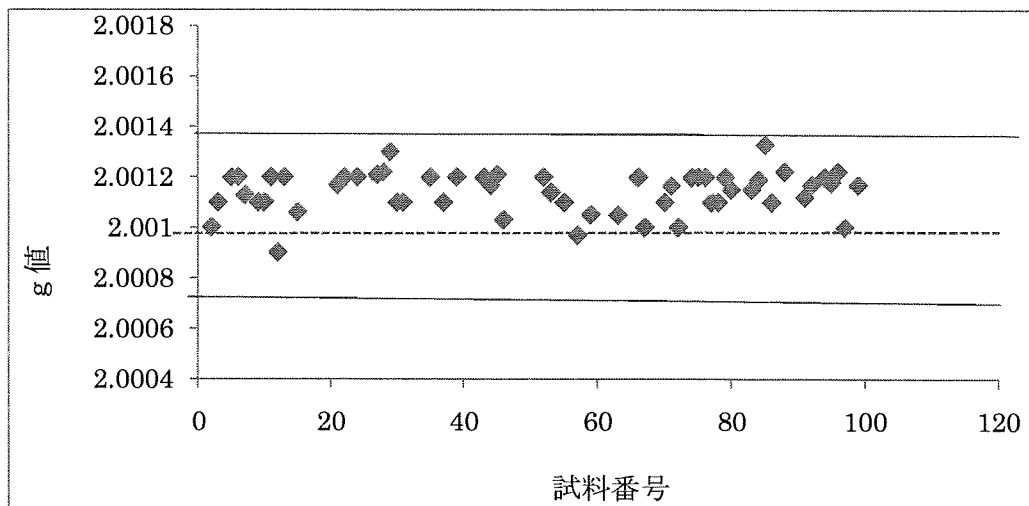
$$g 1 = 2.0011 \pm 0.0003$$

$$g 2 = 1.9973 \pm 0.0005$$

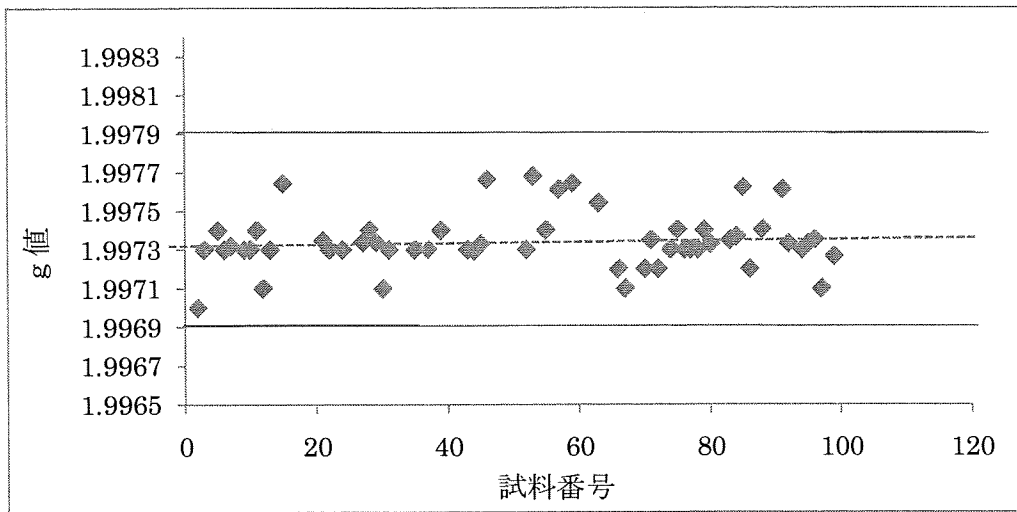
$$g 3 = 2.0032 \pm 0.0005$$

$$g \text{ sym} = 2.0045 \pm 0.001$$

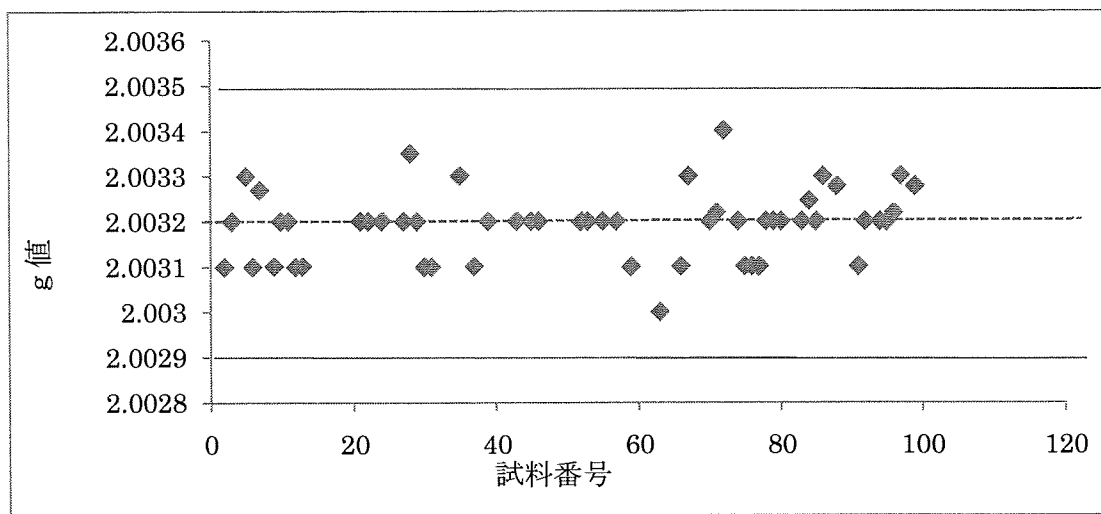
g 1



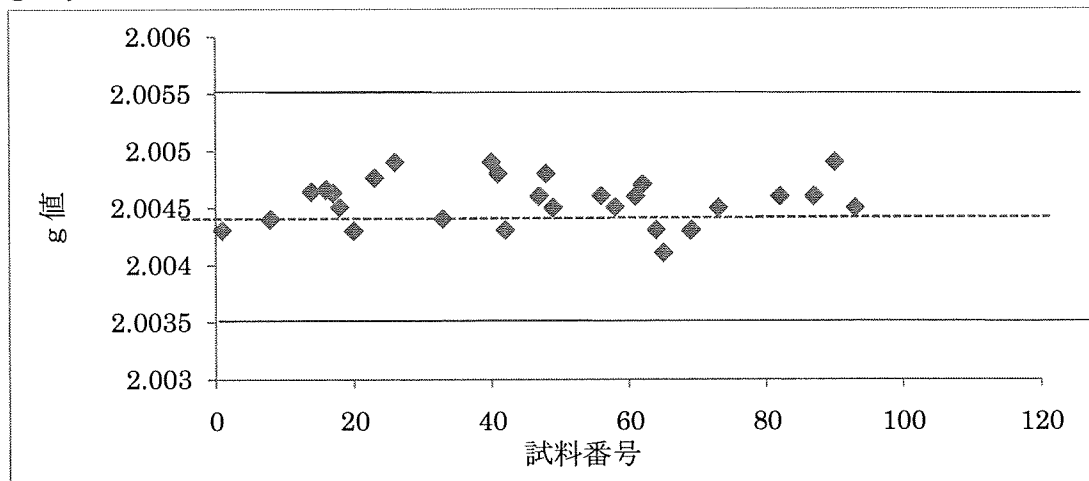
g 2



g 3



g s y n m



C-4-1-3 g 値の結果

トリの骨に関しては海外公定法の値と同様の結果が得られた。また、設定した g 値のばらつきも想定範囲内である。一方、はまぐりの貝殻では、ラジカルを封じ込めている構造から観測される異方的なシグナルを微細粉末化で平均化し、ある一定の粒子以下の大きさにそろえている。そのため異方性シグナルの影響は小さいと考えるが、放射線を照射することにより炭酸ラジカルの信号近辺に新たに複数のシグナルが重なっていることが、各 g 値のばらつきを大きくしていると考えられる。しかしながら、未照射・照射のシグナルの判別には支障がない範囲と想定される。g 1、g 2、g 3、g symn は試料の異方性などよりばらついていた結果となった。

D. 考察

本来は食用とする肉の部分のラジカルを測定することが重要と考えられるが、放射線照射直後の急激な過酸化反応などにより、照射後に生成したラジカルは不安定と考えられる。

一方、骨付き肉の骨の部分（構造）に取り込まれた炭酸ラジカル（ハイドロキシアパタイトのラジカル）は、比較的安定である。また、2つの食品においては未照射・照射を判別する1次判定は容易に検出することが可能であった。さらに、照射した試料において若干の照射量の比較（1あるいは2 kGy）の判定にミスはあるが、正答率は90%を超えている。装置間のSN比の違いに左右されず、アラニン比較値を導入した結果、現在の判定値ではいくつか擬陽性と判定されているが、同定と組み合わせることで、正確な判断が可能であることがわかった。

E. 結論

これらの結果から、アラニン線量計との比較による判定とセルロースラジカルの同定をおこなうことで、実照射の半分の線量程度であっても十分区別が付き、食品照射検知法として有効であることがわかった。

参考文献

EN1786:1997, Foodstuffs-Detection of irradiated food containing bone – Method by ESR spectroscopy, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium (1997)

学会発表など

(1) ○増水章季^{*1}, 竹下啓造^{*1}, 岡崎祥子^{*1}, 吉田哲生^{*2}, 武川哲也^{*2}, 岡野和史^{*3}, 原英之^{*4}, 廣庭隆行^{*5}, 宮原誠^{*6}

^{*1}崇城大学, ^{*2}原子燃料工業(株), ^{*3}日本電子(株), ^{*4}ブルカー・バイオスピン(株), ^{*5}(社)日本アイソトープ協会, ^{*6}国立医薬品食品衛生研究所
照射食品（骨）検知に関する ESR 法の研究

第46回 アイソトープ・放射線研究会 7月1日(水)～3日(金) 日本科学未来館 7階

(2) 増水章季 崇城大学 薬学部 ESRの医薬品・食品から生体までの応用

第8回 国際医薬品原料・中間体展 第5回製薬業界受託サービスエキスポ 第2回 原薬・中間体 機器/装置展 4月21日～23日 東京ビッグサイト P-MEC テクノロジーセミナー (4月21日)

(3) ○増水章季^{*1}, 竹下啓造^{*1}, 岡崎祥子^{*1}, 武川哲也^{*2}, 吉田哲生^{*2}, 廣庭隆行^{*3}, 原英之^{*4}, 岡野和史^{*5}, 宮原誠^{*6*}1崇城大学, ^{*2}原子燃料工業(株), ^{*3}(社)日本アイソトープ協会, ^{*4}ブルカー・バイオスピン(株), ^{*5}日本電子(株), ^{*6}国立医薬品食品衛生研究所

照射食品(骨)検知に関するESR法の試み

第48回 電子スピンサイエンス学会 (SEST2009) 11月10日(火)～12日(木) 神戸大学百年記念館 六甲ホール・瀧川記念学術交流会館

(4) ○渡辺章夫, 増水章季^{*1}, 原英之^{*2}, 廣庭隆行^{*3}, 岡野和史^{*4}, 早坂崇^{*5}, 田向健二^{*6}, 宮原誠^{*7} (財)日本食品分析センター, ^{*1}崇城大学, ^{*2}ブルカー・バイオスピン(株), ^{*3}(株)コーガアイソトープ, ^{*4}日本電子(株), ^{*5}日本電子照射サービス(株), ^{*6}キーコム(株), ^{*7}国立医薬品食品衛生研究所

放射線照射食品(骨付き肉および貝、糖、セルロース)におけるESR法の検知技術の検証

第45回 日本食品照射研究協議会 技術セミナー/教育講演会 12月4日(金) 東京・アルカディア市ヶ谷(私立会館)

資料 2

平成 21 年度 厚生労働科学研究（食品の安心・安全確保推進研究事業）

放射線照射食品検知測定法 コラボ試験報告書

－糖（乾燥マンゴー，乾燥パイナップル）－

研究協力者 原 英之 ブルカー・バイオスピン株式会社

研究要旨

照射食品の ESR による検知についてこれまで検討を重ねてきた結果、糖、セルロース、骨の試料については ESR による検知が可能との判断が下った。これに基づき、今回 7 機関でコラボ実験を行い照射食品の ESR による検知が公定法として制定可能であるか、またその仕様について検討を行った。今回 7 機関で乾燥マンゴー、パイナップルについてコラボを行った結果、すべての機関で照射、非照射の区別ができた。(正解率 100%) しかしながら低線量照射を行ったパイナップルについては今回の 0.1kGy での照射では、すべての機関に共通の SN の閾値を求めることは困難であった。マンゴーについては今回の線量 4kGy では明確に照射、非照射の判定は可能である。

バックグラウンド最大、信号強度比最少、SN が 2 以上で検知基準を決めた場合、検出限界を信号強度比で 0.4 と定めた。このときの推定最大線量は 0.4-0.5kGy であり、推定線量（平均値）はマンゴーでは 0.1kGy、パイナップルでは 0.15kGy と見積もられる。信号強度比の判定基準を線形の判定基準は信号中心 g 値を 2.0047 ± 0.0005 、信号幅を $2.7 \pm 0.3 \text{mT}$ とした。g 値についてはパイナップルにおいて規定値を外れるものが見られた。これはパイナップルの照射線量が低いために SN が十分でないためと思われる。

また、サンプリングによる糖の含有量が大きく異なるために、非照射と判定された試料に対して標準照射による確認が必須であると思われる。マンゴーおよびパイナップルで標準照射後の信号強度が 1 未満であるときは再度サンプリングを行う必要があると考える。

このようにして、今回 7 機関によるコラボの結果、照射食品（糖）については検知が可能であると判断し、信号強度、線形について、数値としての基準値を決定することができた。

1 目的

照射食品の ESR による検知についてこれまで検討を重ねてきた結果、糖、セルロース、骨の試料については ESR による検知が可能との判断が下った。これに基づき、今回 7 機関でコラボ実験を行い照射食品の ESR による検知が公定法として制定可能であるか、またその仕様について検討を行う。

2. 試料

糖：乾燥マンゴー、乾燥パイン

3. 測定手順

3.1 糖の試料の前処理

3.1.1 対象食品

- ・乾燥果実 2 種類 (マンゴー, パイン)

3.1.2 実験器具

- ・電子天秤 (約 0.1mg まで測定可能なもの)
- ・デシケーター
- ・真空ポンプ (20Pa 以下)
- ・メス

3.1.3 試薬等

- ・五酸化リン 25g 入 (1 級品以上)

3.1.4 乾燥果実試料の乾燥処理

乾燥果実試料を、メスを使用して 10~20mm 程度の大きさに切り取る。切断片を開放した容器に入れて、この容器をデシケーター内に設置する。また、五酸化リンをデシケーター内に設置する。真空ポンプを使用して、室温にて 2 日以上真空乾燥を実施する。

3.1.5 乾燥果実試料の調製

乾燥処理後の試料の表面部分の糖分が多く含まれていそうな部位から長さが 5~10mm 程度で重量が 50 ~ 100mg となるように、メスを使用して切り取る。試料の重量を記録してから ESR 試料管に充填する。

3.2 測定

3.2.1 ESR 装置

各機関で使用した ESR 装置は以下のとおりである。(機関名 = 試料グループ名としたため D がない)

機関 A : Bruker 社製 e-scan

機関 B: 日本電子製 FR30EX

機関 C: キーコム社製 ESR-X10SA

機関 E: Bruker 社製 e-scan

機関 F: 日本電子製 FA100

機関 G: Bruker 社製 e-scan

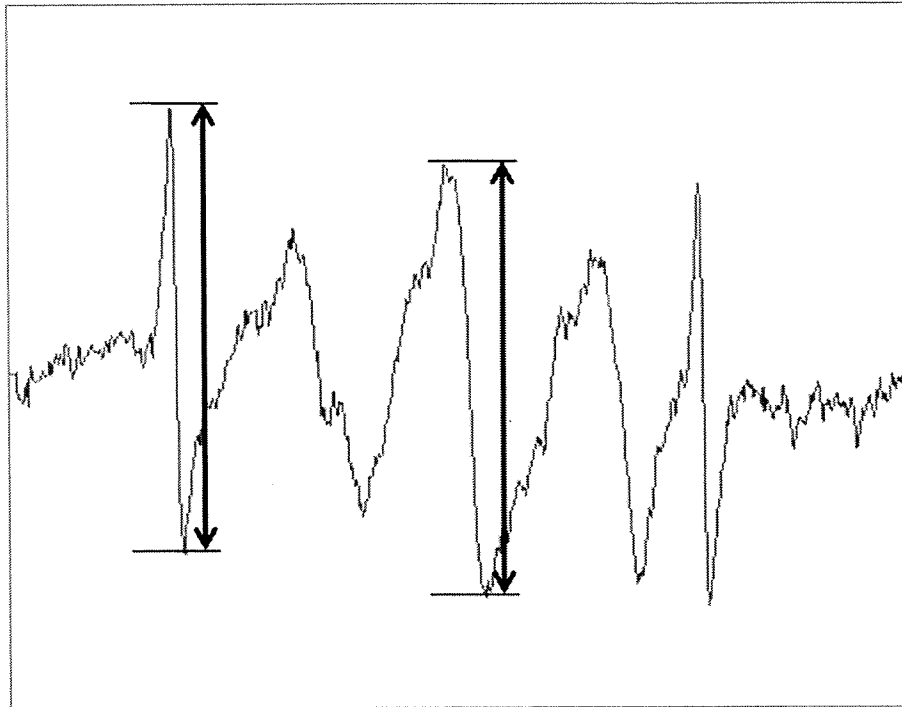
機関 H: 日本電子製 FA200

3.2.2 Mn 参照信号

各測定機関でデータの統一性を測るために基準照射を行ったアラニンペレットを用意して、その信号強度と実際の測定の際に用いる Mn の参照信号の比をあらかじめ求めておき、各信号強度の閾値をアラニンの信号強度に換算して求めた。用意した Mn 参照信号はアラニンペレット 30Gy 相当の信号強度となるように調整を行った。

アラニンに対する Mn 参照信号の強度決定に用いた測定条件は以下の様である。

	機関 A,E,G	機関 B	機関 C	機関 F	機関 H
中心磁場	348.5 mT	336.0 mT	339.0 mT	335.1 mT	335.95 mT
掃引磁場	15 mT	30 mT	16 mT	15 mT	15 mT
マイクロ波周波数	9.788 GHz	9.401 GHz	9.523 GHz	9.401 GHz	9.423 GHz
マイクロ波パワー	0.913 mW	0.8 mW	0.5 mW	0.1 mW	5 mW
変調周波数	86 kHz	100 kHz	100 kHz	100 kHz	100 kHz
変調強度	0.105 mT	0.2 mT	0.15 mT	0.1 mT	0.25 mT
時定数	20.48 ms	0.1 s	0.1 s	0.1s	0.03 s
掃引時間	5.2 s	2 min	1 min	4 min	20 s
スキャン回数	48 回	1 回	5 回	1 回	1 回



アラニン 30Gy 試料に対する Mn マーカーの大きさ

3.2.3 試料の測定

試料（乾燥マンゴー，乾燥パイナップル）の測定に用いたパラメーターは以下のとおりである。

乾燥マンゴー

	機関 A,E,G	機関 B	機関 C	機関 F	機関 H
中心磁場	349.7 mT	336.0 mT	339.0 mT	336.0 mT	335.95 mT
掃引磁場	15 mT	30 mT	16 mT	10 mT	15 mT
マイクロ波周波数	9.82 GHz	9.401 GHz	9.521 GHz	9.425 GHz	9.433 GHz
マイクロ波パワー	4.576 mW	4 mW	3 mW	0.1 mW	5 mW
変調周波数	86 kHz	100 kHz	100 kHz	100 kHz	100 kHz
変調強度	0.417 mT	0.4 mT	0.3 mT	0.1 mT	0.25 mT
時定数	40.96 ms	0.1 s	0.1 s	0.1s	0.01 s
掃引時間	5.2 s	2 min	1 min	2 min	20 s
スキャン回数	24 回	1 回	5 回	1 回	3 回

乾燥パイン

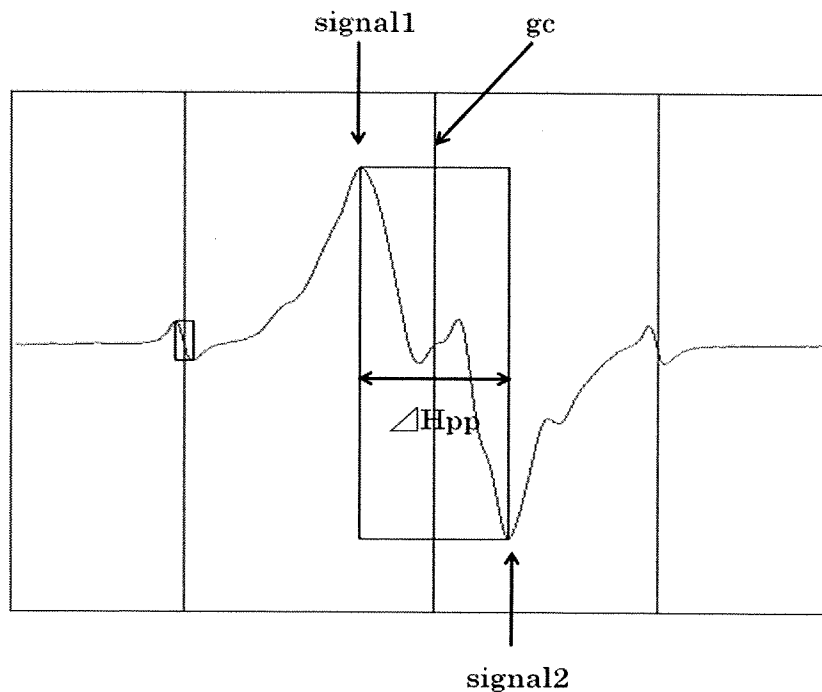
	機関 A,E,G	機関 B	機関 C	機関 F	機関 H
中心磁場	349.7 mT	336.0 mT	339.0 mT	335.5 mT	335.95 mT
掃引磁場	15 mT	30 mT	16 mT	15 mT	15 mT
マイクロ波周波数	9.82 GHz	9.401 GHz	9.523 GHz	9.425 GHz	9.435 GHz
マイクロ波パワー	4.576 mW	4 mW	3 mW	0.4 mW	5 mW
変調周波数	86 kHz	100 kHz	100 kHz	100 kHz	100 kHz
変調強度	0.417 mT	0.4 mT	0.3 mT	0.2 mT	0.25 mT
時定数	40.96 ms	0.1 s	0.1 s	0.1s	0.01 s
掃引時間	5.2 s	2 min	1 min	4 min	20 s
スキャン回数	48 回	1 回	5 回	1 回	3 回

4. 結果

4.1 解析条件

測定データはまず Mn の 3 番目と 4 番目の信号の位置 (g 値) を測定周波数より計算し、実際の測定値をその数値に合わせることに伴う磁場補正を行った。判定は signal1, signal2 を観測し、判定条件には $gc(\text{signal1,2 の中心})$ 及び $\Delta H_{pp}(\text{signal1,2 の間隔})$ を用いた。

糖



それぞれの信号の許容範囲は以下のとおりである

信号中心g値	2.0047±0.0005
信号幅(peak-peak 幅)	2.7±0.3

それぞれの機関で測定された結果を表に示す。

4.2. マンゴー測定結果

機関A

試料:マンゴー

試料調整日:2009/5/12 測定日:2009/6/1

試料名	8	20	32	34	48	53	56	61	62	70	76	92
試料重量mg	54.50	41.50	50.50	61.00	53.70	53.70	57.70	52.60	52.00	58.20	50.30	62.80
試料高さmm	13	13	13	14	13	13	13	13	13	14	13	14
Mnの相対強度	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701
サンプルの強度: S	2234	287931	239273.0	312665	2462	2669	188975	2095	142448	411699	447791	320798
Mnの強度: Mn	18792	21060	21431	13358	15722	17280	16865	17953	20271	18733	20342	13960
サンプル強度比	0.119	13.672	11.165	23.407	0.157	0.154	11.205	0.117	7.027	21.977	22.013	22.980
サンプル強度比(補正後)	0.08	11.55	7.75	13.46	0.10	0.10	6.81	0.08	4.74	13.24	15.35	12.83
Sample信号のg値	2.0071	2.0047	2.0047	2.0047	2.0098	2.0097	2.0047	2.0097	2.0048	2.0047	2.0047	2.0047
信号の線幅(ΔHpp)	0.471	2.71	2.676	2.73	2.206	2.584	2.676	2.818	2.735	2.676	2.735	2.73
判定	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1

機関B

試料:マンゴー

試料調整日 2009/5/13: 測定日:2009/6/20

試料名	6	14	27	38	46	49	52	54	59	84	91	93
試料重量mg	35.5	49.9	55.6	50.7	59.8	61.2	60.3	54.1	35.9	33.9	56.7	48.5
試料高さmm	7	9	8	9	8	12	12	8	7	8	9	8
Mnの相対強度	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066
サンプルの強度: S	65	1271	1608.0	84	3569	90	2319	102	2451	1713	2306	1584
Mnの強度: Mn	2505	344	312	1664	160	2142	116	2106	321	354	117	282
サンプル強度比	0.03	3.69	5.15	0.05	22.31	0.04	19.99	0.05	7.64	4.84	19.71	5.62
サンプル強度比(補正後)	0.04	3.95	4.94	0.05	19.89	0.04	17.68	0.05	11.34	7.61	18.53	6.17
Sample信号のg値	-	2.0047	2.0048	-	2.0047	-	2.0047	-	2.0047	2.0047	2.0048	2.0048
信号の線幅(ΔHpp)	-	2.715	2.716	-	2.723	-	2.717	-	2.697	2.723	2.716	2.697
判定	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1

機関C

試料:マンゴー

試料調整日:2009/5/12 測定日:2009/6/22

試料名	5	22	23	31	36	39	41	55	63	73	86	99
試料重量mg	55.20	96.50	107.80	84.30	88.30	76.20	47.30	72.90	70.10	72.50	55.20	73.10
試料高さmm	15	12	14	12	15	14	17	14	13	15	12	12
Mnの相対強度	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882
サンプルの強度: S	11.569	0.097	13.0	0.502	10.76	0.18	12.594	8.164	0.145	11.587	9.62	7.599
Mnの強度: Mn	1.717	0.927	0.777	4.496	0.556	1.341	1.792	1.472	1.227	1.127	0.828	0.299
サンプル強度比	6.738	0.105	16.690	0.112	19.353	0.134	7.028	5.546	0.118	10.281	11.618	25.415
サンプル強度比(補正後)	5.38	0.05	6.82	0.06	9.66	0.08	6.55	3.35	0.07	6.25	9.28	15.33
Sample信号のg値	2.0044	0	2.0046	0	2.0045	0	2.0045	2.0046	0	2.0044	2.0046	2.0046
信号の線幅(ΔHpp)	2.752	0	2.800	0	2.768	0	2.752	2.752	0	2.784	2.768	2.784
判定	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1

機関E

試料:マンゴー
試料調整日:2009/5/12 測定日:2009/6/2

試料名	9	10	12	15	17	26	67	75	79	81	90	94
試料重量mg	49.73	38.12	31.43	45.88	55.81	37.85	36.80	45.48	41.16	40.67	33.37	42.15
試料高さmm	10	11	10	12	12	10	9	10	11	12	10	12
Mnの相対強度	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034
サンプルの強度: S	249036	647566	1456288.0	595674	880077	1623	1776	184825	1747	461382	1277	599940
Mnの強度: Mn	26224	30466	32148	28799	26032	25937	25712	24080	27512	29405	29441	29954
サンプル強度比	9.50	21.26	45.30	20.68	33.81	0.06	0.07	7.68	0.06	15.69	0.04	20.03
サンプル強度比(補正後)	10.08	28.83	74.51	23.31	31.32	0.09	0.10	8.73	0.08	19.95	0.07	24.57
Sample信号のg値	2.0048	2.0046	2.0046	2.0047	2.0046	2.0047	2.0047	2.0046	1.999	2.0047	2.0016	2.0047
信号の線幅(ΔHpp)	2.73	2.72	2.67	2.7	2.7	2.82	2.93	2.7	3.8	2.73	-4.85	2.72
判定	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1

機関F

試料:マンゴー → アラニン30Gyに換算
試料調整日:2009/6/18 測定日:2009/7/22

試料名	97	64	21	19	2	74	18	51	37	57	43	28
試料重量mg	168.00	117.00	175.00	187.00	188.00	133.00	165.00	194.00	201.00	232.00	230.00	162.00
試料高さmm	20	28	22	28	19	33	35	20	26	34	31	24
Mnの相対強度	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266	2.266
サンプルの強度: S	19048	16345	22990	7346	123	15127	16922	14807	94	110	10567	100
Mnの強度: Mn	994	1155	1210	1145	931	1145	999	1011	829	1147	1075	918
サンプル強度比	19.16	14.15	19.00	6.42	0.13	13.21	16.94	14.65	0.11	0.10	9.83	0.11
サンプル強度比(補正後)	12.92	13.71	12.30	3.89	0.08	11.26	11.63	8.55	0.06	0.05	4.84	0.08
Sample信号のg値	2.0048	2.0049	2.0049	2.0050		2.0047	2.0048	2.0048			2.0049	
信号の線幅(ΔHpp)	2.723	2.709	2.711	2.72	0	2.675	2.672	2.703	0	0	2.699	0
判定	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0

機関G

試料:マンゴー
試料調整日:2009/5/12 測定日:2009/6/1

試料名	1	16	25	40	42	47	50	66	72	83	88	98
試料重量mg	56.70	69.10	49.90	59.90	76.70	61.20	67.70	65.00	49.90	43.80	54.30	66.50
試料高さmm	13	13	11	14	14	13	12	13	12	9	13	14
Mnの相対強度	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034
サンプルの強度: S	523542	194462	420378.0	463153	638801	142475	1487	1209032	1381	1461	740198	1741
Mnの強度: Mn	24626	25328	29712	28519	23735	19078	22426	23094	31835	27443	29411	14804
サンプル強度比	21.26	7.68	14.15	16.24	26.91	7.47	0.07	52.35	0.04	0.05	25.17	0.12
サンプル強度比(補正後)	19.38	5.74	14.66	14.02	18.14	6.31	0.05	41.64	0.04	0.06	23.96	0.09
Sample信号のg値	2.0046	2.0047	2.0047	2.0047	2.0046	2.0047	2.0001	2.0047	2.0056	2.0056	2.0046	2.0053
信号の線幅(ΔHpp)	2.69	2.70	2.70	2.73	2.69	2.73	-1.51	2.70	-1.80	5.00	2.67	5.77
判定	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0

機関H

試料:マンゴー
試料調整日:測定日:2009/6/12

試料名	4	13	24	29	35	44	69	78	80	87	95	96
試料重量mg	54.20	51.50	51.30	50.60	54.20	50.60	53.10	52.50	52.00	57.10	51.40	48.10
試料高さmm	13	15	12	20	12	17	13	18	20	24	12	18
Mnの相対強度	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988
サンプルの強度: S	7199.18	70	7535.0	53	6790	7055	48	13278.2	9814.12	6207.78	10280	53
Mnの強度: Mn	495.357	548	438	361	369	498	358	521.898	456.995	445.965	554.91	442
サンプル強度比	14.533	0.128	17.203	0.147	18.401	14.167	0.134	25.442	21.475	13.920	18.526	0.120
サンプル強度比(補正後)	13.24	0.12	16.56	0.14	16.77	13.83	0.12	23.93	20.40	12.04	17.80	0.12
Sample信号のg値	2.00483	-	2.0048	-	2.00489	2.00484	-	2.00478	2.00495	2.00488	2.00485	-
信号の線幅(ΔHpp)	2.68879	-	2.67378	-	2.71781	2.70838	-	2.71085	2.73918	2.7247	2.71361	-
判定	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0

4.3 パイン測定結果

機関A

JFRL 試料:パイン
A 試料調整日:2009/5/12 測定日:2009/6/1

試料名	4	5	7	34	45	59	70	78	84	87	93	94
試料重量mg	41.90	46.70	59.10	59.60	58.70	60.80	59.90	48.40	47.00	65.50	65.90	60.80
試料高さmm	13	13	13	12	14	13	13	14	13	13	13	13
Mnの相対強度	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701	0.701
サンプルの強度: S	22454	3207	3476.0	19604	3872	4147	32441	283863	218623	154371	469356	27618
Mnの強度: Mn	41427	44727	36315	36585	30964	42263	40122	35703	42238	31605	34027	34302
サンプル強度比	0.54	0.07	0.10	0.54	0.13	0.10	0.81	7.95	5.18	4.88	13.79	0.81
サンプル強度比(補正後)	0.45	0.05	0.06	0.32	0.07	0.06	0.47	5.76	3.86	2.62	7.34	0.46
Sample信号のg値	2.0042	2.011	1.9991	2.0046	2.0125	2.0021	2.0047	2.0046	2.0049	2.0049	2.0047	2.0047
信号の線幅(ΔHpp)	2.437	2.853	4.045	2.558	3.059	2.033	2.617	2.647	2.735	2.73	2.76	2.74
判定	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1

機関B

試料:パイン
試料調整日:2009/6/18 測定日:2009/7/23

試料名	16	11	85	74	43	18	13	28	35	72	82	47
試料重量mg	53.1	65.7	61.2	60.1	74.1	45.8	80.3	49.3	55.3	39.2	64.5	54.6
試料高さmm	6	12	11	7	8	8	8	10	5	6	12	9
Mnの相対強度	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066	1.066
サンプルの強度: S	3123	60	60.0	727	997	2123	1250	1088	1053	1290	84	78
Mnの強度: Mn	2013	960	1590	2545	2508	889	3467	2164	272	431	1872	2130
サンプル強度比	1.55	0.06	0.04	0.29	0.40	2.39	0.36	0.50	3.87	2.99	0.04	0.04
サンプル強度比(補正後)	1.56	0.05	0.03	0.25	0.29	2.78	0.24	0.54	3.73	4.07	0.04	0.04
Sample信号のg値	2.0047	-	-	2.0043	2.0048	2.0047	2.0048	2.0046	2.0046	2.0047	-	-
信号の線幅(ΔHpp)	2.715	-	-	2.76	2.682	2.68	2.757	2.686	2.698	335.735	-	-
判定	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0

機関C

試料:パイン
試料調整日:2009/5/12 測定日:2009/6/22

試料名	9	10	17	19	21	33	36	37	41	56	88	97
試料重量mg	103.50	106.50	145.30	56.90	85.70	69.90	126.60	148.70	172.60	41.20	64.40	109.50
試料高さmm	22	16	20	20	22	22	15	20	22	21	23	20
Mnの相対強度	3.215	3.215	3.215	3.215	3.215	3.215	3.215	3.215	3.215	3.215	3.215	3.215
サンプルの強度: S	2.818	2.606	0.884	0.131	0.111	0.103	1.234	1.248	0.725	0.308	0.143	0.315
Mnの強度: Mn	3.113	1.684	1.057	1.336	1.915	1.743	1.189	4.937	1.595	6.076	2.130	1.372
サンプル強度比	0.91	1.55	0.84	0.10	0.06	0.06	1.04	0.25	0.45	0.05	0.07	0.23
サンプル強度比(補正後)	1.41	2.34	0.93	0.28	0.11	0.14	1.32	0.27	0.42	0.20	0.17	0.34
Sample信号のg値	2.0046	2.0048	2.0045	2.0050	2.0039	2.0052	2.0047	2.0043	2.0045	2.0043	2.0029	2.0048
信号の線幅(ΔHpp)	2.78	2.77	2.75	2.67	2.41	2.56	2.88	2.70	2.75	2.62	3.19	2.72
判定	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1

機関E

試料:パイン
試料調整日:2009/5/12 測定日:2009/6/2

試料名	12	20	29	49	58	62	64	69	73	77	90	96
試料重量mg	46.06	42.62	41.43	46.36	37.65	44.00	42.87	47.03	43.66	37.02	38.06	44.47
試料高さmm	12	10	12	11	11	10	11	10	8	9	12	8
Mnの相対強度	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034
サンプルの強度: S	224516	256570	2466.0	41469	2357	14118	2809	16434	32487	321664	1621	117887
Mnの強度: Mn	49516	50980	59075	45961	60834	44497	58084	46883	45032	52782	60072	36461
サンプル強度比	4.53	5.03	0.04	0.90	0.04	0.32	0.05	0.35	0.72	6.09	0.03	3.23
サンプル強度比(補正後)	5.09	6.10	0.05	1.01	0.05	0.37	0.06	0.39	0.85	8.51	0.04	3.76
Sample信号のg値	2.0045	2.0046	2.0058	2.0049	2.0064	2.005	2.0091	2.0046	2.0045	2.0045	2.0152	2.0046
信号の線幅(ΔHpp)	2.7	2.73	-1.57	2.7	0.61	2.91	3.84	2.62	2.7	2.7	1.28	2.79
判定	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1

機関F

試料: バイン
 試料調整日: 2009/6/18 測定日: 2009/7/23

試料名	2	24	98	23	67	76	25	95	65	80	48	52
試料重量mg	188.00	165.00	175.00	164.00	216.00	133.00	165.00	190.00	179.00	179.00	179.00	162.00
試料高さmm	27	22	22	28	30	27	27	24	24	24	24	24
Mnの相対強度	2.100765	2.100765	2.100765	2.100765	2.100765	2.100765	2.100765	2.100765	2.100765	2.100765	2.100765	2.100765
サンプルの強度: S	101	6085	108	1656	515	110	167	679	411	92	333	1048
Mnの強度: Mn	1093	1291	1045	1153	1325	1148	1133	574	1156	980	1230	1347
サンプル強度比	0.09	4.71	0.10	1.44	0.39	0.10	0.15	1.18	0.36	0.09	0.27	0.78
サンプル強度比(補正後)	0.05	3.00	0.06	0.92	0.19	0.08	0.09	0.65	0.21	0.06	0.16	0.50
Sample信号のg値		2.004725		2.00484	2.004705			2.00494	2.004515		2.004515	2.00477
信号の線幅(ΔHpp)		2.637		2.697	2.578	0	0	2.697	2.64	0	2.583	2.622
判定	0	1	0	1	1	0?		1	1	0	1	1

機関G

試料: バイン
 試料調整日: 2009/5/12 測定日: 2009/6/1

試料名	1	6	22	32	40	44	51	60	61	75	89	91
試料重量mg	55.70	66.60	72.80	46.80	60.70	72.40	61.80	63.80	62.50	65.00	61.40	60.90
試料高さmm	10	12	14	12	13	13	16	10	14	11	11	11
Mnの相対強度	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034
サンプルの強度: S	74632	51133	45599.0	2233	13907	2194	2423	123413	3089	115534	36391	179654
Mnの強度: Mn	46956	54552	55603	60019	55685	45640	58963	43682	59318	45063	49286	51178
サンプル強度比	1.59	0.94	0.82	0.04	0.25	0.05	0.04	2.83	0.05	2.56	0.74	3.51
サンプル強度比(補正後)	1.48	0.73	0.58	0.04	0.21	0.03	0.03	2.29	0.04	2.04	0.62	2.98
Sample信号のg値	2.0047	2.0049	2.0047	1.9966	2.0044	2.0066	2.0114	2.0045	2.0043	2.0046	2.0046	2.0047
信号の線幅(ΔHpp)	2.76	2.79	2.67	1.60	2.55	3.51	2.85	2.73	5.34	2.67	2.73	2.73
判定	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1

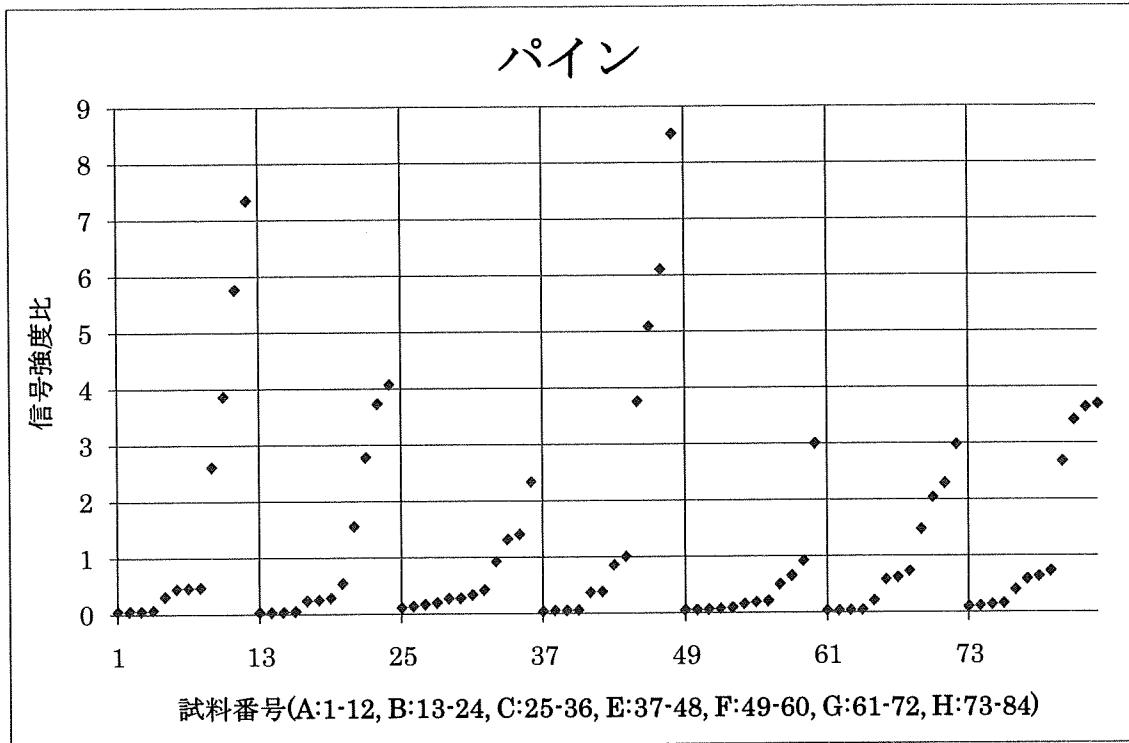
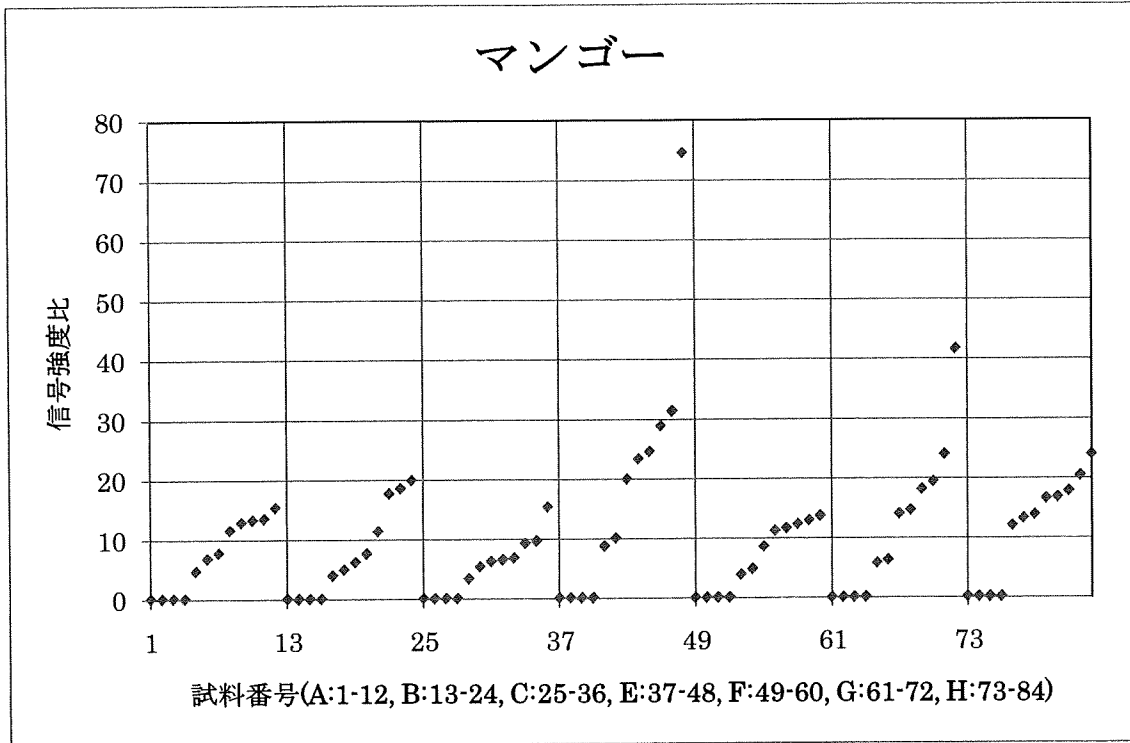
機関H

試料: バイン
 試料調整日: 測定日: 2009/6/12

試料名	14	39	46	53	55	57	63	68	71	79	86	92
試料重量mg	52.10	50.00	54.40	52.70	53.50	54.60	51.30	51.50	50.10	51.40	50.80	50.40
試料高さmm	14	14	18	14	11	14	16	14	7	11	9	12
Mnの相対強度	0.99299	0.99299	0.99299	0.99299	0.99299	0.99299	0.99299	0.99299	0.99299	0.99299	0.99299	0.99299
サンプルの強度: S	1635	57	56.0	1590	262	1867	55	1125	208.414	59	218	149
Mnの強度: Mn	457	499	323	412	386	460	533	405	283.586	414	362	369
サンプル強度比	3.53	0.11	0.17	3.86	0.68	4.06	0.10	2.78	0.73	0.14	0.60	0.40
サンプル強度比(補正後)	3.41	0.11	0.16	3.64	0.63	3.69	0.10	2.68	0.73	0.14	0.59	0.40
Sample信号のg値	2.0047	-	-	2.0049	2.0045	2.0049	-	2.0049	2.0049	-	2.0052	2.0048
信号の線幅(ΔHpp)	2.6726	-	-	2.7311	2.5076	2.7351	-	2.6927	2.7154	-	2.9209	2.5386
判定	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1

4.4 各試料の信号強度比について

各機関の測定結果をグラフにまとめたものを下に示す。



試料は非照射及び照射 2 水準であるがマンゴー、パイน์ともに値はかなり分散した。これは糖では、表面に多くの糖が付着しているためサンプリングする場所によって含まれる糖の量が大きく異なるためと考えられる。よって糖の場合は、未照射（照射されているとは言えない）試料に対して、再照射を行って、サンプリングした試料に糖が含まれているかを確認する必要がある。

実際に照射した線量と試料番号の表を下に示す。

マンゴー				パイน์			
照射線量	0 kGy	4 kGy	7 kGy	照射線量	0 kGy	0.1 kGy	1 kGy
A	8	62	76	A	45	4	93
	61	20	92		5	94	87
	53	32	70		7	34	78
	48	56	34		59	70	84
B	38	93	59	B	47	43	16
	6	84	91		82	28	72
	54	14	52		11	13	35
	49	27	46		85	74	18
C	31	5	73	C	21	41	10
	39	55	99		33	97	36
	22	86	36		88	37	17
	63	41	23		56	19	9
E	26	9	10	E	29	49	12
	67	15	12		58	62	20
	79	81	17		64	69	77
	90	94	75		90	73	96
F	37	51	43	F	80	65	52
	28	18	21		76	67	23
	57	74	97		2	25	24
	2	19	64		98	48	95
G	72	16	25	G	51	6	1
	50	47	88		44	89	60
	98	1	42		32	40	75
	83	40	66		61	22	91
H	96	35	78	H	39	86	53
	69	4	95		46	55	14
	29	80	44		63	71	57
	13	87	24		79	92	68

実際に照射した線量と実測した試料との強度比を比べるとマンゴー、パイン共に、照射、非照射に関しては、すべての機関において正解が得られた（正解率 100%）。しかしながらマンゴーにおいては照射と判断したもので低線量と高線量の判別においていくつかの機関で誤判定（水準の誤判定）が見られた（正解率 82%）。これはマンゴー試料の切り出しの際に、糖の含有量の差が大きかったためと思われる。またパインでは誤判定がなく（正解率 100%）マンゴーで誤判定が観測された原因は、マンゴーは照射が 4kGy 及び 7kGy でその比が(1:1.75)あるのに対し、パインでは 0.1kGy 及び 1kGy と比が(1:10)と大きいためにマンゴーの方が信号強度比にばらつきがあったと思われる。よって、今回は非照射に関しては、すべての機関において正解が得られたが、非照射と判別されたものについては標準照射を行い、糖が確実に含まれているかを判別する必要があると考える。

4.5 非照射試料の標準照射、及び糖の標準照射

非照射と判断された試料について 1kGy の標準照射を行い、糖の含有量を糖の標準照射試料と比較して求めた。（なお機関 F は非照射と判断された試料ではあるが、異なる部位の試料を用いている、機関 H はデータが欠損していた）各機関の結果を以下に示す。

機関 A

試料調整日:2009/5/12 測定日:2009/7/17

試料名	試料:マンゴー				試料:パイン				糖 0.05kG	糖 0.5kGy	糖 5kGy
	8	48	53	61	5	7	45	59			
試料重量mg	54.50	53.70	53.70	52.60	46.70	59.10	58.70	60.80	50.40	50.00	51.10
試料高さmm	13	13	13	13	13	13	14	13	5	5	5
Mnの相対強度	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034	1.034
サンプルの強度: S	53917	53013	48611	44921	299784	185361	91667	264486	40474	339509	1723609
Mnの強度: Mn	32222	33206	31496	35033	36486	29997	25168	32784	43273	46378	46403
サンプル強度比	1.67	1.60	1.54	1.28	8.22	6.18	3.64	8.07	0.94	7.32	37.14
サンプル強度比(補正後)	1.59	1.54	1.49	1.26	9.10	5.41	3.21	6.86	0.96	7.57	37.58
Sample信号のg値	2.0047	2.0048	2.0047	2.0049	2.0045	2.0046	2.0047	2.0045	2.0049	2.0046	2.0047
信号の線幅(ΔHpp)	2.74	2.77	2.74	2.74	2.74	2.68	2.72	2.74	2.77	2.68	2.74

機関 B

試料調整日: 測定日:2009/6/29

試料名	試料:マンゴー				試料:パイン				糖 0.05kG	糖 0.5kGy	糖 5kGy
	6	38	49	54	11	47	82	85			
試料重量mg	35.5	50.7	61.2	54.1	65.7	54.6	64.5	61.2	52.1	52.0	50.2
試料高さmm	7	9	12	8	12	9	12	11	5	5	5
Mnの相対強度	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.043	1.043	1.043
サンプルの強度: S	1138	1046	1126.0	2184	1110	2064	2072.0	2277	1878	2469	2554.0
Mnの強度: Mn	664	516	478	592	744	1182	463	443	3564	608	99
サンプル強度比	1.71	2.03	2.36	3.69	1.49	1.75	4.48	5.14	0.53	4.06	25.80
サンプル強度比(補正後)	2.53	2.10	2.02	3.58	1.19	1.68	3.64	4.41	0.53	4.07	26.80
Sample信号のg値	2.0049	2.0049	2.0049	2.0048	2.0047	2.0049	2.0048	2.0048			
信号の線幅(ΔHpp)	2.756	2.739	2.734	2.717	2.738	2.768	2.746	2.718			