

[報文]

熱ルミネセンス法による照射食品の検知 — TL 発光曲線の積分温度範囲と TL 比の関係 —

関口正之¹⁾, 山崎正夫¹⁾, 後藤典子²⁾, 等々力節子³⁾, 穂原昌司³⁾

¹⁾ 地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター (〒158-0081 東京都世田谷区深沢 2-11-1)

²⁾ 東京都福祉保健局: 元東京都立産業技術研究センター (〒163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1)

³⁾ 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 (〒305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12)

Detection of irradiated foods by the thermoluminescence — Relationships between the temperature ranges of integrating TL glow curves and TL glow ratios —

Masayuki SEKIGUCHI¹⁾, Masao YAMAZAKI¹⁾, Michiko GOTO²⁾,
Setsuko TODORIKI³⁾ and Shoji HAGIWARA³⁾

¹⁾ *Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute (TIRI),
2-11-1 Fukazawa, Setagaya-ku, Tokyo 158-0081, Japan*

²⁾ *Bureau of Social Welfare and Public Health, Tokyo Metropolitan Government,
2-8-1 Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8001, Japan (Former post: TIRI)*

³⁾ *National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan*

Summary

Our study demonstrated that the effects of the several temperature ranges for integrating TL glow intensity on the TL glow ratios by using spice-set purchased at a Turkish air port. The spice set had no labeling of irradiation foods, but nine of 12 spices were judged as irradiated food in this study. Those temperature ranges were defined by evaluating the glow curves of irradiated TLD-100 chip (167-230 °C), TLD-100 disc (177-238 °C) and Dolomite element (145-258 °C). Those are relatively stable and the difference of typical glow peak temperatures of TLD-100 disc in two institutes was less than 2%. On the other hand, Those of TLD-100 tip was shift to higher temperature side at about 4 °C because of declining of thermal conductance. The temperature ranges defined by TLD-100 were showed that discriminate more clearly between irradiated and nonirradiated spices compared with the full temperature range of TL measurement (70-400 °C). With the exception of low glow intensity, background measurement for estimating net glow intensity was not necessary because TL glow ratio was hardly influenced whether the background measured or not.

Key words: Thermoluminescence, irradiated foods, TL glow ratio, integration of luminescence intensity

はじめに

熱ルミネッセンス (TL) 法による照射食品の検知は、欧州でハーブやスパイス、パレイショなどを対象に試験室間共同試験^{1)~3)}が実施され、分析法としての妥当性が確認されている。TL 法は 1996 年に欧州規格 EN1788⁴⁾ となり、2001 年に改訂され現在に至っている。

EN1788 は、TL 装置による測定の終了温度を少なくとも 350 以上とし、付属書 B では TLD-100 を用いた装置の温度校正の他、TL 比算出のための積分温度範囲設定の有用性を紹介している。また、TL 比算出の際、食品からの鉱物質分離に伴う汚染を評価するために MDL (Minimum detectable Integrated TL-intensity Level) を併せて規定し、正しい値を得るのに必要な Glow1、Glow2 の発光量の条件も定めている。

EC 指令 1999/2⁴⁾ では、EU のメンバー国の照射施設で照射された食品の種類と量や市場に流通する照射食品の検知結果を、欧州委員会に報告することが定められている。2000 年後半以降 2005 年までに欧州各国が実施した市場の照射食品監視の報告においても、TL 法は重要な位置を占めている⁵⁾。

本研究では、海外旅行者がトルコの空港で購入したスパイス (12 種類) を試料として、TL 測定を行った。TL 比の算出にあたっては、当所で使用している 70 ~ 400 の積算温度範囲の他に、EN1788 が推奨する TLD-100 素子で設定した積算温度範囲、および Dolomite から試作した素子で設定した積算温度範囲も採用した。それぞれの積算温度範囲から算出した積算発光量の TL 比に与える影響を調べた。TLD-100 と Saffron については、2 つの研究機関で発光ピーク温度や TL 比を測定し比較した。

実験方法

1. 実験試料

1.1 香辛料

香辛料はトルコの空港で購入したスパイスセット 12 種類 (Bay Leaves, Oregano, Cumin, Black Cumin, Peppermint, Sumac, Paprika, Red Hot Pepper, Red Sweet Pepper, Coriander, Curry, Saffron: 内容量: 4 ~ 24g; 製造日: 2006/6, 賞味期限: 2008/6)

1.2 TLD-100 素子

TLD-100 (LiF:Harshaw 製) のディスク (直径 3mm, 厚さ 0.3mm, 重量 約 6mg) またはチップ (3mm 角, 厚さ 0.9mm, 重量 約 23mg) の素子を 1 回の測定に 5 ~ 15 個使用した。素子は、使用前にアニールを行うために電気炉 (400) に移し 1 時間処理後、直ちに恒温槽 (100) に移し 2 時間放置し、その後室温で保存した。

1.3 Dolomite 素子

Dolomite (ヤマニファーストセラミック製) をメノウ乳鉢で粉体とした後、アニーリング後 (400 , 2 時間), 50 μm ナイロンメッシュシートを通った粒子を回収した。Dolomite を 0.3mg/50 μl となるよう純水に懸濁し、その 50 μl を正確に TL 測定皿に滴下、クリーンベンチで 24 時間以上風乾して Dolomite 素子を作製した。

2. 実験方法

2.1 鉱物質の分離

各試料からの鉱物質の分離は EN1788 に準拠して行った。粉体試料 (Saffron 4g, Coriander 2g, Curry 3g, Red Hot Pepper 3g, Sumac 3g, Paprika 3g, Peppermint 1.5g, Red Sweet Pepper 3g, Cumin 3g, Oregano 2g) の場合、ポリタングステン酸ナトリウム (SPT) 溶液 (比重: 2.0) 30-60ml と混合攪拌後、超音波処理 (15 分) を行った。鉱物量が少ないと予想されるホールの香辛料 (Black Cumin 12g, Bay Leaves 4g) は、購入品の半量または全量をそれぞれ蒸留水中で攪拌・超音波処理後、静置した。沈殿したものを遠沈分離し、沈降区分に SPT 溶液 (比重: 2.0) 5 ~ 20ml を加えた。SPT 溶液により有機物と鉱物質の重液分離を行い、精製した鉱物質を得た。

2.2 TL 測定

TL 測定装置には HARSHAW-BICRON 製 QS-3500 型を使用した。測定は、窒素雰囲気下 (2L/分), 昇温速度 6 / 秒, 昇温温度範囲 70 から 400 で行った。

分離した鉱物質試料は、恒温槽 (50 ± 5) で 16 時間保持したのち、最初の TL 発光量 (glow1') を測定した。通常は、連続して同一試料について TL 測定を行い、バックグラウンドの発光量 (glow1'B) を

測定し,

$$\text{Glow1} = (\text{glow1}' - \text{glow1}'\text{B})$$

を求めた。

続いて、この試料に標準化のため 1kGy の線量をコバルト 60-線 (185TBq) で照射した。再び、恒温槽 (50 ± 5) で 16 時間保持した後、TL 発光量 (glow2') およびバックグラウンド (glow2'B) を測定し、

$$\text{Glow2} = (\text{glow2}' - \text{glow2}'\text{B})$$

を求めた。

但し、TLD-100 および Dolomite 素子で積算温度範囲を規定した場合は、Glow1 および Glow2 は共にバックグラウンド測定は行わず、最初の glow1' および glow2' の積算発光量をもとに TL 比を算出した。70 ~ 400 の積算温度範囲では、バックグラウンドを差し引いたものと、引いていないもので TL 比を求め、両者の違いを検討した。

2.3 TL 積算温度の設定

0.5Gy の線量を照射した TLD-100 のディスクまたはチップの素子を用い、TL 比を算出する際の発光曲線の積算温度範囲を決定した。照射した TLD-100 は典型的な TL 発光ピークを持ち、そのピーク V (X) と VI ((X + IS)) の温度をもとに、実用的な積算温度範囲 [X-IS () ~ X ()] を規定す

る(図1左)。EU の機関が参加した共通試料による試験室間共同試験では、TL 測定温度範囲全体で発光量を積算して TL 比を計算するよりも、放射線照射に定義された発光ピークが現れる温度範囲に近くかつ狭い積算温度範囲を設定した方が判別は明確になるとの結論が得られている¹⁾。

同時に、本研究では照射判定の基準となる発光ピークの温度範囲(150 ~ 250)に対応するものとして、試作した Dolomite 素子に 1kGy の線量を照射した際に認められる二つのピーク(ピーク1およびピーク2²⁾)から積算温度範囲(145 ~ 257)を設定し得られた TL 比を比較した(図1右)。なお、産技研の TL 測定における MDL と平均クリーンディスクブランク(試料皿の空試験)は、70 ~ 400 の測定温度範囲で 47.9nC および 36.5nC であった。

実験結果および考察

1. TLD-100 の発光ピーク温度と積算温度範囲

TLD-100 について複数回測定した際の発光ピーク V と VI の温度と積算温度範囲の関係を表1に示す。

ディスクについては都産技研で7回実施した結果、ブロードなピークである VI の場合、ばらつきはやや大きくなった。ピーク V の平均温度は 232.1 (標準偏差 1.1 , 変動係数 0.5%)、ピーク VI は 296.5 (標準偏差 2.3 , 変動係数 0.8%) となり、IS は 64.1 , 積算温度範囲は 167.7 ~ 232.1 であり安定した値を示した。なお、TL 比の算出では TL 測定装

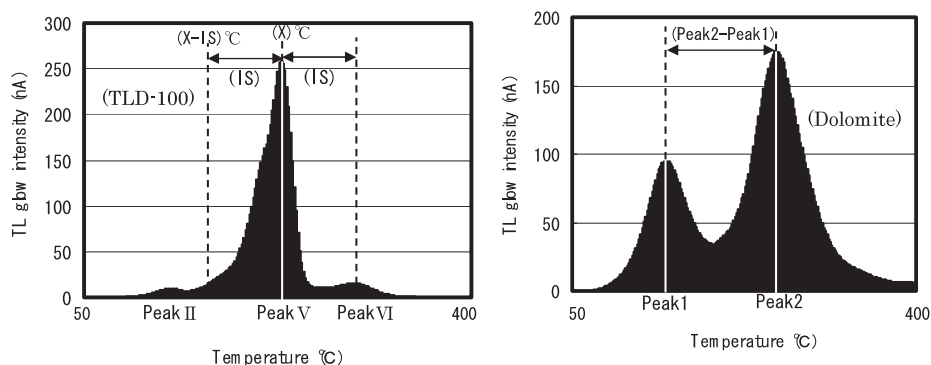


Fig. 1 Typical glow curves of TLD-100 and dolomite element, and the temperature intervals for integrating TL glow intensity.

* The temperature intervals are (X-IS)-X for TLD-100 and Peak1~Peak2 for Dolomite element respectively.

Table 1 The temperatures of typical TL glow peaks (peak V and VI) of TLD-100 (LiF) and the temperature intervals (IS) for integrating the TL glow curve

TLD-100	date	Number of TLD-100	(X-IS)	(X) : Peak V	Peak VI	(Peak VI - Peak V) : IS
Disc	2005.12.13	5	168	232.6 (4.1)	297.2 (5.6)	64.6
	2006.1.11	5	168.5	231.8 (3.9)	295.1 (4.3)	63.3
	2006.2.24	6	167.8	232.4 (3.7)	297.0 (4.7)	64.6
	2006.5.25	5	166.2	233.4 (2.4)	300.5 (2.3)	67.2
	2006.6.20	5	168.3	232.9 (3.7)	297.5 (4.4)	64.6
	2006.8.17	15	168.9	231.6 (4.4)	294.3 (5.4)	62.7
	2006.9.26	10	165.9	230.0 (4.1)	294.1 (5.0)	64.1
	Average		167.7	232.1 (1.1)	296.5 (2.3)	64.4 (1.4)
Tip	2006.8.17	5	172	235.9 (1.9)	299.8 (2.2)	63.9
	2006.9.20	10	176.6	237.6 (2.7)	298.7 (2.8)	61.0
	Average		174.3	236.8	299.2	62.5
Disc*	2006.6.11	10	168.3	234.2 (4.6)	300.1 (12.6)	65.9

*The data obtained from the Harshaw QS-3500 in National Food Research Institute.

**The temperature range between (X-IS) and Peak V were recommended as practical temperature range for integrating TL glow intensity in EN 1788 Appendix B.

***The figures in parentheses show the standard deviations.

量のデータ処理 (70-400 を 200 チャンネルに分割し発光量を積算している)の制約から 167 ~ 230 を装置の積算設定値としている。

チップ素子の場合は 2 回実施し、平均でピーク V は 236.8 , ピーク VI は 299.2 となり、IS は 62.5 積分温度範囲は 174.3 ~ 236.8 となった。素子の厚さ、質量がディスク素子より大きいため加熱プレートから素子への熱伝導が遅れ、ピーク温度が高温側にシフトすると考えられた。食品総合研究所におけるディスクでのデータは、ピーク V は 234.2 , ピーク VI は 300.1 , IS は 65.9 , 積分温度範囲は 168.3 ~ 234.2 であり TL 測定装置による差はほとんど認められなかった。

個々の装置の温度表示値に依存せず、共通した積算温度設定をする上で、TLD-100 を使用することは、装置間の変動を排除し TL 比を算出する上で有益と考えられる。

2. Dolomite 素子の特徴と積分温度範囲

Dolomite 素子は、放射線照射した鉱物質に定義される発光ピークの温度範囲 150 ~ 250 に近い温度

に二つの特徴的なピークを持ち、TL 測定における標準照射線量である 1kGy で適当な大きさの発光ピークが認められるという特徴がある(図 1 右)。このことは、一つの放射線源で試料の標準照射と積分温度範囲設定のための照射を可能とする。また、Dolomite (0.3mg) は TL 測定皿表面にコーティング状に付加できることから、実際の測定試料と同等の質量での昇温条件を再現し、試料の実温度と高い相関を持つと考えられる。

複数回測定して平均となるピーク温度は、TLD-100 と比べても安定した値を示した(表 2)。また全体の平均値をもとに積算温度は 145 ~ 257 とした。Dolomite 素子では、照射後に測定する時間により低温側のピーク 1 は小さくなり、ピーク温度も高温側にシフトした(図 2)。そのため、測定には照射後の測定時間を一定とすることが望ましい。

3. 香辛料の積算温度範囲と TL 比の関係

3.1 照射が疑われる香辛料

照射が疑われる香辛料の TL 発光曲線を図 3 に示す。9 つの香辛料では 150 ~ 250 の範囲に照射に

Table 2 The temperatures of typical glow peaks (Peak1 and Peak2) of dolomite elements

Dolomite	date	Number of Dolomite	Peak 1	Peak 2	(Peak2-Peak1)
(0.3mg/plate)	2006.1.5.	5	145.7 (1.2)	255.6 (1.4)	110.0
	2006.1.12	5	147.2 (0.9)	256.3 (2.2)	109.1
	2006.2.27	6	144.8 (0.0)	259.0 (0.0)	114.2
	2006.5.26	5	144.5 (0.8)	258.4 (0.8)	113.9
	2006.6.21	5	142.4 (0.9)	257.3 (1.9)	114.9
	2006.6.23	5	142.8 (1.4)	259.0 (1.4)	116.3
	Average			144.6 (1.8)	257.6 (1.4)

* The temperature range between Peak1 and Peak2 is used for integrating glow intensity of dolomite elements.

** The figures in parentheses show the standard deviations.

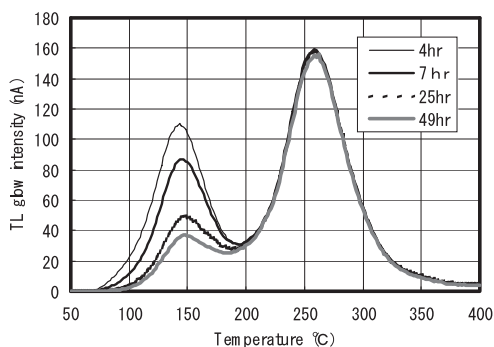


Fig. 2 The change of typical glow peaks of a dolomite element after gamma irradiation.

特有な発光ピークが認められた。これらについて、各積算温度範囲により TL 比を算出した結果を図 4 に示す。そのうち 8 品目が TL 比 1 以上であった。また、積算温度範囲を 70 ~ 400 から Dolomite で設定した 145 ~ 257 , TLD-100 素子で設定した 167 ~ 230 (Disc) , 177 ~ 238 (Tip) にするに従い、TL 比は大きくなる傾向を示した。しかし、Oregono の場合、高温側のピークがない試料であり積算温度範囲の違いによる影響は小さかった。

一方、非照射品に照射品が混合 (混入) したブレンド品の場合は、150 ~ 250 の範囲の発光ピークと非照射品由来の 300 を超えるピークが一定の割合で合成されたような発光曲線を示す⁶⁾。この場合、照射品の混合割合が小さく (高温側ピーク成分が多く) なるにしたがって、TLD-100 の積算温度範囲で求めた TL 比は 70 ~ 400 で積算した場合より増加

する傾向を示した。

また、70 ~ 400 の積算温度範囲を用いた場合、これらの事例では TL 測定のバックグラウンドの差し引きの有無にかかわらず、TL 比に違いは認められなかった。

3.2 照射の疑いのない香辛料

3 種類の香辛料の TL 発光曲線を図 5 に示す。Glow1 の発光曲線には 150 ~ 250 の温度範囲にピークは認められず 330 付近に発光ピークがあり、未照射であることが確認できた。Black Cumin と Bay Leaves は glow1' の発光量が MDL をわずかに上回り、glow2' の発光量が TL 測定装置の MDL (Minimum Detectable Level : 最小検出レベル) × 10 (47.9nC) 以上であるため適正な測定と判断される。参考例として、図 6 にこれらの香辛料について TL 比を積算温度範囲毎に求めた結果を示す。

いずれの場合も 70 ~ 400 の積算温度範囲で求めた TL 比は大きくなる傾向を示した。また、70 ~ 400 で発光量を積算した場合、glow1' の発光量が小さい試料ではバックグラウンドを差し引かないと TL 比が極端に大きくなる可能性を示唆している。Dolomite および TLD-100 で規定した積分温度範囲を使用した場合は、TL 比は低い値で推移した。EN1788 では TL 装置の測定温度範囲の上限を少なくとも 350 以上としており、400 から 500 の範囲の上限温度がよく使用されている。MDL は [全工程ブランクレベル (glow1') + 3 標準偏差] で表され、鉍物質分離の工程で使われる試薬、ガラス器

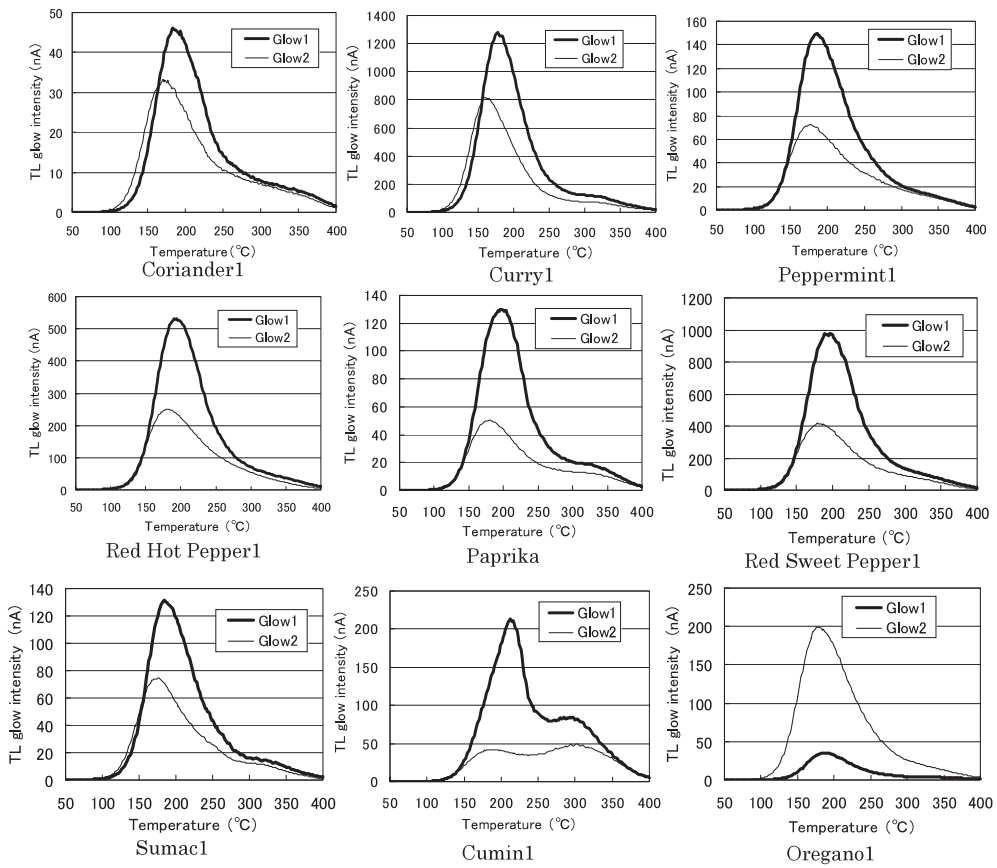


Fig. 3 Typical/glow curves for nine kinds of spices irradiated in the manufacturing process.

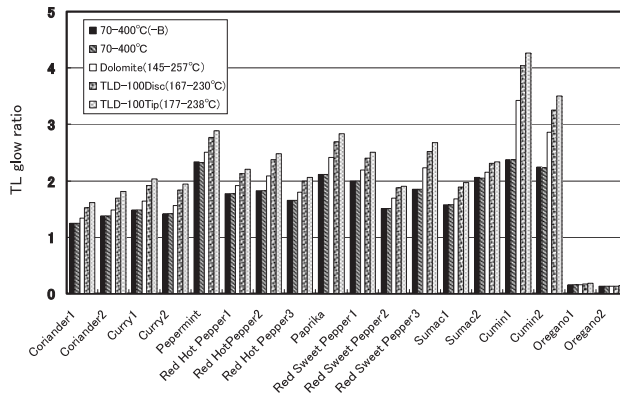


Fig. 4 TL glow ratios obtained in four temperature ranges for integrating TL glow curves in nine kinds of spices.

* (-B) indicates the value that subtracted a background (glow1'B or glow2'B) from glow1 or glow2, respectively.

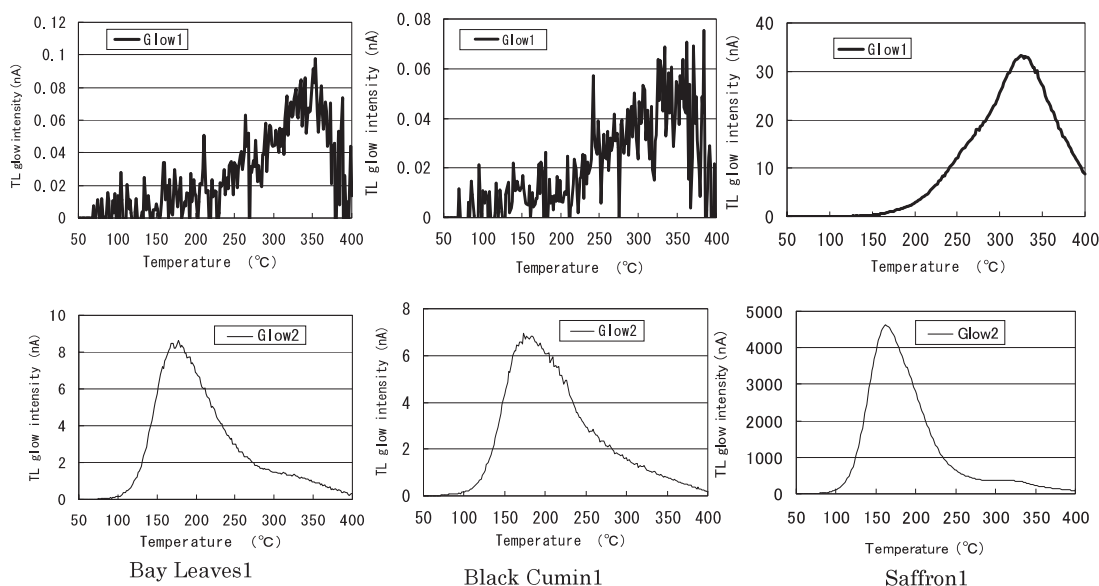


Fig. 5 Glow curves for bay leaves, black cumin and saffron that not irradiated by a radiation source.

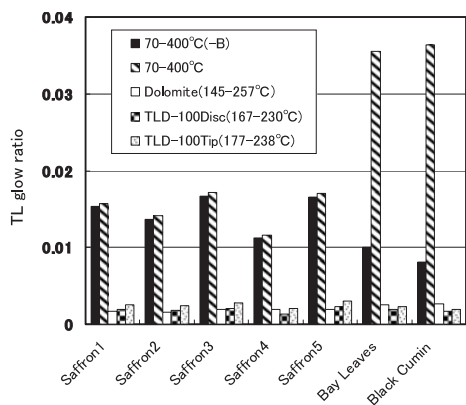


Fig. 6 TL glow ratios obtained in four temperature ranges for integration of TL glow curves for saffron, bay leaves and black cumin.

* (-B) indicates the value that subtracted a background (glow1'B or glow2'B) from glow1 or glow2, respectively.

具, 溶液類そして試料皿の汚染による発光量を評価している。したがって, 日頃から MDL の値を管理することで実験室内のコンタミネーションの排除に役立てることが出来る。また, MDL の値を基準にして glow2' の発光量を考慮することで, 個々の TL 装置, 測定機関毎に有効な測定限度を決定すること

ができる。EN1788 では, MDL × 10 よりも大きな glow2' の発光量が得られない場合は, 判定を行うのに十分な鉱物試料が分離出来ていないものとして判定を棄却しており, この条件設定は TL 比の 0.1 という '照射判定' の閾値設定の信頼性とも直接に繋がっている。

産技研の TL 測定における MDL は 70 ~ 400 の全測定温度範囲に対しては 4.79nC, TLD-100disc と Tip および Dolomite で設定した狭い積算温度範囲に対しては, それぞれ 0.7nC, 0.68nC, 1.14nC となった。積算温度範囲を狭めることはバックグラウンドレベルを下げ, 照射に特異的に現れるピークに対する TL 比を用いた判定の感度を高めることに寄与している。

一方で, 試料重量による画一的な測定の適正判断は, 鉱物質試料の発光量についての情報とは結びつかないため, 本来 TL 装置が持つ検知感度を犠牲にし, 場合によっては測定レンジのオーバーや測定感度の飽和領域での測定につながる可能性がある。

4. 香辛料の保存による TL 比の変化

6 種類の香辛料について, 製造後 3 ~ 5 ヶ月および 1 年常温暗所保存後の TL 比の変化を調べた結果を図 7 に示す。

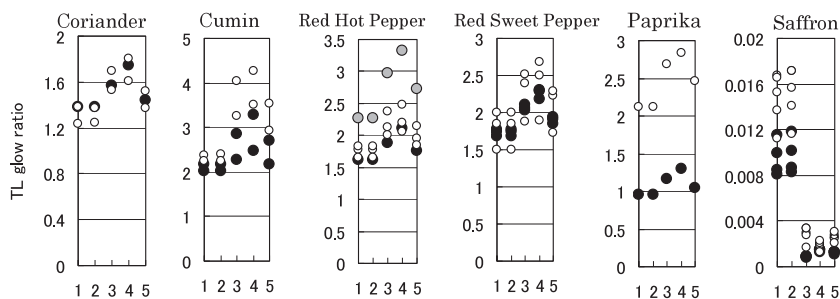


Fig. 7 The change of TL glow ratios of 6 kinds of spices estimated by the 5 temperature ranges in 3-5 months (○) and 1 year (●) after production.

1. (70-400 °C)-background, 2. (70-400 °C), 3. (145-258 °C), 4. (167-230 °C), 5. (177-238 °C)

* Grey circles show the false TL ratios because separated silicate minerals may be moved from original position by inadequate handling of the sample dish.

TL 比は、保存期間が長くなるにしたがって小さくなった。Paprika の TL 比は他に比べ大きく減少し、鉱物質により減衰に大きな違いがあった。また、Red Hot Pepper の一つの試料は照射 1 年後にもかかわらず、TL 比が照射後 3 ~ 5 ヶ月より大きくなった。

これは、TL 測定において Glow1 と Glow2 の測定、標準照射を実施する際に、試料皿に載せた鉱物質がこぼれたり、動いたりして元の状態から変化すると、発光量と TL 比にも大きな影響を及ぼす可能性を示している。このようなハンドリングの過ちによるアーティファクトの試験結果を避ける上で、移送には細心の注意が必要である。

そこで、現実的には鉱物質を分離する工程と試料皿に鉱物質を載せてから後の工程（2 回の TL 測定と再照射）とを分離して実施することで、遠隔地間の試験所が輸送によるリスクを避けるのもひとつの

方策かもしれない。もし、試料を輸送して再照射だけを別機関で実施するのであれば、試料皿や梱包容器の形態等も含めた輸送方法を定め、その方法についてのバリデーションを行い、その結果と具体的な方法をきちんと公表する必要があるだろう。

5. Saffron についての測定の比較

Saffron の TL 測定を 2 つの研究機関で独立して行い、ピーク温度と TL 比を比較した。ピーク温度（表 3）は、ばらつきが少なく鉱物試料の均質性が伺えた。しかし、TLD-100 のピークが僅かに高い食品総合研究所で測定した Saffron のピーク温度は都産技研のものより低くなった。鉱物試料重量が後者は前者の約 2 ~ 7 倍大きいため、試料への熱伝導を低下しピーク温度を上昇させた可能性があった。

また、それぞれの研究機関で各積分温度範囲について求めた TL 比を表 4 に示す。いずれも類似の傾

Table 3 The glow peak temperatures (°C) estimated by two institutes in saffron (n=5)

Sample Number	National Food Research Institute*		Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute**	
	Glow1 peak (°C)	Glow2 peak (°C)	Glow1 peak (°C)	Glow2 peak (°C)
Range	313.1-325.0	156.7-158.4	323.3-328.4	160.1-163.5
Average	320.9	158.1	325.0	161.8
C.V.	1.4%	0.5%	0.6%	0.7%

* The data measured at 6 months after production

** The data measured at 4 months after production

Table 4 TL glow ratios estimated by several temperature intervals at two institutes in saffron(n=5)
(National Food Research Institute)

Sample Number	70-400 (-B)	70-400	TLD100Disc 168-234	Wight of TL sample (mg)	Glow intensity [0-400 (-B)] nA per mg	
					Glow1	Glow2
Range	0.0062-0.0134	0.0063-0.0137	0.0009-0.0019	0.17-0.65	278.4-748.2	39802-71276
Average	0.0090	0.0092	0.0014	0.478	475.1	52881
C.V.	34.1%	34.1%	31.0%	45.2%	39.8%	22.7%

(Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

Sample Number	70-400 (-B)	70-400	TLD100Disc 167-230	Wight of TL sample (mg)	Glow intensity [0-400 (-B)] nA per mg	
					Glow1	Glow2
Range	0.011-0.017	0.012-0.017	0.0019-0.0022	1.01-1.59	457.1-597.2	27578-46768
Average	0.0147	0.0151	0.0019	1.28	518.1	36282
C.V.	15.6%	15.4%	19.7%	20.1%	10.6%	23.9%

向を示した。但し、試料重量のばらつきが重量 (mg) 当たりの TL 発光量や TL 比のばらつきにも影響を与えている可能性が考えられる。粉体試料で比較的均質な Saffron の鉱物質でさえ、試料重量 mg 当たりの発光量は、約 10 ~ 40% , TL 比も約 15% ~ 34% の変動を示す。異なった形状および種類の鉱物質が含まれる場合は、標準照射の線量変動限度値を遙かに超える変動が生じることがわかった。しかし、Glow2 は Glow1 より 50 倍以上大きいので Saffron の照射判定には影響を与えなかった。

まとめ

海外の空港で購入した 12 種類のスパイス(セット品)を TL 法で照射歴を調べた結果、9 品目で照射の疑いが認められた。TL 比を算出する際に、TLD-100 および Dolomite で規定した積算温度範囲と従来の 70 ~ 400 の昇温温度範囲で発光曲線を積算した場合を比較した。その結果、TLD-100 で規定した積算温度範囲で求めた TL 比は、照射品については他の積算温度範囲で得た TL 比に比べ大きくなり、明確に照射判定ができることがわかった。Dolomite による積算温度設定は、試料から分離した鉱物の状態に近い形で評価でき、照射品に定義される発光ピークの温度範囲 (150 ~ 250) にほぼ対応していた。Dolomite で設定した積算温度範囲で求めた TL 比は

TLD-100 で設定した場合に比べ小さくなるが、70 ~ 400 で得られた TL 比よりはやや大きくなる傾向を示した。また、全ての発光曲線の積算時に、バックグラウンド測定の差し引きの有無にかかわらず TL 比はほとんど変わらず、通常はバックグラウンド測定が必要ないことがわかった。但し、70 ~ 400 の積算温度範囲を選択した場合に、Glow1 の発光量が小さい場合はバックグラウンドの測定値を減じないと TL 比が著しく増加する事例が認められた。

TLD-100 および Saffron を用いて 2 つの研究機関で発光ピークの温度、発光量等を比較した結果、発光ピーク温度に大きな違いはなく、また変動も小さいことから TL 装置の特性はほぼ同等に近いと考えられた。

文 献

- 1) Schreiber, G.A. et al.: Thermoluminescence analysis to detect irradiated spices, herbs and spice- and herbs mixtures - an intercomparison study. Bericht des Instituts für Sozialmedizin und Epidemiologie des Bundesgesundheitsamtes, SozEp-Heft 2/1993, German Federal Health Office, Bundesgesundheitsamt, Berlin (1993)
- 2) Sanderson D. C. W. et al.: Establishing Luminescence methods to detect irradiated

- food, *Food Sci. Technol. Today*, **12**(2), 97-102 (1998)
- 3) Sanderson D. C. W. et al.: Photostimulated Luminescence Detection of Irradiated Herbs, Spices, and Seasonings: International Interlaboratory Trial: *J. AOAC International*, **86**(5), 990-997 (2003)
- 4) EN 1788: Foodstuffs - Thermoluminescence detection of irradiated food from which silicate minerals can be isolated, European Committee for Standardization (2001)
- 5) Report from the Commission on food irradiation http://ec.europa.eu/food/food/biosafety/irradiation/index_en.htm
- 6) 後藤典子 他：非照射香辛料に混合した照射香辛料の熱ルミネッセンス法による検知, *Radioisotopes*, **56**(3), 13-23 (2007)
(2007年7月25日受理)