

論文審査結果の要旨

氏名 長田 早苗

アブラナ科野菜には多種類のグルコシノレート（以下、GSL と示す）が含まれている。これらからは内在あるいは腸内細菌が保有する酵素ミロシナーゼにより対応する種々のイソチオシアネート類が生成する。これらの一部はワサビやダイコンの辛味成分として知られているが、一方で肝臓における第 2 相解毒酵素の誘導、ならびに第 1 相解毒酵素の阻害を介し、様々ながんの発がん抑制効果を発現する分子種が報告され、注目されている。

平成 27 年 4 月に新しい食品表示制度が施行されたことに伴い、生鮮食品においても機能性を表示することが可能になった。生鮮食品の機能性成分は保存、調理、加工などにより影響を受けることが推察される。したがって、機能性成分の損耗や消長について系統的に分析することは、今後、消費者へ適切な情報を提供するために必須のことであると思われる。

本研究は、わが国で栽培されている野菜類の約 3 割を占めるアブラナ科野菜を試験物質として、それらに含まれる GSL について調理科学的な検討を行ったものである。すなわち、アブラナ科野菜の GSL の種類や含有量ならびに調理・加工過程における GSL の損耗、消長、他の物質への変換などについての基礎的な検討を行い、健康の保持・増進に寄与する情報を収集蓄積したものである。

第1章では、日常生活において入手し易く、摂取頻度の高い日本産アブラナ科野菜4属13種類15品目を対象として、GSLの種類および含有量を検討している。その結果、25種類のGSLの存在を確認し、これらの中には、発がん抑制に関連する ω -メチルスルフィニル型GSLやフェネチルGSL、3-インドールメチルGSLなどが含まれていることを明らかにしている。また、アブラナ科野菜の全体的なGSL含有量は $20\ \mu\text{mol} \cdot \text{gDW}^{-1}$ 前後に集約しており、最小はチンゲンサイ($6.90 \pm 1.75\ \mu\text{mol} \cdot \text{gDW}^{-1}$)であり、最大はブロッコリースプラウト($185.01 \pm 9.21\ \mu\text{mol} \cdot \text{gDW}^{-1}$)であったと報告している。

これらの結果は試料収集の限界から、事例分析に近いものであるが、日本の野菜についてこれだけ多くを分析した例は見当たらず、貴重な資料となるものである。また、我々が日常生活において多種類のアブラナ科野菜を利用することにより、多種GSLの摂取を増加し、機能性成分の利用にも効果があることも示しており、示唆に富む結論を導いていると評価できる。

第2章は、食材の下処理時間が比較的長い外食産業および特定給食施設における調理条件を考慮し、アブラナ科野菜に含まれるGSL量の調理・加工過程における消長を検討したものである。

大量調理施設においては、大量調理施設衛生管理マニュアルによって作業条件が厳密に管理され、作業部屋の室温は 25°C 以下、湿度は80%以下と規定されている。また、食材は下処理ならびに下処理後の本調理開始までに長時間を要するため、 10°C 以下の冷蔵庫で保管される。そのため、切裁が主となる下調理では、調理損耗が大きいことが想定される。本研究では、キャベツ、クレソン、ミズナ、ブロッコリー、ダイコンを試料として、大量調理施設衛生管理マニュアルに規定された条件下で切

裁し、切裁直後から 180 分後まで 5℃以下で保冷した時の GSL 含有量の変化について検討している。

その結果、組織破壊の少ない切裁（ブロッコリー：小房程度、キャベツ：5×5 cm 程度、クレソン：4 cm 長さ、ダイコン：剥皮の有無に関わらず厚さ 5 mm 以上の銀杏型）であれば、大量調理における条件下でも GSL の損耗は少ないことを明らかにしている。しかし、組織破壊が大きい切裁では GSL 含有量の損耗は大きく、その減少率は、せん切り（保冷 120 分後のキャベツ）：約 30%、みじん切り（切裁直後のブロッコリー）：約 50%、すりおろし（切裁直後のダイコン）：約 90%となったとしている。このような試料を数時間保存すると、GSL 含有量はさらに大幅に減少すると考えられ、したがって、GSL の摂取量を多くするためには供食直前に処理する必要があることを明らかにしている。

このように本章は、大量調理の切裁における GSL 保全の要諦を示している点で評価できる。また同時に、ダイコンの厚切りでは GSL が増加するという興味深い現象も発見しており、今後の検討が期待される。

第 3 章は、基礎的調理法である加熱による GSL 量の調理損耗の状況について検討したものである。

はじめに、加熱温度が GSL 量に与える影響を調べるために、クレソンおよびブロッコリー（小房に切裁）を 30℃から 90℃または 99℃まで一定温度で 30 分間加熱し、GSL 含有量に与える影響を観察している。その結果、GSL 含有量は、50～60℃の温度帯で損失が最大になることを解明している。

次いで、茹で加熱時間が GSL 残存率に与える影響と、茹で水量の多寡による GSL 残存率に対する影響を検討している。加熱の最終ポイントは試料の中心温度が 95℃に到達する時点としたものである。その結果、ブ

ロッコリーを中心温度 95℃まで加熱した時の脂肪族系 GSL の残存率は約 80%であったのに対し、インドール系 GSL はその種類により約 25～75%と幅があることを明らかにした。また、ブロッコリーの茹で加熱後の GSL 含有量は、脂肪族系およびインドール系の両方とも加熱時間が長いほど減少したが、茹で水中の GSL は、脂肪族系 GSL は約 7%、インドール系 GSL は約 17～20%で、こちらは加熱時間との関係は見られていない。

茹で水量の多寡による GSL 含有量には大きな差異は観察されなかったが、茹で水の少ない方が GSL 残存率が少ない傾向にあった。これは、茹で水の少ない方が野菜投入による温度低下からの回復が遅く、50～60℃の温度帯通過に時間がかかるためと解析している。このように本章は茹でによる大量調理時の GSL の消長とその減少防止の方策を明らかにしている点で評価すべきものである。

本章ではさらに、大量調理用機器のスチームコンベクションオーブンによる蒸し加熱、過熱水蒸気による加熱および真空調理を行い、ブロッコリー中の GSL 量の消長について検討している。この実験ではしかし、これまでの茹で加熱と異なり、試料中の GSL 量は低下しないと言うよりもむしろ、増加する傾向を示すことを明らかにしている。この現象の詳細な理由は明らかでないが、この発見はこれらの大量調理機器の特性を明らかにする上でも興味深い。

本研究は、アブラナ科野菜に含まれる GSL の種類や含有量、ならびに保存、切裁、加熱などの調理・加工による消長について、緻密で膨大な実験により、その全貌を明らかにしている。これによって、アブラナ科植物の機能性成分である GSL の有効な摂取法的一端が明らかにされている。また、そればかりでなく、切裁法や大量調理機器による調理での、

これまでの予断に反しての GSL の増加現象の発見など、非常に示唆に富む新しい知見があり、博士（栄養学）の学位の授与に値するものと認められる。

【論文審査委員】

(委員長)	教授	青柳	康夫
	教授	三浦	理代
	教授	小西	史子
	教授	田中	明
	教授	石田	裕美