照射によるコンブだし溶出の促進

鈴木 健, 吉江由美子, 白井隆明, 平野敏行

(1993 年 5 月 12 日受付)

Acceleration of Extractability from Seaweed, Kombu, by Irradiation

Takeshi Suzuki,* Yumiko Yoshie,* Takaaki Shirai,*
and Toshiyuki Hirano*

The stock of brown alga, kombu, is used for Japanese dishes. Makombu *Laminaria japonica* cut into 1×1 cm squares was irradiated at dose levels of 1, 10, and 100 kGy under moisture contents of 10 or 40%, and then boiled up to 30 min. Nitrogen, glutamic acid, and sugars in the kombu extracts were determined. When kombu was irradiated with a dose of 10 and 100 kGy at 10% moisture, the amounts of extractive nitrogen boiled for 2 and 5 min were about 1.4 times as many as those of non-irradiated control. Glutamic acid, one of the main constituents of delicious taste in kombu, was also highly extracted during 2 and 5 min boiling in comparison with that of non-irradiated kombu. However, there were no significant differences in the amounts of either extractive nitrogen or glutamic acid after 30 min boiling in any of samples. Sugars which deteriorated the quality of the kombu stock due to viscosity were dissolved in high amounts at a dose level of 100 kGy. The amount of solubilized sugars from irradiated samples of 40% moisture was higher than that of 10% moisture, but no significant change was observed in other extracted substances during heating. From these results, the irradiation dose level of 10 kGy was appropriate to obtain good kombu stock as a result of increased extractability.

だしは魚貝類や海藻などから水を用いて旨味成分を抽出したもので、調理の基本材料として使われている。¹⁾ コンプのエキス成分にはグルタミン酸が多いことが知られており、²⁾ これがコンプの旨味の主体をなすものであることは 1909 年に明らかにされている。³⁾ コンプだしは精進料理や魚料理などに使用されているが、高温で加熱し過ぎるとコンプ臭が強くなり、また炭水化物の粘質物が溶出し品質を低下させる。¹⁾ コンプの種類によりだしの良否が決まるが、大石ら⁴⁾ の研究ではマコンプとリシリコンプが最も優れており、ラウスコンプとミツイシコンプがこれに次ぐことが報告されている。

前報⁵⁾ ではガンマ線照射および煮熟処理によるコンプからの多糖の溶出と分子量について調べ、食物繊維の溶出とその低分子化を明らかにした。1980 年には世界保健機構、国連食糧農業機関などによる合同委員会により、総体平均線量が 10 kGy 以下の放射線を照射したいたる食品も毒性を示すことがなく、さらに栄養学的あるいは微生物学的な問題もないという結論がだされている。⁶⁾ このような照射を利用することにより、短時間で旨味成分を抽出する早煮のコンプを考え、海藻の呈味成

分の溶出に対する放射線照射の影響を調べることとした。

実験方法

試料 都内の市場にて購入した北海道尾札産のマコンプ *Laminaria japonica* の乾製品を使用した。コンプの組成は部位によって異なることから、⁷⁾ 試料を均一にするため、コンプを約 1 cm×1 cm の正方形に切断した。

水分調整 購入したコンプ乾製品の水分は 10% であった。これを約 30 秒間水に漬けた後、よく水を拭き取り、水分を 40% に調整した。水分の測定は減圧乾燥法によった。

ガンマ線照射 水分未調整および水分を 40% に処理した試料をポリ袋に入れ、コバルト 60 (東京水産大学放射性同位元素利用施設) のガンマ線を 1, 10, および 100 kGy 照射した。照射線量の測定は化学的線量測定法⁸⁾ によった。

だしの調製 奥村ら⁹⁾ の方法に従い、だしの調製を行った。照射した試料および対照として水分未調整で未照射の試料をガラス容器に入れ、100 倍量の水を加え、

* 東京水産大学食品生産学科 (Department of Food Science and Technology, Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108, Japan).

100°C で 2, 5, 10, 20, 30 分間の加熱を行った。その後上澄液を濾過し溶出液とした。

エキシ窒素の測定 溶出液の全窒素量はケルダール法により求めた。

グルタミン酸の測定 溶出液のグルタミン酸量はアミノ酸分析機 (日本電子 JLC-6AS) を用いて測定した。

糖量の測定 溶出液の糖量はアンスロン硫酸法¹⁰⁾による比色測定により求め、結果は未処理試料の無水物 100 g から溶出するグルコース量で示した。

破断強度 約 2 cm×2 cm に切断したコンプを用い、上記のような照射および煮熱を行い、だしをとった残りの試料について、レオメーター (日本精機) の試料台に置き、プランジャーで加重を加え、単位面積 (cm²) 当たりの破断強度 (g) を求めた。

結果および考察

エキシ窒素 コンプに 1, 10, および 100 kGy のガンマ線を照射した後、熱水で 30 分間まで抽出しただしに含まれるエキシ窒素量は Fig. 1 に示すとおりで、結果は未処理試料の無水物 100 g 当たりの窒素 mg 数で表示した。Fig. 1B は水分を 40% に調整した試料であるが、Fig. 1A は水分未調整の試料 (水分 10%) であり、対照として未照射の試料についても同様に加熱抽出を行い同図に示した。照射を行わない水分未調整の試料 (水分 10%) では加熱 2 分間で 317 mg, 5 分間で 358 mg, 10 分間で 488 mg と増加し、20 分間後には 540 mg となり、その後の 30 分間の加熱でもエキシ窒素量にはほとんど変化が見られなかった (Fig. 1A)。水分未調整の試料では、照射線量が 1 kGy においては未照射試料に比べ、2 分間で 10%, 5 分間で 12% とエキシ窒素量が加熱初期においてわずかに高かったものの、あまり違いは見られなかった。これに対し、照射線量を 10 および 100 kGy にすると、2 から 5 分間の加熱初期ではそれぞれ 430~450 および 500~510 mg となり、36~42 および 39~43% も急速にエキシ窒素が増加することが分かった。しかしながら、いずれの加熱も 20 分間以後ではあまり違いが見られず、30 分間までの加熱では未照射に比べ、照射によりエキシ窒素が増加することはないことが判明した。一方、水分を 40% に調整した試料では、2 分間の加熱でいずれの照射量においても 357~376 mg となり、水分未調整の試料に比べると経時的な変化が少なく、20 分間以降のエキシ窒素量も少なかった (Fig. 1B)。これは水分調整の際に短時間であるが水に漬けるので、この時に溶出するものと思われる。100 kGy の照射では他と比べエキシ窒素量がやや低い傾向が見られるが、これは含水量が高く照射線量が多いことによる窒素成分の分解の可能性も考えられる。

Fig. 1. Changes in extractive nitrogen of kombu (A, 10% moisture; B, 40% moisture) during heating at 100°C.

○, Non-irradiated; ●, irradiated at 1 kGy; ▲, irradiated at 10 kGy; ■, irradiated at 100 kGy.

奥村ら⁹⁾はコンプに 10 倍量の水を加えただし抽出において、100°C で 4 時間まで加熱する実験を行ったところ、エキシ窒素は 30 分間でほぼ 500 mg となり、その後ほとんど抽出量に変化がないことを示した。この報告のエキシ窒素の経時的な溶出パターンは、本研究の未照射の試料におけるものとほぼ同じであった (Fig. 1A)。また奥村ら⁹⁾は抽出水分量を 25 から 300 倍に変えてもエキシ窒素量は変わらないと述べている。

以上のことからコンプに 10 kGy 程度の照射をすることにより、エキシ窒素の抽出については 10 分間程度の加熱で十分なだしがとれることが示された。

溶出グルタミン酸 照射および未照射のコンプの熱水抽出液のグルタミン酸含量は Fig. 2 に示したとおりで、Fig. 2A は水分未調整の試料 (水分 10%), Fig. 2B は水分を 40% に調整した試料である。未照射の試料では加

Fig. 2. Changes in glutamic acid in the kombu extract (A, 10% moisture; B, 40% moisture) during heating at 100°C. ○, Non-irradiated; ●, irradiated at 1 kGy; ▲, irradiated at 10 kGy; ■, irradiated at 100 kGy.

熱 2 分間で 772 mg, 5 分間で 1000 mg, 10 分間で 1360 mg と増加し, 20 分間後に 1690 mg となり, その後 30 分の加熱でも溶出するグルタミン酸量にはほとんど変化が見られなかった (Fig. 2A)。同じ水分未調整の試料では溶出するグルタミン酸量が加熱 2 分間で, 照射線量が 1 kGy では 889 mg, 10 kGy では 946 mg となり, 未照射のコンブに比べ, それぞれ 15 および 23% 高くなり, また 5 分間の加熱では 8 および 13% 含量が増えた。100 kGy の線量ではグルタミン酸の増えかたは急速で, 10 分間では 1,480 mg に達し, その後の増加はわずかであった。ここでも, 30 分間までの加熱では未照射の試料と比較して, 照射によりグルタミン酸の溶出が増えることはないことが判明した。一方, 水分を 40% に調整した試料では, 2 分間の加熱でいずれの照射量でも未調整の試料に比べるとグルタミン酸量は高かったものの, その後の経時的な変化は緩やかで, 30 分間の加熱では水分未調整のものと大差はみられなかった (Fig. 2B)。

グルタミン酸は照射により酸化的脱アミノ反応が起こ

り, これにより α -ケトグルタル酸が生成することが知られており, アミノ基の脱落は照射量とともに増えると述べられている。¹¹⁾ 魚肉に対する照射の研究をみると, タラの切身では 45 kGy までの照射ではアミノ酸組成に変化がほとんど認められない¹²⁾ ことから, 本研究における照射でも上記のようなグルタミン酸の分解はないものと考えられる。

大石ら¹³⁾は細切したマコンブに 50 倍量の水を加え, 100°C で 3 分間加熱した一番だし中のグルタミン酸量は試料 100 g 当たり 712 mg で, 残渣をエタノール抽出した二番だしは 1470 mg と報告しており, また葉体中央部の日乾品のエタノール抽出液ではグルタミン酸量は 1,590 から 1,790 mg に及んだ。⁷⁾ これらは本研究の 30 分間加熱によるだしに含まれる値とほぼ同じであった (Fig. 2A)。

以上のことからエキス窒素の抽出と同様に, コンブに 10 kGy 程度の照射をすることにより, 短い加熱でうまみ成分のグルタミン酸がだし中に十分溶出することが示された。

溶出糖 照射および未照射のコンブの熱水抽出液に含まれる糖含量は Fig. 3 に示すとおりで, 結果は未処理試

Fig. 3. Changes in solubilized sugars in the kombu extract (A, 10% moisture; B, 40% moisture) during heating at 100°C. ○, Non-irradiated; ●, irradiated at 1 kGy; ▲, irradiated at 10 kGy; ■, irradiated at 100 kGy.

料の無水物 100 g 当たりのグルコースの g 数で表示した。Fig. 3A は水分未調整の試料 (水分 10%), Fig. 3B は水分を 40% に調整した試料である。未照射の試料では加熱 2 分間で 0.81 g, 5 分間で 1.00 g へと増加し, 20 分間後には 1.67 g となり, その後 30 分間の加熱でも溶出糖量はほとんど変化が見られなかった。水分未調整の試料では照射線量が 1 kGy では未照射の試料に比べ, 溶出する糖量が加熱初期でわずかに高かったものの, 10 分間後からはあまり違いは認められなかった。照射線量 10 kGy では 10 分間以降の糖量が高く, また 100 kGy にすると 2 から 5 分の初期の加熱ではそれぞれ 1.75 および 2.20 g となり, 急速に糖の溶出が増加し, 20 分間後では 3.1 g まで高くなった。一方, 水分を 40% に調整したコンブでは, いずれの照射量でも水分未調整に比べ高いことが認められた (Fig. 3B)。

前報⁹⁾では 10 kGy のガンマ線を照射したコンブならびに対照とした未照射の試料に, 80, 100, および 120°C で, 12 時間までの加熱を行い, 溶出した糖量を測定したところ, 100°C で 30 分間の加熱ではそれぞれ未照射で 2.6 g, 照射で 3.8 g の糖が得られた。この値は本研究に比べかなり高いことが分かるが, これは試料がマコンブでなくガゴメであり, 前報の実験では粉末状にしたため表面積が大きく溶出しやすかったためと考えられる。

水分 40% のコンブについて抽出液を調整し, オストワルド粘度計を用いてこの粘度の測定を行ったところ, 1 および 10 kGy の照射試料では 10 分間以降の加熱で粘度に変化はなく, 両者に差は見られなかったのに対し, 100 kGy ではこれらに比べて粘度がかなり高かった。そしてこの実験結果は Fig. 3B の糖の溶出とはほぼ同様なパターンの加熱時間と粘度の図を示し, このことから, だしの粘度の主要因子は糖であることが推察される。だしを取る際に高温で加熱し過ぎると, コンブ臭が強くなるとともに, 炭水化物の粘質物が溶出し品質を低下させる¹⁾といわれているが, 10 kGy までの照射では糖の溶出によるこのような品質低下は起こらないものと思われる。

破断強度 照射や煮熟などの処理をしてだしをとった残りのコンブの破断強度は Fig. 4 (A: 水分未調整 (10%) 試料, B: 水分 40% に調整した試料) に示し, 結果は 1 cm² 当たりの g 数で表示した。未照射試料では 2 分間の加熱で破断強度は 8,170 g であったが, 2 分間で 5,160 g, 5 分間で 3,290 g と加熱が進むに従い急速に低下し, 30 分間後には 1,180 g となった (Fig. 4A)。照射量が増えるに従い, 破断強度は急速に低下がみられ, その結果加熱時間の延長による破断強度への影響は少なくなった。以上の結果は照射によりコンブの組織を構成する高分子多糖が低分子化し, これにより強度が減少し

Fig. 4. Changes in rupture strength of kombu (A, 10% moisture; B, 40% moisture) during heating at 100°C.

○, Non-irradiated; ●, irradiated at 1 kGy; ▲, irradiated at 10 kGy; ■, irradiated at 100 kGy.

たことによると考えられる。

紅藻からカラギーナンや寒天を取り出す際の問題点の一つは抽出液の粘度で, 放射線照射を利用することにより煮熟抽出液の粘稠性が低下して濾過が容易になり, 工程の改善が出来ることが報告¹⁴⁾されている。そして得られた多糖類のゲル融点是一般に低下することが示された。¹⁴⁾ これらのことから前報⁹⁾の考察で述べたように, 海藻食物繊維も照射によりデンプンと同様に分解することが確かめられた。

上記のだしのうまみに関わるグルタミン酸やエキス窒素の溶出, およびだしの粘度に関与し品質低下をさせる糖の溶出の研究結果から, 安全性に問題のない 10 kGy のガンマ線照射をコンブにすることにより, 通常と同じ品質のだしの調整が短時間で出来ることが明らかとなった。

文 献

- 1) 河野友美, 沢野 勉, 杉田浩一: 調理科学事典, 医歯薬出版, 東京, 1975, pp. 335-336.
- 2) 伊藤啓二, 宮澤啓輔: 海藻の化学, エキス成分, 「水産利用化学」, 新水産学全集 24 (鴻巣章二, 橋本周久編), 恒星社厚生閣, 東京, 1992, pp. 328-353.
- 3) 大石圭一: 昆布の道, 第一書房, 東京, 1987, pp. 69-73.
- 4) 大石圭一, 田村祐子, 佐坂欣二, 村田喜一: 昆布の品質—I. 昆布の品質判定, 北大水産彙報, 9, 283-298 (1959).
- 5) 鈴木 健, 吉江由美子, 白井隆明, 平野敏行: 照射および加熱によるガゴメから多糖の溶出, 日水誌, 59, 1953-1957 (1993).

- 6) World Health Organization: 食品照射 (林 徹), 光琳, 東京, 1989, pp. 17-25.
- 7) 大石圭一, 高木光造, 奥村彩子: 昆布の品質—IX. マコンブのエキスアミノ酸組成. 日水誌, 33, 41-46 (1967).
- 8) 近藤正春: ドシメトリー, 「放射化学分析法」, 新分析学講座第4巻 (岡 宗次郎, 永原太郎, 三宅泰雄, 武者宗一郎, 藤永太郎, 武藤義一編), 共立出版, 東京, 1959, pp. 230-253.
- 9) 奥村彩子, 大石圭一, 村田喜一: 昆布の品質—VII. エキス全N およびアミノ-Nの水抽出条件. 日水誌, 29, 1089-1091 (1963).
- 10) 福井作蔵: 還元糖の定量, 「生物化学実験法」(瓜谷郁三, 志村憲助, 中村道徳, 船津勝編), 東京大学出版会, 東京, 1969, pp. 47-54.
- 11) P. S. Elias and A. J. Cohen: 食品照射の化学 (林 力丸, 斎藤和実訳), 学会出版センター, 東京, 1981, pp. 63-76.
- 12) B. Underdal, J. Nordal, G. Lunde, and B. Eggum: Effect of ionizing radiation on the nutritional value of fish (cod) protein. *Lebensm.-Wiss. u. Technol.*, 6, 90-93 (1973).
- 13) 大石圭一, 田村祐子, 金井栄治, 親松 厚, 奥村彩子, 村田喜一: 昆布の品質—IV. エキスのアミノ酸組成との関係. 日水誌, 27, 601-605 (1961).
- 14) 松橋鉄治郎, 伊藤 均: ガンマ線照射した海藻からのカラギーナン: その抽出工程の改善. 食品照射, 21, 43-49 (1986).