

UV-LED 照射による食品への影響

渡部将也 石井佑治

Effects of UV-LED irradiation on food

WATANABE Masaya and ISHII Yuji

食品賞味期限の延長により県内食品産業の海外展開や販路開拓を支援するため、UV-LED 照射技術を用いた食品の消費・賞味期限延長技術開発に向け、本研究では UV-LED 照射が与える影響について調査した。

食肉加工品（ウインナー、ベーコン）を対象に UV-LED 照射を行ったところ、脂質酸化を示す酸価及び過酸化値や、脂肪酸組成、旨味成分である遊離アミノ酸量に大きな影響はなく、食品の栄養素や風味を劣化させずに殺菌可能であることが分かった。

キーワード：紫外線殺菌、UV-LED、賞味期限

はじめに

コロナ禍において県内企業の食品が行き場を失う中、県内企業からは海外展開や販路開拓の強化の要望がある。海外展開や販路拡大に向けては、長時間の輸送等に対応するため食品の消費期限及び賞味期限の延長が非常に重要な課題である。

そこで本研究では、県内企業が基幹技術を有する UV-LED 技術を用いた食品の消費・賞味期限延長技術の開発に向け、UV-LED を食品に照射した際の食品に与える影響について調査を行ったので報告する。

実験方法

1. UV-LED 照射と照射後の保存による食肉加工品（ウインナー・ベーコン）の酸価・過酸化値への影響

UV 照射及び保存による食肉加工品の脂質の酸化等の影響を調査するため、積算光量 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ の照射を行い、ウインナーで 0 日及び 42 日、ベーコンで 0 日及び 60 日間 10°C にて保存した食肉加工品の酸価（AV）及び過酸化値（POV）の測定を行った。

UV-LED 照射は（株）東芝ライテック製の UV-LED 照射デモ機（図 1）を用いて行った。また、食品への UV 照射量は、（株）東芝ライテックとの共同研究から積算光量 $50\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上で約 90% の殺菌効果が確認されている。そのため、本試験ではフィルム包装等による UV の減衰率を考慮し、 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ を照射することとした。

酸価の測定は以下の手順で実施した。200mL ビーカーに脂質量約 1 g のサンプルを分取し、無水硫酸ナトリウム及び 100~150mL のジエチルエーテルを加えた後、一晚冷暗所に静置し脂質を抽出、秤量した 100mL 共栓付き三角フラスコにジエチルエーテルをろ過回収し、エバポレーターで濃縮した後、脂質量を測定した。その後、ジエチルエーテルとエタノールを 1 : 1 で混合した溶媒 100mL 及び指示薬としてフェノールフタレイン溶液を数滴加え、 $0.1\text{mol}/\text{L}$ 水酸化カリウムを滴下し中和した。中和に要した水酸化カリウムの mg 数から、酸価を算出した。

過酸化値の測定は以下の手順で実施した。酸価と同様にジエチルエーテルで静置抽出した脂質を秤量したナスフラスコにろ過回収し、エバポレーターで濃縮した後、脂質量を測定した。次に、クロロホルム 10mL、酢酸 15mL を加え、10 分間ナスフラスコ内部を窒素置換した後、飽和ヨウ化カリウム水溶液を 1 mL 添加し、暗所で 5 分間静置後、水 75mL、1 (w/v) % でんぷん指示薬を加え、 $0.01\text{mol}/\text{L}$

この研究は、「えひめ食品賞味期限延長技術開発事業」の予算で実施した。

チオ硫酸ナトリウム水溶液でヨウ素でんぷん反応による青紫色が見えなくなるまで滴定し、得られた滴定値から過酸化価を算出した。

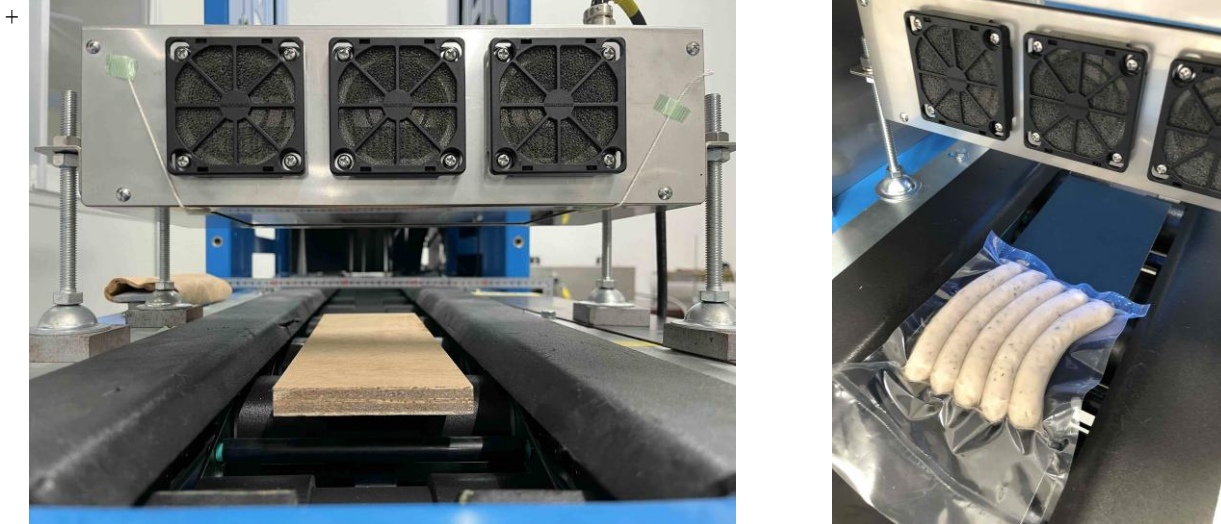


図1 UV-LED 照射デモ機の構成及び照射状況

2. UV-LED 過剰照射による食肉加工品（ウインナー・ベーコン）の脂肪酸への影響

UV 照射による食肉加工品の脂肪酸酸化の影響を調査するため、食肉加工品に積算光量約 2000mJ/cm² の過剰照射した食肉加工品の脂肪酸組成を分析するため、300mL ナスフラスコにサンプル約 10g を分取し、クロロホルム-メタノール混液（1：1v/v%）を 100mL 加え、冷却管上部から窒素ガスを吹き込み水浴上で 1 時間加熱還流し脂質を抽出した。抽出液をろ過回収し、エバポレーターで濃縮後、ジエチルエーテルに溶解し、秤量した 50mL 共栓付き三角フラスコに脂質量が 50mg から 100mg をホールピペットにて分取、水浴上で窒素ガスを吹き込み、ジエチルエーテルを蒸発し、脂質量を算出した。同様の操作で脂質を分取した共栓付き三角フラスコを用意し、片方に内部標準物質としてヘプタデカン酸を分取した脂質量の約 1/5 倍量正確に加えた。それぞれに、0.5mol/L 水酸化ナトリウム-メタノール溶液を 2 mL 加え 10 分間加熱還流を行い、けん化した。その後、三フッ化ホウ素-メタノール試薬を 2.5mL 加え 2 分間加熱還流し、冷却管の上からノルマルヘキサン 5 mL を加えさらに 1 分間加熱還流を行った。放冷後、飽和食塩水をフラスコの首まで加え、ヘキサン層をパスツールピペットで分取し、無水硫酸ナトリウムで脱水し、脂肪酸のメチルエステル化物が溶解したヘキサン溶液を得た。得られたヘキサン溶液 2 μL をガスクロマトグラフへ注入し、得られた各脂肪酸ピーク面積と内部標準で用いたヘプタデカン酸の面積から各脂肪酸濃度を算出した。その際の感度補正係数は 1 とした。ガスクロマトグラフの分析条件は表 1 のとおり。

表 1 ガスクロマトグラフ条件

装置	SHIMADZU GC-2014
カラム	ULBON HR-SS-10(信和化工(株)) 内径 0.25mm, 長さ 30m, 膜厚 0.25 μm
検出器	FID
注入量	2 μL
恒温槽昇温条件	150°C (5min)→2°C/min→180°C (3min)
注入口温度	230°C
注入口	スプリット(スプリット比 20)
キャリアガス	He, 1.3mL/min (const. flow)

3. UV-LED 照射による食肉加工品の遊離アミノ酸への影響

UV-LED 照射による旨味成分への影響を調査するため、積算光量 100mJ/cm² の照射を行い、ウインナーで 0 日、27 日及び 42 日、ベーコンで 0 日、42 日及び 60 日間 10°C にて保存した食肉加工品の遊離

アミノ酸量の測定を行った。50mL 遠沈管に粒状ビーズ約 10 g とサンプルを約 2 g 正確に測り取り、5% (w/v) トリクロロ酢酸 (TCA) 溶液を 10mL 加え、縦振り型振とう機で 10 分間振とうした。その後、4℃で 30 分間静置し、遠心分離 (4℃、7000rpm、10 分間) し、上清を 15mL 遠沈管に分取した。脱脂のため、分取した上清にヘキサン 2 mL を加え振とうし、遠心分離後、ヘキサン層をパスツールピペットで除去した。脱脂操作を 3 回行った後、50mL ナスフラスコへ移し、消泡剤を数滴加え、エバポレーターにて濃縮乾固した。残留する TCA 除去のため、超純水を加えて洗浄後、エバポレーターで濃縮乾固する操作を 3 回繰り返した。最後に、内容物を pH2.2 クエン酸リチウム緩衝液で洗いこみながら 5 mL メスフラスコに移し、定容後、0.20 μ m メンブレンフィルターでろ過し試料溶液とした。得られた試料溶液について、自動アミノ酸分析装置 (日立ハイテクノロジーズ製 L-8900) により遊離アミノ酸量を分析した。

結果と考察

UV-LED 照射及び保存による食品成分への影響

1. UV-LED 照射と照射後の保存による食肉加工品 (ウインナー・ベーコン) の酸価・過酸化物価への影響

ウインナー及びベーコンの酸価結果、過酸化物価結果を図 2、図 3、図 4 及び図 5 に示す。

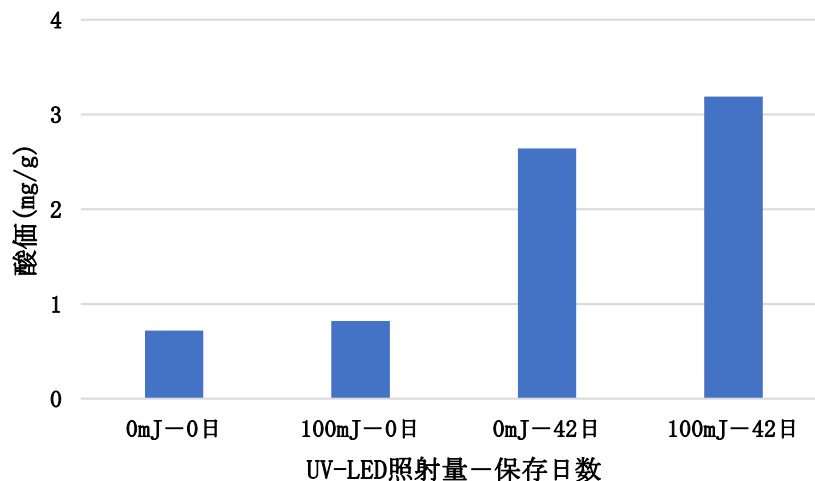


図 2 UV-LED 照射によるウインナーの酸価への影響

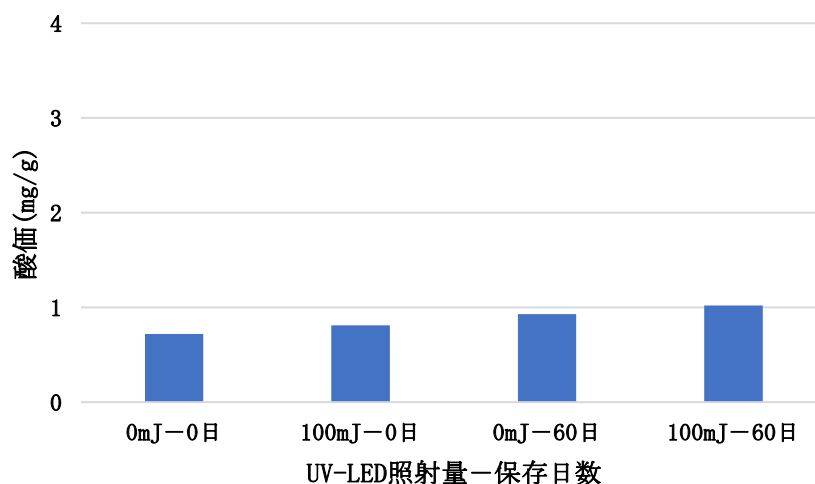


図 3 UV-LED 照射によるベーコンの酸価への影響

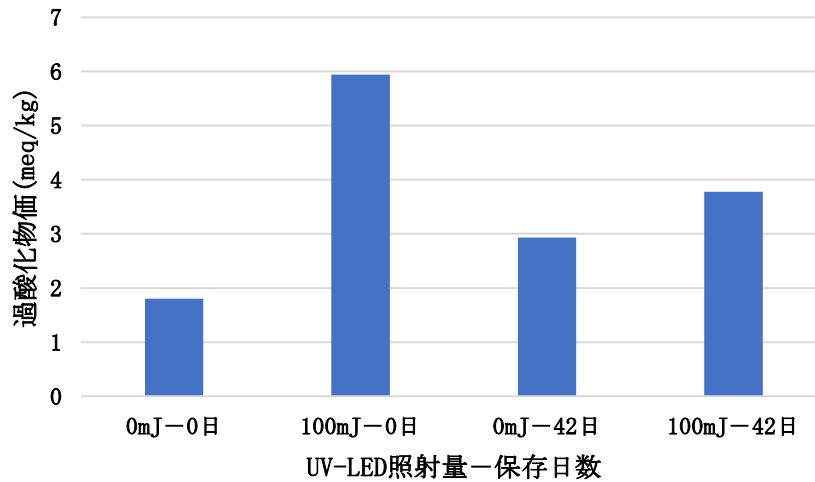


図4 UV-LED 照射によるウインナーの過酸化物価への影響

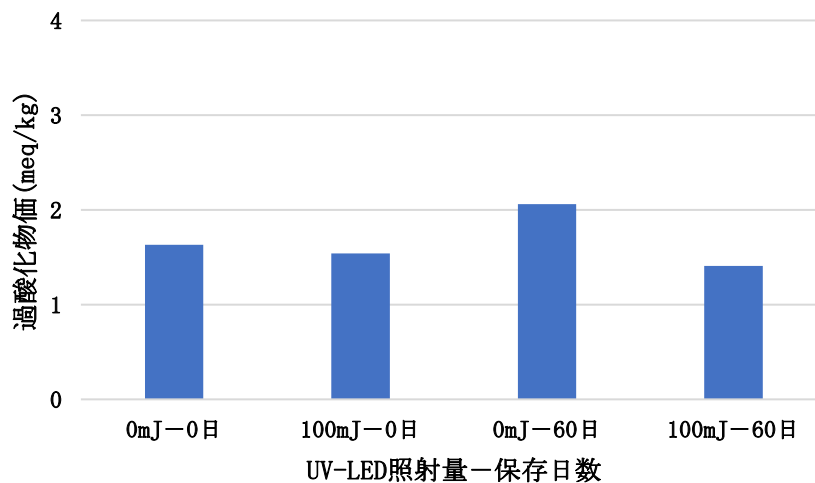


図5 UV-LED 照射によるベーコンの過酸化物価への影響

ウインナーを対象に UV-LED 照射を行った結果、酸価及び過酸化物価の微増が確認された。酸価は、UV-LED 照射の影響よりも保存日数が経過することによる脂質酸化の影響が大きく、照射の影響は小さいことが分かった。また、過酸化物価においても照射による影響はあるが、正常値（=10 以下¹⁾）内での変化にとどまっていることが分かった。ウインナーは製造過程で豚脂を混合しており、原材料由来の脂質酸化度に大きな差があるため注意が必要であることが分かった。

ベーコンを対象に UV-LED 照射を行った結果、酸価及び過酸化物価とも UV-LED 照射の影響をほとんど受けないことが分かった。これは、UV がベーコンの極表層にしか作用しないため、影響を受ける脂質部分が少なく、サンプルの均一化の際に赤身部分等に希釈されることで過酸化物価がほぼ変化しなかったと考えられる。

2. UV-LED 過剰照射による食肉加工品（ウインナー・ベーコン）の脂肪酸への影響

ウインナー及びベーコンの UV-LED 照射による脂肪酸組成分析の結果を図 6 及び図 7 に示す。

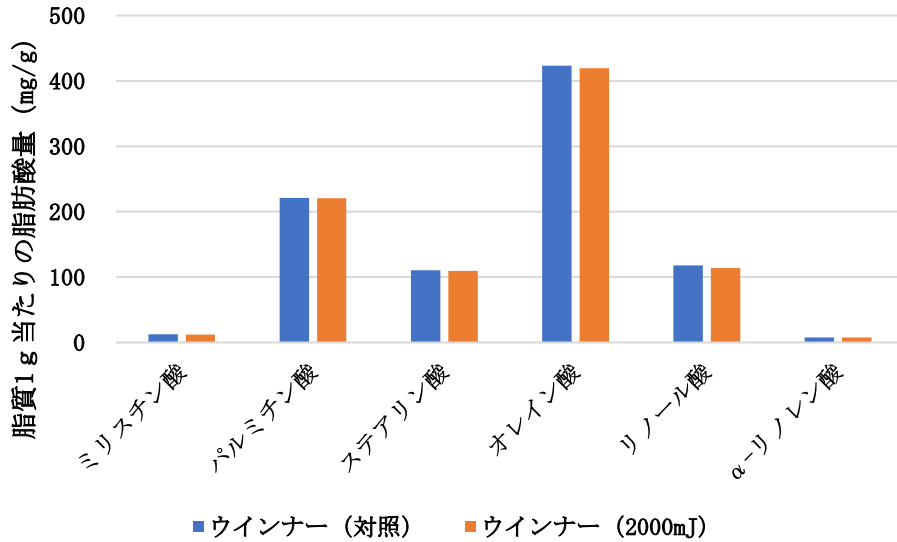


図 6 UV-LED 照射によるウインナーの脂肪酸組成への影響

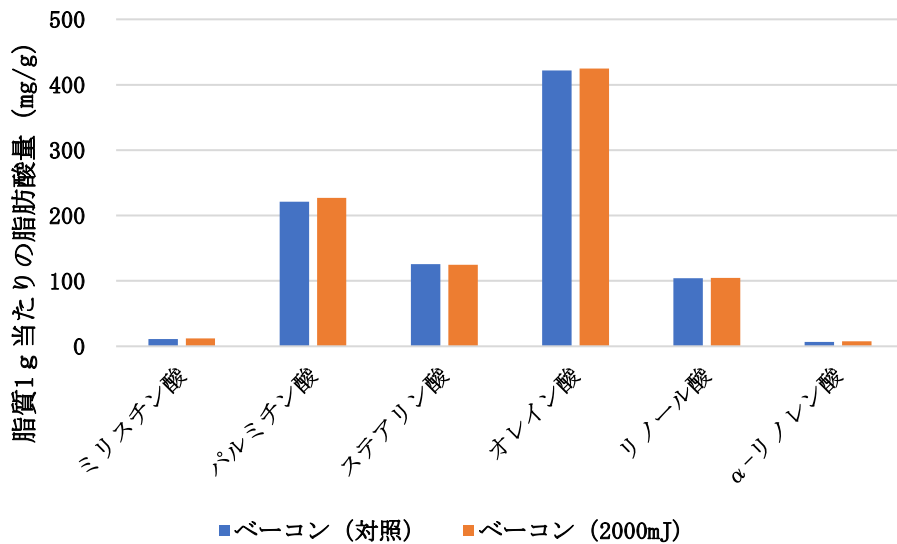


図 7 UV-LED 照射によるウインナー及びベーコンの脂肪酸組成への影響

ウインナー及びベーコンのいずれにおいても、UV-LED 照射による脂肪酸への影響はほとんどないことが分かった。食用油等では紫外線照射による不飽和脂肪酸の劣化が知られている²⁾ものの、食肉加工品では極表層部にしか UV が作用しない点に加え、UV-LED 照射が短時間であるために脂肪酸酸化が見られなかったと考えられる。

3. UV-LED 照射と照射後の保存による食肉加工品の遊離アミノ酸への影響

ウインナー及びベーコンの遊離アミノ酸分析の結果を図 8 及び図 9 に示す。

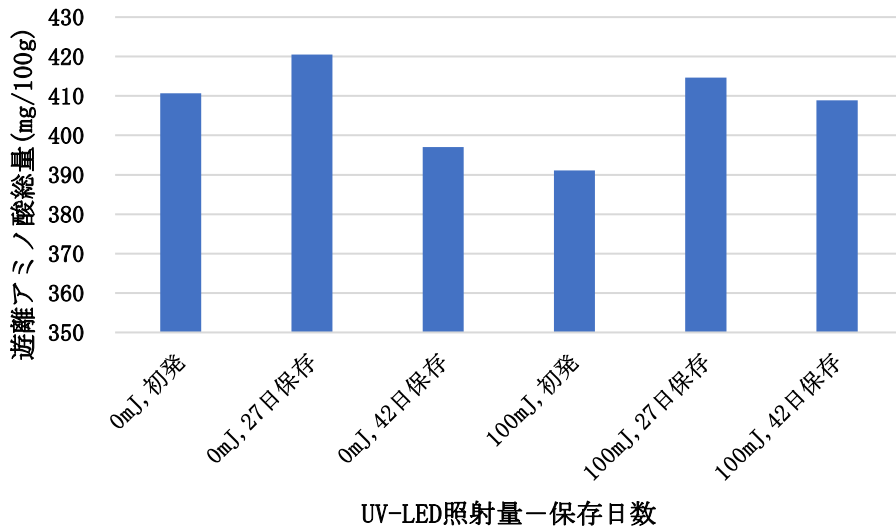


図 8 UV-LED 照射によるウインナーの遊離アミノ酸量への影響

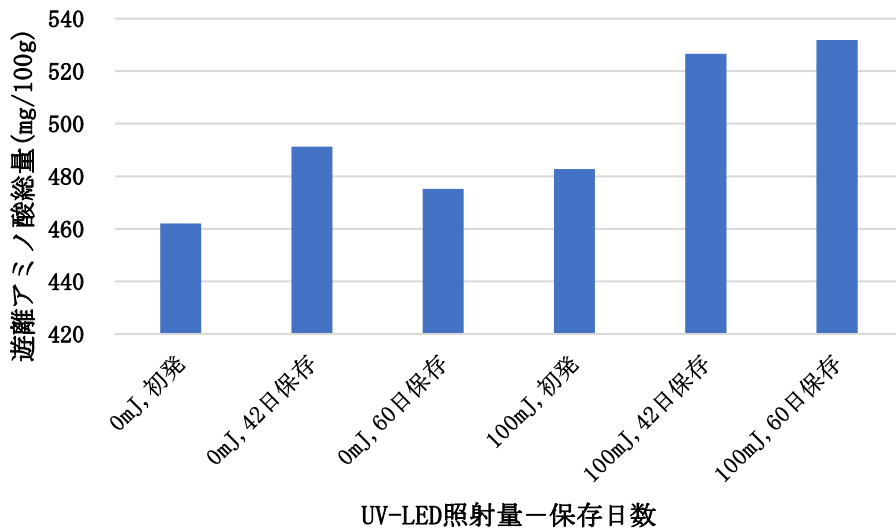


図 9 UV-LED 照射によるベーコンの遊離アミノ酸量への影響

ウインナーは、UV-LED 照射による遊離アミノ酸総量への影響はほとんど示されなかった。これは、ウインナー表面部分が腸膜により覆われているため、内部でのたんぱく質分解等が発生せずアミノ酸総量に顕著な変化は見られなかったと思われる。一方、ベーコンは、UV-LED 照射により遊離アミノ酸総量の増加が見られた。さらに、照射後に保存期間を経ることで、未照射のものと比較して遊離アミノ酸総量がさらに増加する傾向が見られた。代表的な旨味成分であるグルタミン酸に注目した結果を図 10 に示す。

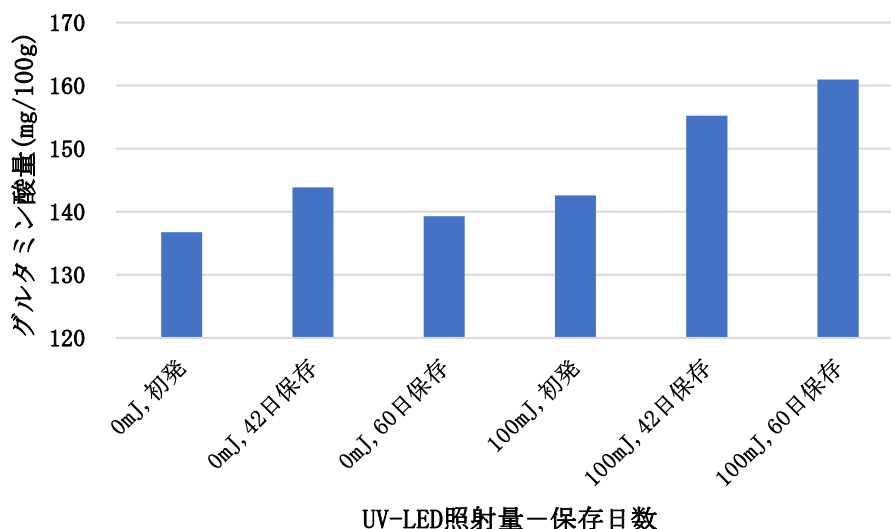


図 10 UV-LED 照射したベーコンのグルタミン酸量

ベーコンはグルタミン酸が UV-LED 照射及び照射後に保存することによってグルタミン酸量が増加する傾向が示された。主にたんぱく質から構成される赤身肉部分に UV-LED が照射されることにより、たんぱく質が分解され遊離アミノ酸が増加したと考えられる。たんぱく質を主とする食品への UV-LED 照射による副次効果として、遊離アミノ酸量の変化については検討する必要があることが分かった。

まとめ

UV-LED 照射が食品に与える影響について調査し、以下の結果が得られた。

1. UV-LED 照射を食肉加工品に行ったところ、脂質酸化を示す酸価及び過酸化値への大きな影響は確認されなかった。また、脂肪酸組成にも大きな影響は確認されなかった。
2. UV-LED 照射により、遊離アミノ酸総量は大きく変化しないことが確認された。また、UV-LED 照射後に保存することで、遊離アミノ酸総量やグルタミン酸量が増加した。

文献

- 1) 厚生労働省：弁当及びそうざいの衛生規範，環食第 161 号(1979)。
- 2) 清水瞭，田中裕之：ラマン分光法による不飽和脂肪酸の紫外線劣化評価，第 26 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演原稿(2015)。