

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月18日現在

機関番号：31103

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560783

研究課題名（和文）乾燥時における農水産物のタンパク質分解酵素活性と抗酸化性に及ぼす UV-A の影響

研究課題名（英文）Effects of ultraviolet-A irradiation on protease activation and antioxidant activity of agricultural and marine products during the drying process

研究代表者 青木 秀敏 (HIDETOSHI AOKI)

八戸工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：10118185

研究成果の概要（和文）：

乾燥は収穫された農水産物に適用される加工方法である。乾燥は伝統的に直射日光にさらす天日乾燥が用いられてきた。一般的に天日干しされた農産物水産物は温風乾燥品より美味しいと言われている。その違いが太陽の各種波長の光の影響なのか、外気の気温、湿度、風速の影響なのかは不明である。そこで、本研究では収穫された農水産物のタンパク質分解酵素活性と抗酸化性に及ぼす UV-A 照射の影響を検討した。その結果、青と UV-A の光照射が抗酸化性を増大させることがわかった。

研究成果の概要（英文）：

Drying is a processing method that is applied to harvested agricultural and marine products. Drying is traditionally accomplished by exposure to direct sunlight. Generally, sun-dried kelp and fish products are considered to be tastier than those dried with hot air. It is not clear whether this difference in taste is due to differences in irradiation wavelength, temperature, humidity, or airflow.

In this report, we investigated the effects of ultraviolet-A (UV-A) irradiation on protease activation and antioxidant activity of harvested agricultural and marine products. As a result, irradiation at visible blue and UV-A wavelengths caused a larger increase in antioxidant activity than other treatments.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：プロセス工学 ・ 化工物性 ・ 移動操作 ・ 単位操作

キーワード：乾燥、農水産物、UV-A、抗酸化性、アミノ酸、酵素活性

1. 研究開始当初の背景

現在、大部分の農水産物は温風乾燥法で行

われている。しかし、乾燥装置内で作られる温風乾燥品より屋外での天日干しがうまい

とされている。その理由の一つが波長の短い紫外線 (UV-A) のような太陽光線の効果によることを実験的に証明し、平成 13 年に「水産物または農産物の光処理方法」と題する特許を科学技術振興機構(JST)から申請し、平成 17 年 9 月に審査が通り、特許が査定された。申請者は UV-A を照射することによって、天日干しと同様なうまみを再現する乾燥法の開発を研究している。このような紫外線効果はさまざまな農産物と水産物に表れており、今後、幅広い農水産物に適用する UV-A 照射式乾燥装置を開発するためには、含水率変化に対応する UV-A 強度、照射距離、照射時間等の最適操作条件の設定が必要である。

これまで、さんりく基金等の研究助成を受け、宮古や大船渡等の三陸海岸で産出される昆布の乾燥、岩手県北の大野町、久慈市等の山間部で産出されるマイタケの乾燥に適用した場合、どのような特性が表れるのかを実験的に検討した。その結果、椎茸の UV-A 照射乾燥の場合、乾燥することにより温風乾燥に比べてアスパラギン酸、グルタミン酸、イソロイシン、ロイシン等のアミノ酸が 1.8 倍と大きく増加した。さらに、鮮度が良い程、すなわち収穫からの経過時間が短い程、アミノ酸の増加倍率が増えることが明らかになった。

しかし UV-A 照射式乾燥装置の実用化に必要な最適な UV-A 照射条件は不明であった。

2. 研究の目的

(1) 今後、幅広い農水産物に適用する UV-A 照射式乾燥装置を開発するためには、含水率変化に対応する UV-A 強度、照射距離、照射時間等の最適操作条件を産物毎に設定することが必要である。そこで、さまざまな農水産物を用いた UV-A 照射実験を行なって最適照射条件をみつけることが、本課題の目的である。

(2) しかし、どのようなメカニズムでアミノ酸が増加するのかを生化学的に説明できなければ、信頼性が乏しく、全国各地のさまざまな農水産物の乾燥法として普及しないものと思われる。そこで、なぜ UV-A のような波長の短い光によってアミノ酸含量が増加するのかを、標準試薬を用いた試験管スケールで実験的に解明する。

3. 研究の方法

(1) 試作した照射式乾燥装置を用い UV-A ランプからの照射距離による内部の UV-A 射量分布の測定、実際に各棚段に椎茸をのせた場合の重量測定から乾燥のバラツキ具合の測定、アミノ酸量の分析から各棚段での乾燥物に含まれるアミノ酸量のバラツキ具合の

測定および装置内温度分布の測定等を行う。それらの実験から UV-A 照射量 (UV-A 強度 × 照射時間) によって、アミノ酸量がどのように変化するかを明らかにし、乾燥条件と UV-A 照射量との最適条件を求める。

(2) サンプルとして、まず、岩手県洋野町椎茸を用い、品種としては、ドンコ、菌種、形状としては、カット椎茸と生椎茸を考え、収穫時期の違いによるアミノ酸量、ヌクレオチド量の測定も行う。

(3) これらの実験を干物、昆布、ワカメ、海苔、椎茸、切り干し大根、お米等、各農水産物に対して行い、それぞれの最適照射条件を求める。

(4) なぜ、アミノ酸が増えるのか、そのメカニズムを解明しなければ、UV-A 照射乾燥の効果を的確に説明できず、本ソーラードライ乾燥法は普及しないものと考えられる。そこで、人工蛋白溶液に人工酵素を入れた試験管を用い、さまざま波長の光を照射して、そのアミノ酸増加率、各種分子量分画によるペプチド含量分布を測定し、生化学的にアミノ酸増加メカニズムを解明する。具体的には、基質として、カゼインのような構造が単純なペプチド、酵素としてトリプシン、キモトリプシンを用いる。さまざま波長の光を照射して、分子量 3000 以下に分画し、現存する分光光度計を用い、Lowry の方法で残存したペプチド濃度を測定する。さらに高速液クロでアミノ酸含量を測定し、酵素活性を検討する。

(5) 乾燥する農水産物を食品としてみた場合、UV-A を照射することによって抗酸化性がどのように変化するのかを知ることも重要である。特に紫外線はエネルギーが高く、殺菌作用を有しており、抗酸化性が良好な方向にいくことが考えられる。そこで、DPPH ラジカル捕捉活性を分光光度計により測定し、乾燥過程における農産物の抗酸化性に及ぼす各種波長の光の影響を検討する。

4. 研究成果

(1) 椎茸の光照射乾燥

図 1 は、原木椎茸栽培農家から収穫されたばかりの椎茸 (品種：冬菇) をその日のうちに UV-A, 可視光 (赤, 緑, 青) を照射しながら乾燥し、含まれる 16 種類の遊離アミノ酸総量を光照射なしの温風乾燥法の場合と比較したグラフである。波長の長い赤, 緑の照射の温風乾燥の場合、アミノ酸量は温風乾燥の場合と余り変わらないが、波長の短い青色照射の温風乾燥で 1.7 倍、UV-A 照射の温風乾燥では 1.8 倍増加している。

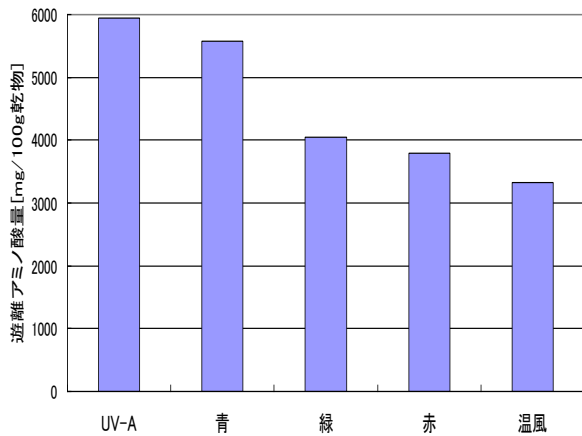


図1 椎茸の遊離アミノ酸含量変化に及ぼす各種波長の光の影響

(2) 茶葉の光照射乾燥

次に、お茶に含まれる遊離アミノ酸の半分以上を占める甘味成分のテアニンの増加率を図2に示す。椎茸の場合と同様に UV-A を照射した場合の増加率が一番大きく、光を照射しない温風乾燥の場合に比べて約2.2倍増加した。UV-A 照射の場合、テアニン以外の遊離アミノ酸については、グルタミン酸が3.8倍、平均アミノ酸量も2.2倍増加した。

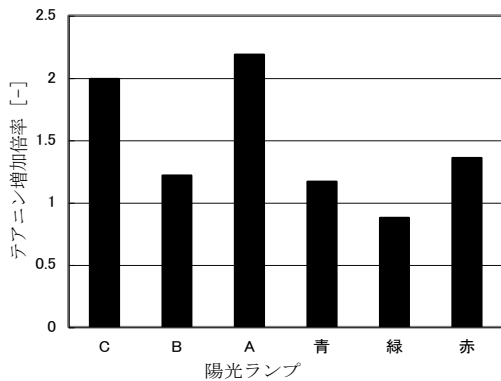


図2 テアニン増加倍率に及ぼす各種波長の光の影響

(3) 粃の光照射乾燥

図3に粃のぬか層に含まれる遊離アミノ酸総量の変化を示す。UV-A 照射の温風乾燥は UV-A 照射なしの温風乾燥と比べて1.22倍、天日乾燥の場合と比べても1.1倍高かった。粃の可視光線と紫外線の透過率を測定したところ、透過率は可視光線で15~30%、UV-A で数%であった。従って、UV-A が粃殻を透過し、ぬか層の遊離アミノ酸に影響を及ぼしたものと考えられる。

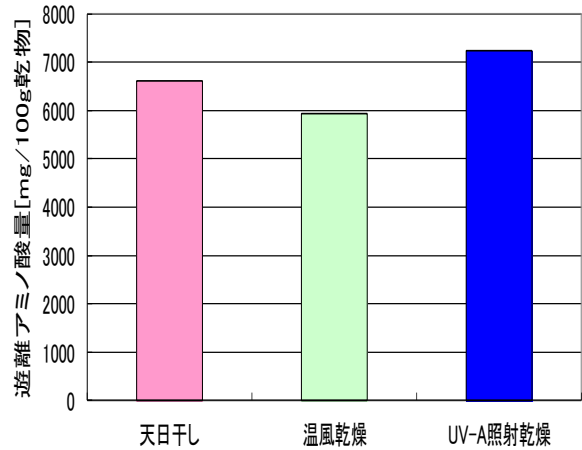
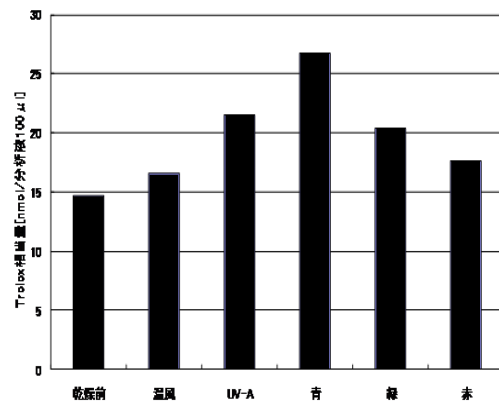


図3 粃のぬか層の総遊離アミノ酸量

(4) 抗酸化性に及ぼす UV-A の影響

図4は、ワカメの場合の乾燥時における Trolox 相当量変化に及ぼす各波長の影響を示した結果である。Trolox 相当量が多いという事は抗酸化性が高いことを意味する。



どんこ(椎茸)のTrolox相当量に与える各波長の影響

図4 椎茸の抗酸化性に及ぼす各種波長の影響

青の波長を照射して乾燥した場合の Trolox 相当量が他の波長を照射した場合と比べて特に多く、乾燥前と比較して約1.8倍増加した。次いで UV-A 照射乾燥が約1.5倍と増加した。

(5) タンパク質分解酵素活性に及ぼす UV-A の影響

アミノ酸がどのようなメカニズムで増加するのかは解明されていない。そこで UV-A 照射によって遊離アミノ酸量が増加する要因は、タンパク質分解酵素に与えた影響なの

か、それとも他の要素に影響を及ぼした結果によるものなのかを検討した。

試験管スケールの実験では、石英セルにカゼインとトリプシンを一定量入れ、UV-A 照射装置で UV-A を照射して実験を行った。基質はカゼインとし、基質量/酵素量 (S/E) 反応時間および照射強度を変化させて UV-A の影響を検討した。

その結果、基質に UV-A を照射してから酵素を添加して反応させたサンプルの方が同時照射の場合よりも Lowry 法を用いたタンパク質濃度が若干増加し、アミノ酸量も増加した。また S/E の値を変化させて実験しても同様の傾向であった。基質に UV-A を照射すると、3000 以下のタンパク質濃度が増加し、末端のアミノ酸量も増加するという実験結果から、UV-A 照射がタンパク質分解酵素活性に影響を与えるということではなく、基質であるタンパク質構造の変性に影響を与えられ考えられる。即ち、UV-A 照射すると、タンパク質構造を揺らがせ、酵素が内部まで入りやすくなり、通常では切断されない箇所も酵素が切断し、タンパク質の分解が促進され考えられる。

(6) 貯蔵時の野菜の品質変化に及ぼす UV-A の影響

乾燥する農水産物を食品としてみた場合、抗酸化性が増強される乾燥・貯蔵方法を開発することが重要である。そこで、大型冷蔵庫内で、ほうれん草とシソを 5℃、10℃と低温に保ち、光合成光補償点付近以下の光強度 PPF 10 μ mol/(m² s) で各種波長の光を照射して貯蔵実験を行った。

アスコルビン酸は1日間の各種波長の光照射によって1.25~1.75倍増加した。2日目になると減少に転じるが、青と緑の波長の場合、減少率が少なく、UV-A は大きかった。特に緑色の光は赤色と青色に比べてクロロフィルの吸収が弱く、緑色単体では光合成があまり行われないと考えられが、緑色の光にはストレス性があり、UV-A と同様に光合成を抑えつつアスコルビン酸を増加させる効果がある考えられる。

抗酸化性に指標である DPPH ラジカル捕捉活性については、Trolox の相当量として算出した。DPPH ラジカル捕捉活性は、UV-A 照射は非照射の 1.75 倍に増加し、青、緑のような短波長の光も UV-A と同様に 1.5~1.75 倍増加した。光照射によるアスコルビン酸含量変化と DPPH ラジカル捕捉活性の傾向は類似しており、UV-A のような短波長の光照射によって、乾燥時だけでなく、貯蔵時も抗酸化性物質を増加させることができることが明らかになった。これによって、冷蔵庫内の野菜の貯蔵にも UV-A のような光照射が抗酸化性を増大させるのに有効であるこ

とが示された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

- ① 青木秀敏、天日干しが旨い理由と光照射乾燥法、食品と容器、(査読無し)、Vol.52 No.12 pp.770-776 (2011)
- ② H. Aoki, K. Sukegawa and Y. Daikokuya., Effects of ultraviolet-A irradiation on the quality of harvested agricultural products during the drying process, International Society for Horticulture Science, Acta Horticulturae 907 VI International Symposium on Light in Horticulture, (査読有り), pp.101-104(2011)

[学会発表] (計19件)

- ① O.Kanzaki and H. Aoki, Ultraviolet-A irradiation drying system for harvested agricultural and marine products, 2011 Taipei International Invention Show & Techno Mart, 2011年9月30日、Taipei
- ② 青木秀敏、天日干しが旨い理由を解明し旨み成分と機能成分を増大させる光照射乾燥法、2011 国際食品工業展アカデミックプラザ、2011年6月7日、東京ビックサイト
- ③ 鈴木栄勲、青木秀敏、助川和弘、内沢秀光、タンパク質分解酵素反応に及ぼす UV-A の影響、日本食品科学工学会第 57 回大会、2010年9月2日、東京農業大学

[図書] (計2件)

- ① 青木秀敏 他 120 名 5 番目、「からだと光の事典」(査読有) 朝倉書店、5.2 光と食生活 4) 光と旨み、pp.371~374/全 421 ページ (2010)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 抗酸化性物質もしくは生理活性物質含量もしくはヌクレオチド含量を増大させる農産物または水産物または畜産物の光処理方法

発明者: 青木秀敏、鈴木栄貴、大黒屋優

権利者: 青木秀敏

種類: 特許

番号: 特願 2010-185971

出願年月日: 2010年8月23日

国内外の別: 国内

[その他]

○新聞掲載: 「紫外線でうま味増大、農水産品の高付加価値化へ“光”」デーリー東北、2011年11月24日 第1面

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青木 秀敏 (HIDETOSHI AOKI)
八戸工業大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：10118185

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：