

# Učinak pulsirajućeg svjetla velike snage na senzorsku kakvoću plodova mora

Tomašević, I.<sup>1</sup>

Originalni znanstveni rad

## SAŽETAK

Ovo istraživanje predstavlja sistematsko ispitivanje učinka pulsirajućeg svjetla velike snage (engl. Intense Light Pulse, IPL) na senzorsku kakvoću plodova mora. Četiri vrste morskih organizama (tuna, losos, iverak i rakovi) izložili smo utjecaju od 1 do 5 svjetlosnih impulsa (impuls trajanja 300  $\mu$ s i snage 3,4 J/cm<sup>2</sup>) s učestalosti od jednog impulsa svake 2 sekunde. Bez obzira na primijenjeni postupak izloženosti pulsirajućem svjetlu velike snage, svi su uzorci morskih organizama ocijenjeni kao vrlo prihvatljivi, s ukupnom vrijednosti ocjene jednako ili većoj od 4,6. Miris se pokazao senzorskom značajkom najpodložnijom utjecaju pulsirajućeg svjetla velike snage. Pulsirajuće svjetlo umanjilo je L\* vrijednosti tune tek nakon izloženosti veće snage (17 J/cm<sup>2</sup>), a vrijednosti a\* i b\* nisu se značajnije razlikovale od vrijednosti kontrolnih uzoraka. Izloženost utjecaju manje količine pulsirajućeg svjetla (3,4 J/cm<sup>2</sup>) u našem istraživanju uopće nije imala učinka na vrijednosti boje tune. Uzorci lososa prikazivali su značajno niže L\* vrijednosti neposredno po izloženosti manjoj količini svjetla, dok su a\* i b\* vrijednosti ostale nepromijenjene čak i nakon izloženosti pulsirajućem svjetlu velike snage. Uzorci mesa iverka i rakova pokazali su da je, u odnosu na stupanj crvenila i svjetloće, kod iverka i rakova stupanj žutoće podložniji utjecaju pulsirajućeg svjetla velike snage. Istraživanje je pokazalo da pulsirajuće svjetlo velike snage može utjecati na boju plodova mora, no ne u mjeri u kojoj bi isto značajnije utjecalo na ukupne rezultate senzorske procjene.

**Ključne riječi:** svjetlosni impuls, pulsirajuće svjetlo, plodovi mora, riba, senzorska kakvoća, boja

## UVOD

Sigurnost hrane, a osobito lako pokvarljivih proizvoda poput namirnica životinjskog podrijetla, postala je jedan od ključnih prioriteta državnih tijela i potrošača diljem svijeta. Od svih najzastupljenijih skupina prehrambenih i mesnih proizvoda, sirovo se meso najlakše kvari pa su sigurnost njegove konzumacije, povoljni sastav, boja, okus i izgled od posebnog značaja (Wambura i Verghese, 2011).

Upravo je to razlog razvoja brojnih termičkih i netermičkih metoda dekontaminacije i procesiranja namijenjenih očuvanju sigurnosti i kakvoće mesa (Aymerich, Picouet i Monfort, 2008; Loretz, Stephan i Zweifel, 2010). Činjenica da potrošačima nije važan isključivo rok trajanja, već i kakvoća hrane, rezultirala je razvojem koncepta očuvanja namirnica korištenjem netermičkih metoda procesiranja hrane. Netermičke metode procesiranja hrane razvijene su u svrhu uklanjanja ili barem smanjenja gubitka kakvoće prehrambenih namirnica, koja proizlazi iz termičke obrade. Od njih se očekuje da izazovu isključivo minimalni gubitak kakvoće hrane. Stoga je neophodno procijeniti promjene senzorskih značajki prehrambenih namirnica (Barbosa-Cánovas, 1998.).

Pulsirajuće svjetlo velike snage, poznato i pod nazivom pulsirajuća svjetlost (Oms-Oliu, Martín-Belloso i Soliva-Fortuny, 2010), široki spektar pulsirajuće svjetlosti visokog intenziteta (Roberts i Hope, 2003), pulsirajuće bijelo svjetlo (Kaack i Lyager, 2007; Marquenie, Michiels, Van Impe, Schrevens i Nicolai, 2003) i pulsirajuće UV svjetlo (Bialka i Demirci, 2007, 2008; Keklik, Demirci i Puri, 2009) samo je jedna od najnovijih tehnologija koje se intenzivno istražuju kao alternativa termičkom procesiranju hrane u svrhu eliminacije patogenih mikroorganizama i uzročnika kvarenja (Barbosa-Cánovas, Schaffner, Pierson i Zhang, 2000; Elmnasser i sur., 2007; Gomez-Lopez, Ragaert, Debevere i Devlieghere, 2007; Palmieri i Cacace, 2005; Woodling i Moraru, 2005).

Iako je inaktivacija mikroba ključni preduvjet, neophodno je očuvati nutritivnu vrijednost i senzorska svojstva proizvoda te umanjiti mogući gubitak kakvoće uzrokovan procesiranjem (Hierro, Ganán, Barroso i Fernández, 2012). Ipak, većina istraživanja o primjeni pulsirajućeg svjetla velike snage za očuvanje hrane uglavnom se bavi mikrobiološkom inaktivacijom, a samo se nekoliko podataka odnosi na senzorsku analizu. Do sada je, prema našem saznanju, senzorska analiza

<sup>1</sup> Dr.sc. Igor Tomašević, Odjel za prehrambenu tehnologiju namirnica životinjskog podrijetla, Sveučilište u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Republika Srbija, Autor za korespondenciju: [tbigor@agrif.bg.ac.rs](mailto:tbigor@agrif.bg.ac.rs)

primijenjena na govedinu i tunu (Hierro i sur., 2012), kuhanu šunku i mortadelu (Hierro i sur., 2011), salchichon kobasicu i pečenicu (Ganan, Hierro, Hospital, Barroso i Fernandez, 2013) te piletinu (Paskевичute, Buchovec i Luksiene, 2011). Prethodno su objavljeni rezultati kolorimetrijskih analiza uslijed izloženosti pulsirajućem svjetlu velike snage plosnatica, lososa i škampi (C. I. Cheigh, H. J. Hwang i M. S. Chung, 2013), rezane šunke (Wambura i Verghese, 2011), piletine (Keklik, Demirci i Puri, 2010) i pilećih hrenovki (Keklik, i sur., 2009).

Cilj je ovog istraživanja sustavno procijeniti učinak pulsirajućeg svjetla velike snage na senzorsku kakvoću plodova mora. Budući da na odluku za kupnju plodova mora (meso) boja utječe više nego ijedan drugi čimbenik kakvoće, a budući da potrošači stupanj diskoloracije koriste kao pokazatelj svježine i ispravnosti hrane (Mancini i Hunt, 2005), u našem smo istraživanju posebnu pažnju posvetili učinku pulsirajućeg svjetla velike snage na boju.

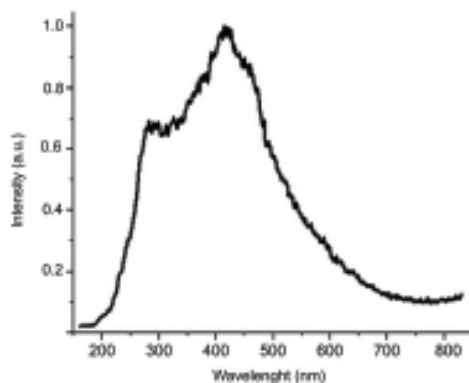
## MATERIJAL I METODE

### Priprema uzoraka

U ovom su istraživanju korištene četiri vrste morskih organizama (tuna, losos, iverak i rakovi). Svi su uzorci kupljeni od lokalnog distributera i do ispitivanja čuvani u hladnjaku na  $2 \pm 2$  °C. Riblji fileti i komadi rakova mesa analizirani su u obliku u kojem su kupljeni.

### Oprema i ispitivanje utjecaja pulsirajućeg svjetlu velike snage

Ispitivanje utjecaja pulsirajućeg svjetlu velike snage provedeno je pomoću laboratorijskog uređaja za produkciju pulsirajućeg svjetlosnog snopa: Tecum - mobilni uređaj za dekontaminaciju (Claranor, Manosque - Francuska). Impuls svjetla u trajanju od 300  $\mu$ s i impuls snage 3,4 J/cm<sup>2</sup> mjereni su SOLO 2 uređajem - uređaj za mjerenje snage i energije (Gentec Electro-Optics, Inc., Quebec, Kanada), a generirani pomoću četiri cilindrične Xenon bljeskalice veličine 20 cm (Flashlamps Verre & Quartz, Bondy, Francuska) ulaznog napona od 3000 V. Korišteni su podaci društva Claranor za distribuciju snage spektra svjetla (Slika 1.).



**Slika 1.** Distribucija snage spektra svjetla korištene Xenon bljeskalice. Izvor: Claranor, Francuska.

Uzorci su izloženi 1 impulsu (1 P) (engl. Pulse, P) i 5 impulsa (5 P) svjetlosti velike snage, učestalosti od jednog impulsa u 2 sekunde. Tijekom izlaganja svjetlu, uzorci su u uređaj za dekontaminaciju postavljeni na udaljenost od 6 cm od gornje i donje bljeskalice, odnosno 10 cm od lijeve i desne bljeskalice. Kontrolna skupina uzoraka nije bila izložena svjetlu.

### Senzorske analize

Senzorsko ocjenjivanje provedeno je od strane stručnog ocjenjivačkog tijela sastavljenog od osam članova. Članovi stručnog ocjenjivačkog tijela educirani su u skladu s međunarodnim standardima (ISO, 1993) i dodatno u provođenju senzorne procjene mesa i mesnih proizvoda u trajanju od tri dana. Dodatnu edukaciju proveo je voditelj stručnog tijela, koji je prikupio više od 2.000 sati iskustva u ispitivanju senzorskih svojstava mesa i mesnih proizvoda. Uzorci korišteni u dodatnoj edukaciji bili su pretjerano izloženi pulsirajućem svjetlu velike snage (oko 30 impulsa po uzorku) i prezentirani članovima, kako bi se upoznali s učinkom izlaganja svjetlu na senzorskim značajkama uzorka. Svaki je uzorak označen slučajno odabranim troznamenastim brojem, kojim je obilježen pojedini tanjur za posluživanje.

Analize su provedene između obroka. U svakom su testu između uzoraka, koji su ocjenjivani sa stankom u trajanju od 10 min, u svrhu ispiranja usta, posluženi neslani krekeri i voda. Provedeno je kontinuirano praćenje kako bi se uočio utjecaj umora na pojedine rezultata, a kako bi se osiguralo zadovoljavajuće provođenje ocjenjivanja. Senzorska ispitivanja provedena su u kontroliranim uvjetima laboratorija za senzorsku analizu (Odjel za sigurnost i kakvoću prehrambenih proizvoda/Sveučilište u Ghentu - Belgija), koji je izgrađen u skladu s općim smjernicama za projektiranje ispitnih prostorija namijenjenih provođenju senzorske analizu proizvoda (ISO 2007), a sadrži odvojene kabine opremljene računalnim terminalima i izvorom crvene svjetlosti, koje se, kada je to potrebno, koristi za prikrivanje razlika u boji.

### Metoda ocjenjivanja na skali od 1 do 5

Ispitivanje je provedeno po smjernicama opisanim od strane Tomich i sur. (2008), uz manje preinake. Odabrane senzorske značajke ocjenjivane su pomoću skale od 1 do 5, sa pridruženim sljedećim opisima: 5 = izvrsno, uobičajena kvaliteta, bez vidljivih nedostataka; 4 = dobre kvalitete, vidljivi minimalni nedostaci; 3 = ni dobre ni loše kvalitete, još se uvijek može koristiti za namjeravanu svrhu; 2 = loše kvalitete, može se koristiti za namjeravanu svrhu samo ako se preradi; i 1 = neprihvatljivo, iznimno loše kvalitete, ne može se koristiti za namjeravanu svrhu), uz mogućnost dodjeljivanja pola ocjene (4,5; 3,5; 2,5 i 1,5). Ispravak ocjene dodijeljene svakoj od ocjenjivanih značajki izvršen je pripadajućim koeficijentima važnosti (Tablica 1.).

**Tablica 1.** Odabrane senzorske značajke uzoraka ocjenjivanih na skali od 1 do 5, s pripadajućim koeficijentima važnosti (CI)

Značajka	CI
Izgled	7
Boja	8
Miris	5

Koeficijenti važnosti (engl. coefficients of importance, CI) pokazuju relativnu važnost pojedine senzorske značajke na ukupnu senzorsku kakvoću. Zbroj svih koeficijenata važnosti postavljen je tako da iznosi 20, a na taj način zbroj ispravaka ocjena daje „postotak ukupne senzorske kakvoće” za danu situaciju. Dijeljenjem ukupne vrijednosti sa zbrojem koeficijenata važnosti dobiva se „ponderirana aritmetička sredina ukupne senzorske kakvoće”. U karticama za ocjenjivanje predviđeno je mjesto za upisivanje opaski članova stručnog ocjenjivačkog tijela.

### Instrumentalno mjerenje boje

Instrumentalno određivanje boje uzoraka mjereno je pomoću spektrofotometra Konica Minolta CM-2500d (Konica Minolta, Osaka, Japan) koji koristi CIE L\*a\*b\* sustav definicija razlike u obojenju. L\* (svjetloća) \* (crvenilo) i b\* (žutoća) vrijednosti (jedno ponavljanje) određene su putem prosječno 10 slučajnih određivanja boje na površini svakog uzorka, pomoću osvjetljenja D65 i veličinom vidnog polja standardnog promatrača od 10°. Svako mjerenje ponovljeno je tri puta (n=3) i izračunata je prosječna vrijednost. Instrument je kalibriran bijelom kalibracijskom pločom i crnim kalibracijskim objektom. Prikupljanje podataka izvršeno je pomoću računalnog programa za obradu podataka o bojama Spectramagic NX, verzija 1.52 (Osaka, Japan).

### Statistička analiza

Unos podataka i dekodiranje provjereni su 100%. Za usporedbu rezultata pojedinih ispitivanja izvršena je jednostrana analiza varijance, uporabom programa za analizu podataka SPSS Statistics 17.0 (Chicago, Illinois, SAD). Za određivanje značaja korišten je alfa stupanj od  $p < 0,05$ .

## REZULTATI I RASPRAVA

### Metoda ocjenjivanja na skali od 1 do 5

Kada je na uzorke tune primijenjen protok od 3,4 J/cm<sup>2</sup>, nisu zabilježene značajnije promjene u izgledu, boji ni mirisu (Tablica 2.). Isto je u skladu s rezultatima koje su zabilježili Hierro i sur. (2012), kada je primijenjen protok od 4.2 J/cm<sup>2</sup> ili niži, a nisu zabilježene ni značajnije promjene boje i mirisa ( $p > 0,05$ ) ispitivanih uzoraka za carpaccio od tune. Međutim, veći protok u spomenutom ispitivanju u velikoj je mjeri utjecao na pojedini proizvod, budući da su takvim uzorcima dodijeljene ocjene niže od 5, a smatrani su neprihvatljivima. U našem istraživanju, čak i kada je pri-

mjenjen najveći protok u iznosu od 17 J/cm<sup>2</sup>, jedina uočena značajnija promjena odnosila se na miris uzoraka tune. Ova preinaka pridonijela je smanjenju vrijednosti ukupnih ocjena, koje su s izvrsne pale na razinu dobre kvalitete, no koje su i dalje daleko od toga da budu smatrane neprihvatljivima. Također, na uzorcima tune nismo uspjeli potvrditi razvoj sumpornih nota izazvanih protokom većim od 8.4 J/cm<sup>2</sup> (Hierro i sur., 2012).

**Tablica 2.** Ocjena senzorskih procjena (srednja vrijednost ± standardna devijacija), na skali od 1 do 5, ispitivanja izloženosti pulsirajućem svjetlu velike snage

		Tuna	Losos	Iverak	Rakovi
Kontrola	Izgled	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2
	Boja	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2
	Miris	4,9±0,2a	4,9±0,2a	4,9±0,2a	4,9±0,2a
	Ukupna ocjena	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2
1 impuls	Izgled	4,8±0,3	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2
	Boja	4,8±0,3	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2
	Miris	4,8±0,4a,b	4,7±0,3a,b	4,9±0,2a	4,6±0,2a,b
	Ukupna ocjena	4,8±0,2	4,9±0,2	4,8±0,1	4,8±0,2
5 impulsa	Izgled	4,7±0,4	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2
	Boja	4,6±0,4	4,9±0,2	4,9±0,2	4,9±0,2
	Miris	4,4±0,2b	4,4±0,2b	4,1±0,2b	4,4±0,2b
	Ukupna ocjena	4,6±0,2	4,8±0,2	4,7±0,1	4,8±0,2

a,b,c Vrijednosti prikazane u istoj koloni označene različitim slovom značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

Svi ostali uzorci morskih organizama ocijenjeni su kao vrlo prihvatljivi, s ukupnom vrijednosti ocjene jednako ili većoj od 4,6, bez obzira da li su bili izloženi pulsirajućem svjetlu velike snage (Tablica 2.). Iako je nakon izloženosti 5 impulsa u mesu lososa, iverka i rakova zabilježena procjena značajne promjene u mirisu ( $p < 0,05$ ), ono je i dalje opisivano kao ugodno i vrlo prihvatljivo. Za sve ostale senzorske značajke procijenjeno je da su nakon izloženosti pulsirajućim svjetlom velike snage ostale nepromijenjene ( $p > 0,05$ ).

### Instrumentalno mjerenje boje

Pulsirajuće svjetlo umanjilo je L\* vrijednosti tune tek nakon izloženosti veće snage (17 J/cm<sup>2</sup>), a vrijednosti a\* i b\* nisu se značajnije razlikovale od vrijednosti kontrolnih uzoraka (Tablica 3.). Navedeno je u suprotnosti s rezultatima koje su zabilježili Eva Hierro i sur. (2012) gdje je pulsirajuće svjetlo (8,4 J/cm<sup>2</sup>) značajno povećalo L\*, a smanjilo a\* i b\* vrijednosti za carpaccio od tune. Izloženost utjecaju manje količine pulsirajućeg svjetla (3,4 J/cm<sup>2</sup>) u našem istraživanju uopće nije imala učinka na vrijednosti boje tune. Uzorci lososa prikazivali su značajno niže L\* vrijednosti neposredno po izloženosti manjoj količini svjetla, dok su crvenilo i žutoća ostali nepromijenjeni čak i nakon izloženosti pulsirajućem svjetlu velike snage. Uzorci mesa iverka i rakova pokazali su da je, u odnosu na stupanj crvenila i svjetloće, kod iverka i rakova stupanj žutoće podložniji utjecaju pulsirajućeg svjetla velike snage (Tablica 3.).

**Tablica 3.** Instrumentalne vrijednosti boje (srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija) ispitivanja izloženosti morskih plodova pulsirajućem svjetlu velike snage

		Tuna	Losos	Iverak	Rakovi
Kontrola	L*	37,5 $\pm$ 0,4 a	50,5 $\pm$ 0,2 a	74,9 $\pm$ 0,5	63,4 $\pm$ 2,1
	a*	10,1 $\pm$ 0,5	19,4 $\pm$ 0,8	-3,8 $\pm$ 0,1	-2,1 $\pm$ 0,4
	b*	9,5 $\pm$ 0,3	17,4 $\pm$ 0,7	4,9 $\pm$ 0,1 a,c	3,1 $\pm$ 0,0 a,c
1 impuls	L*	37,2 $\pm$ 0,6 a	49,5 $\pm$ 0,2 b	75,0 $\pm$ 0,1	62,0 $\pm$ 1,1
	a*	10,4 $\pm$ 0,5	19,7 $\pm$ 0,1	-3,7 $\pm$ 0,2	-2,1 $\pm$ 0,4
	b*	9,7 $\pm$ 0,1	17,9 $\pm$ 1,1	5,4 $\pm$ 0,1 b	2,5 $\pm$ 0,1 b
5 impulsa	L*	36,0 $\pm$ 0,3 b	48,6 $\pm$ 0,5 b	75,1 $\pm$ 0,6	61,4 $\pm$ 0,8
	a*	10,4 $\pm$ 0,3	19,7 $\pm$ 0,8	-3,8 $\pm$ 0,1	-2,1 $\pm$ 0,4
	b*	9,6 $\pm$ 0,3	18,0 $\pm$ 1,5	4,6 $\pm$ 0,2 c	3,0 $\pm$ 0,1 c

a,b,c Vrijednosti prikazane u istoj koloni označene različitim slovom značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

Naši rezultati pokazali su da izloženost pulsirajućem svjetlu velike snage utječe na boju mesa plodova mora, iako opažene promjene nisu bile velike, što je u suprotnosti s prethodno objavljenim rezultatima. U istraživanju Figueroa-García i sur. (2002), kod primjene pulsirajućeg svjetla velike snage u dekontaminaciji fileta soma s protokom u rasponu od 0,5 do 2 J/cm<sup>2</sup>, nisu promatrane promjene instrumentalnih parametara boje. Također, u istraživanju Cheigha i sur. (2013) prikazano je da se nijedna od tih vrijednosti kod fileta lososa, plosnatica i škampa koji su izlagani i koji nisu izlagani pulsirajućem svjetlu, nije značajno razlikovala pa je zaključeno da izlaganje pulsirajućem svjetlu velike snage ne izaziva vidljive promjene na boji ispitanih plodova mora. Uzorci koji jesu i koji nisu bili izloženi pulsirajućem svjetlu velike snage u ovom su istraživanju analizirani neposredno nakon izlaganja od 6900 impulsa s 1,75 mJ/cm<sup>2</sup> po impulsu. Opravdano objašnjenje razlika prethodno objavljenih rezultata i naših zapažanja leži u činjenici da je u našem ispitivanju korišteno pulsirajuće svjetlo daleko veće snage, odnosno 3,4 J/cm<sup>2</sup>.

## ZAKLJUČAK

Dosadašnji rezultati ukazuju na mnogobrojne mogućnosti komercijalne primjene izloženosti pulsirajućem svjetlu velike snage u dekontaminaciji proizvoda plodova mora (Cheigh i sur., 2013). Nadalje, postupak izlaganja hrane pulsirajućem svjetlu velike snage, 1996. godine odobren je od strane Agencije za hranu i lijekove Sjedinjenih Američkih Država (engl. United States Food and Drug Administration, USFDA) pod oznakom 21CFR 179.41. Naše istraživanje pokazuje da je senzorska kakvoća plodova mora izloženih pulsirajućem svjetlu velike snage gotovo nepromijenjena, a ne ovisi o vrsti plodova mora ni primijenjenoj količini pulsirajućeg svjetla velike snage. Značajne promjene nakon izlaganja pulsirajućem svjetlu velike snage zabilježene su isključivo kod mirisa uzoraka plodova mora. Izloženost pulsirajućem svjetlu velike snage značajnije je smanjila vrijednosti svjetloće kod tune i lososa, a na značajnije promijene žutoće kod iverka i rakova utjecala je isključivo primjena niže količine pulsirajućeg svjetla velike snage. Svi ostali uzorci morskih organizama ocijenjeni su kao vrlo prihvatljivi, s ukupnom vrijednosti ocjene jednakoj ili većoj od 4,5, bez obzira da li su bili izloženi pulsirajućem svjetlu velike snage. Utjecaj pulsirajućeg svjetla na plodove mora, u odnosu na senzornu kakvoću, vrlo je pozitivan.

## Zahvala

Podaci izneseni u ovom radu sastavni su dio doktorskog istraživanja Igora Tomaševića, provedenog u sklopu Odjela za sigurnost i kakvoću prehrambenih proizvoda, Sveučilište u Ghentu, Belgija, a koje je financirano u sklopu programa BASILEUS PROJECT-EM ECW, odobrenom od strane Europske komisije. Posebnu zahvalnost za svu pomoć, smjernice i podršku odajem kolegama sa Sveučilišta u Ghentu, Belgija i društvu Claranor, Francuska za posudbu opreme.

## Auswirkung des intensiv pulsierenden Lichts auf die sensorische Qualität von Meeresfrüchten

### ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit befasst sich mit einer systematischen Untersuchung der Auswirkung des intensiv pulsierenden Lichts (engl. Intense Light Pulse, IPL) auf die sensorische Qualität von Meeresfrüchten. Vier Meeresorganismen (Thunfisch, Lachs, Flunder und Krebse) wurden der Auswirkung von 1 bis 5 Lichtimpulsen (Impuls in Dauer von 300  $\mu$ s, mit einer Leistung von 3,4 J/cm<sup>2</sup>) mit einer Frequenz von einem Impuls je 2 Sekunden ausgesetzt. Trotz der Einwirkung des intensiv pulsierenden Lichts wurden alle Meeresorganismenproben als sehr akzeptabel beurteilt, mit einer Gesamtnote von 4,6 oder mehr. Der Geruch erwies sich dabei als die sensorische Eigenschaft, die dem intensiv pulsierenden Licht am meisten ausgesetzt ist. Das pulsierende Licht konnte den L\* Wert von Thunfisch erst nach einer intensiven Wirkung des Lichts (17 J/cm<sup>2</sup>) herabsetzen, während bei den Werten a\* und b\* keine bedeutenden Abweichungen im Vergleich zu den Kontrollproben festgestellt wurden. Die Wirkung einer geringeren Menge des pulsierenden Lichts (3,4 J/cm<sup>2</sup>) wirkte sich in unserer Untersuchung auf den Farbwert von Thunfisch überhaupt nicht aus. Bei den Lachsproben zeigten sich unmittelbar nach Wirkung einer geringeren Menge von Licht bedeutend niedrigere L\* Werte, während die a\* und b\* Werte sogar nach der Einwirkung eines intensiv pulsierenden Lichts unverändert blieben. Die Fleischproben von Flunder und Krebsen zeigten, im Vergleich zum Grad der Röte und Helligkeit, dass der Grad der Gelbfärbung beim Flunder und den Krebsen unter einem größeren Einfluss des intensiv pulsierenden Lichts steht. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich das intensiv pulsierende Licht auf die Farbe von Meeresfrüchten auswirken kann, nicht aber in dem Umfang, in dem es die Gesamtergebnisse der sensorischen Bewertung bedeutend beeinflussen würde.

**Schlüsselwörter:** fermentierte Wurst, physikalisch-chemische und sensorische Eigenschaften, Lagerung

## El efecto de la luz pulsada intensa sobre la calidad sensorial de los mariscos

### RESÚMEN

Esta investigación representa una prueba sistematizada del efecto de la luz pulsada intensa (ing. Intense Light Pulse, IPL) sobre la calidad sensorial de los mariscos. Cuatro especies de organismos marinos (atún, salmón, platija europea y cangrejos) expusimos a la influencia de 1 a 5 pulsos de luz (pulsos de duración de 300  $\mu$ s y potencia 3,4 J/cm<sup>2</sup>) con la frecuencia de un pulso cada 2 segundos. Independientemente del aplicado método de la exposición a la luz pulsada intensa, todas las muestras de los organismos marinos fueron calificadas como aceptables, con los valores de la calificación en total igual a o más alta que 4,6. El olor se mostró como la característica sensorial más sujeta a la influencia de la luz pulsada intensa. La luz pulsada intensa redujo los valores L\* del atún apenas después de la exposición a la potencia más alta (17 J/cm<sup>2</sup>), y los valores a\* i b\* no difirieron significativamente de las muestras de control. La exposición a la potencia más baja de la luz pulsada intensa (3,4 J/cm<sup>2</sup>) en nuestra investigación no tuvo influencia en absoluto sobre las valores del color del atún. Las muestras del salmón mostraron los valores L\* significativamente más bajas directamente después de la exposición a menor cantidad de luz, mientras las valores a\* i b\* quedaron sin alterar incluso después de la exposición a la luz pulsada intensa. Las muestras de la platija europea y de los cangrejos mostraron que, con respecto al grado de la rojez y de la luminosidad, en la platija europea y en los cangrejos el grado del amarillez fue más sujeta a la influencia de la luz pulsada intensa. La investigación mostró que la luz pulsada intensa puede influenciar sobre el color de los mariscos, pero no mostró en que parte lo mencionado podría afectar los resultados de la evaluación sensorial.

**Palabras claves:** pulso de la luz, luz pulsada intensa, mariscos, pescado, calidad sensorial, color

## Effetti della luce pulsata ad alta intensità sulla qualità sensoriale dei frutti di mare

### SUNTO

Questa ricerca presenta i risultati dell'esame sistematico degli effetti della luce pulsata ad alta intensità (in inglese: Intense Light Pulse, IPL) sulla qualità sensoriale dei frutti di mare. Quattro specie di organismi marini (tonno, salmone, passera pianuzza e crostacei) sono state esposte all'impatto degli impulsi luminosi (da 1 a 5) con una durata di 300  $\mu$ s, un'intensità di 3,4 J/cm<sup>2</sup> e una frequenza di un impulso ogni 2 secondi. A prescindere dal procedimento adottato di esposizione alla luce pulsata ad alta intensità, tutti i campioni degli organismi marini sono stati valutati come altamente accettabili, con valutazione complessiva pari o superiore a 4,6. L'odore s'è dimostrato la caratteristica sensoriale più sensibile all'impatto della luce pulsata ad alta intensità. La luce pulsata ha ridotto il valore L\* del tonno soltanto dopo la sua esposizione a una maggiore intensità (17 J/cm<sup>2</sup>), mentre i valori a\* e b\* non hanno mostrato sensibili differenze rispetto ai campioni di riferimento. L'esposizione all'impatto di minori quantità di luce pulsata (3,4 J/cm<sup>2</sup>) nella nostra ricerca non ha avuto alcun effetto sul valore del colore del tonno. I campioni di salmone hanno mostrato valori L\* sensibilmente inferiori subito dopo l'esposizione a una minore quantità di luce, mentre i valori a\* e b\* sono rimasti invariati anche dopo l'esposizione alla luce pulsata ad alta intensità. Circa il grado di rossore e luminosità, i campioni di carne della passera pianuzza e dei crostacei esaminati hanno dimostrato che il grado di "giallosità" è il più sensibile all'impatto della luce pulsata ad alta intensità. La ricerca ha, inoltre, dimostrato che la luce pulsata ad alta intensità può incidere sul colore dei frutti di mare, ma non in misura tale da incidere sensibilmente sui risultati complessivi della valutazione sensoriale.

**Parole chiave:** Lichtpuls, Pulslicht, Meeresfrüchte, Fisch, sensorische Qualität, Farbe

## LITERATURA

Aymerich, T., Picouet, P. A., & Monfort, J. M. (2008): Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*, 78(1–2), 114–129.

Barbosa-Cánovas, G. V. (1998): *Nonthermal preservation of foods*. New York Dekker.

Barbosa-Cánovas, G. V., Schaffner, D. W., Pierson, M. D., & Zhang, Q. H. (2000): Pulsed Light Technology. *Journal of Food Science*, 65, 82–85.

Bialka, K. L., & Demirci, A. (2007): Decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* on Blueberries Using Ozone and Pulsed UV-Light. *Journal of Food Science*, 72(9), M391–M396.

Bialka, K. L., & Demirci, A. (2008): Efficacy of Pulsed UV-Light for the Decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on Raspberries and Strawberries. *Journal of Food Science*, 73(5), M201–M207.

Cheigh, C.-I., Hwang, H.-J., & Chung, M.-S. (2013): Intense pulsed light (IPL) and UV-C treatments for inactivating *Listeria monocytogenes* on solid medium and seafoods. *Food Research International*, 54(1), 745–752.

Cheigh, C. I., Hwang, H. J., & Chung, M. S. (2013): Intense pulsed light (IPL) and UV-C tre-

atments for inactivating *Listeria monocytogenes* on solid medium and seafoods. *Food Research International*, 54(1), 745–752.

Elmnasser, N., Guillou, S., Leroi, F., Orange, N., Bakhrouf, A., & Federighi, M. (2007): Pulsed-light system as a novel food decontamination technology: a review. *Canadian Journal of Microbiology*, 53(7), 813–821.

Figueroa-García, J. E., Silva, J. L., Kim, T., Boeger, J., & Cover, R. (2002): Use of pulsed-light to treat raw channel catfish fillets. *Journal of the Mississippi Academy of Sciences*, 47, 114–120.

Ganan, M., Hierro, E., Hospital, X. F., Barroso, E., & Fernandez, M. (2013): Use of pulsed light to increase the safety of ready-to-eat cured meat products. *Food Control*, 32(2), 512–517.

Gomez-Lopez, V. M., Ragaert, P., Debever, J., & Devlieghere, F. (2007): Pulsed light for food decontamination: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18(9), 464–473.

Hierro, E., Barroso, E., de la Hoz, L., Ordonez, J. A., Manzano, S., & Fernandez, M. (2011): Efficacy of pulsed light for shelf-life extension and inactivation of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat cooked meat products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(3), 275–281.

Hierro, E., Ganan, M., Barroso, E., & Fernández, M. (2012): Pulsed light treatment for the inactivation of selected pathogens and the shelf-life extension of beef and tuna carpaccio. *International*