



UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Lina GOLOB

**DIMLJENJE POSTRVI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana

Ljubljana, 2019

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Lina GOLOB

**DIMLJENJE POSTRVI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana

**PROCESS OF SMOKING TROUT**

B. SC. THESIS

Academic Study Programmes: Field Food Science and Nutrition

Ljubljana, 2019

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija – 1. stopnja Živilstvo in prehrana.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje Oddelka za živilstvo je za mentorico diplomskega dela imenovala prof. dr. Leo Demšar in za recenzentko izr. prof. dr. Leo Pogačnik.

Mentorica: prof. dr. Lea DEMŠAR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Recenzentka: prof. dr. Lea POGAČNIK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Mentorica:

Recenzentka:

Datum zagovora:

Lina GOLOB

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

- ŠD Du1
- DK UDK 664.951.3:597.552.56(043)=163.6
- KG ribe, postrvi, *Salmonoidae*, *Oncorhynchus mykiss*, toplotna obdelava, dimljenje, kemijska sestava
- AV GOLOB, Lina
- SA DEMŠAR, Lea (mentorica), POGAČNIK, Lea (recenzentka)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstva
- LI 2019
- IN DIMLJENJE POSTRVI
- TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana)
- OP VII, 23 str., 2 pregl., 8 sl., 30 vir.
- IJ sl
- Jl sl
- AI V diplomskem delu so predstavljeni tehnologija dimljenja postrvi, kemijska in prehranska vrednost dimljenih postrvi ter dejavniki varnosti in obstojnosti dimljenih postrvi. Med različnimi načini konzerviranja rib (hlajenje, zamrzovanje, sušenje, soljenje ...) izstopa dimljenje. Namen dimljenja je podaljšati obstojnost živil, zaščititi živilo pred kvarom in patogenimi mikroorganizmi ter živilu dodati zeleno aromo po dimu. Ločimo dva osnovna načina dimljenja, hladno in toplo. Oba načina zahtevata natančno kontrolo temperature, vlažnosti in časa prekajevanja. Proces dimljenja vključuje različne faze, kot so soljenje, sušenje in dimljenje, v primeru toplega dimljenja pa tudi toplotno obdelavo. Večje ribe pred dimljenjem običajno razpolovimo ali filetujemo, manjše ribe dimimo cele. Hladno dimljenje je definirano kot dimljenje rib pri temperaturi  $\leq 33$  °C, toplo pa pri temperaturi dima med 55 °C in 80 °C. Toplo dimljeni izdelki so, odvisno od temperature, v notranjosti delno ali v celoti toplotno obdelani. Hladno dimljene ribe imajo rok obstojnosti omejen na dva do tri tedne ( $< 4$  °C), medtem ko se lahko toplo dimljeni izdelki skladiščijo daljši čas. Značilna barva, aroma in okus dimljenih rib se oblikujejo s komponentami dima, medtem ko so tekstura, sočnost in slanost odvisni od surovine in procesnih parametrov. Pri temperaturah tlenja lesa nad 400 °C se pospešeno tvorijo policiklični aromatski ogljikovodiki, ki predstavljajo zdravstveno tveganje za potrošnika in je zato njihova vsebnost v dimljenih živilih zakonsko omejena. Prav tako so v procesu izdelave dimljenih rib zelo pomembni higiena in upoštevanje kritičnih kontrolnih točk ter hladno skladiščenje ( $\leq 4$  °C) po izdelavi in med skladiščenjem. Najpogostejši način pakiranja dimljenih rib je vakuumsko pakiranje.

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

- ND Du1
- DC UDC 664.951.3:597.552.56(043)=163.6
- CX fish, trout, *Salmonoidae*, *Oncorhynchus mykiss*, thermal processing, smoking, chemical composition
- AU GOLOB, Lina
- AA DEMŠAR, Lea (supervisor), POGAČNIK, Lea (reviewer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
- PY 2019
- TI PROCESS OF SMOKING TROUT
- DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes: Field Food Science and Nutrition)
- NO VII, 23 p., 2 tab., 8 fig., 30 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB In present graduation thesis were the technologies of smoking of trout, chemical and nutritional value of smoked trout, as well as the factors of safety and shelf life of smoked trout presented. Among the various ways of preserving fish (cooling, freezing, drying, salting ...) smoking is one of the most important. The purpose of smoking of food is to increase shelf life, to protect it from contamination and pathogenic microorganisms, and to add the desired aroma of smoke. Two basic smoking processes are distinguishing, hot and cold smoking. Both require precise control of temperature, humidity and duration of smoking. The smoking process involves different phases, such as salting, drying and smoking, and in the case of hot smoking also the heat treatment. Larger fishes are usually split and remove the backbone or fillet before smoking; smaller fish are typically smoked whole. Cold smoking is running at temperature of  $\leq 33$  °C and hot smoking at temperature in the range of 55 °C to 80 °C. The hot smoked products are partially or fully heat-treated inside, depending on the temperature. Shelf life of cold smoked fish is limited to two to three weeks, while hot smoked products can be stored longer. The characteristic colour, aroma and taste of smoked fish are formed by smoke components, while texture, juiciness and salinity depend on the properties of raw material and processing parameters. Wood is burning at temperatures above 400 °C, polycyclic aromatic hydrocarbons are formed which pose a health risk to the consumer and, therefore, their content in smoked food is regulated. In the process of smoked fish production are very important factors hygiene, critical control point consideration as well as cold storage after manufacture and during storage ( $\leq 4$  °C). The most common way to pack smoked fish is vacuum packing.

**KAZALO VSEBINE**

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....</b>	<b>III</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION.....</b>	<b>IV</b>
<b>KAZALO VSEBINE.....</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC.....</b>	<b>VII</b>
<b>KAZALO SLIK.....</b>	<b>VII</b>
<b>OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....</b>	<b>VII</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 AMERIŠKA POSTRV (<i>ONCORYHYNCHUS MYKISS</i>).....</b>	<b>1</b>
<b>3 PRIPRAVA POSTRVI PRED DIMLJENJEM.....</b>	<b>2</b>
3.1 ODSTRANJEVANJE DROBOVJA IN FILETIRANJE .....	2
3.2 SOLJENJE.....	3
<b>3.2.1 Načini soljenja rib .....</b>	<b>3</b>
3.2.1.1 Mokro soljenje.....	3
3.2.1.2 Suho soljenje .....	4
3.3 SUŠENJE .....	5
<b>4 DIMLJENJE .....</b>	<b>7</b>
4.1 UČINKI SPOJIN V DIMU .....	7
<b>4.1.1 Antimikrobni učinek spojin v dimu.....</b>	<b>7</b>
<b>4.1.2 Antioksidativni učinek spojin v dimu.....</b>	<b>8</b>
4.2 SESTAVA DIMA .....	8
<b>4.2.1 Vpliv temperature sežiga lesa.....</b>	<b>9</b>
<b>4.2.2 Vpliv vrste lesa.....</b>	<b>9</b>
<b>4.2.3 Vpliv vlažnosti v dimni komori .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2.4 Vpliv kroženja zraka.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2.5 Vpliv časa dimljenja.....</b>	<b>10</b>
4.3 NAPRAVE ZA DIMLJENJE.....	10
<b>4.3.1 Tradicionalne dimne komore .....</b>	<b>10</b>

<b>4.3.2</b>	<b>Moderne dimne komore.....</b>	<b>10</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Elektrostatično dimljenje.....</b>	<b>11</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Dimljenje s tekočim dimom .....</b>	<b>11</b>
<b>4.4</b>	<b>METODE DIMLJENJA .....</b>	<b>11</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Hladno dimljenje .....</b>	<b>11</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Toplo dimljenje.....</b>	<b>12</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Primerjava toplega in hladnega dimljenja.....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>PAKIRANJE IN SKLADIŠČENJE.....</b>	<b>14</b>
<b>5.1</b>	<b>NAČINI PAKIRANJA .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2</b>	<b>SKLADIŠČENJE .....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>KAKOVOST IN ZDRAVSTVENA TVEGANJA.....</b>	<b>15</b>
<b>6.1</b>	<b>KEMIJSKA SESTAVA IN PREHRANSKA VREDNOST .....</b>	<b>15</b>
<b>6.2</b>	<b>ZDRAVSTVENA TVEGANJA.....</b>	<b>16</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Mikrobiološka tveganja .....</b>	<b>16</b>
6.2.1.1	<i>Listeria monocytogenes</i> .....	16
6.2.1.2	<i>Clostridium botulinum</i> .....	17
<b>6.2.2</b>	<b>Zdravju škodljive komponente v dimu .....</b>	<b>17</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Kemijski kvar .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>SENZORIČNE LASTNOSTI DIMLJENIH IZDELKOV .....</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>POVZETEK.....</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>21</b>
	<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Čas soljenja postrvi v slanici, ki ima 80° oz. 28 g soli/100 g vode (Mills, 2001)	4
Preglednica 2: Osnovna kemijska sestava svežih in dimljenih ameriških postrvi (Beshherati, 2004) .....	13

## KAZALO SLIK

Slika 1: Ameriška postrv .....	1
Slika 2: Mokro soljenje – levo (Beshherati, 2004) in suho soljenje – desno .....	4
Slika 3: Tipična krivulja sušenja (Grau in sod., 2015) .....	5
Slika 4: Prikaz faz sušenja na sorpcijski izotermi (Grau in sod., 2015) .....	6
Slika 5: Hladno dimljenje filejev ameriških postrvi (levo) in toplo dimljenje celih ameriških (desno) .....	12
Slika 6: Vakuumsko pakirani hladno dimljeni fileji ameriške postrvi .....	14

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

$a_w$	vodna aktivnost
BaP	3,4-benzo(a)piren
BbFA	benzo(b)fluoranten
MAP	pakiranje v modificirano atmosfero
PAH	policiklični aromatski ogljikovodiki
$t_c$	kritični čas
$X_c$	kritična vlažnost
$X_e$	ekvivalentna vlažnost



## 1 UVOD

Ribe so pomemben del prehrane ljudi po vsem svetu predvsem zato, ker vsebujejo razmeroma veliko biološko pomembnih beljakovin, majhno vsebnost maščob, neznatne količine ogljikovih hidratov, bogate pa so tudi z različnimi elementi in vitamini (Veljkovič, 2003). Ribje meso ima v primerjavi z mesom sesalcev nizko kalorično vrednost, vendar pa je pomen rib s prehranskega vidika velik. Zanj je značilna bogata sestava maščob in beljakovin, ki vsebujejo esencialne maščobne kisline in aminokisline, potrebne za oblikovanje presnovnih funkcij telesa. V primerjavi z mesom drugih živali meso rib vsebuje zelo malo vezivnega tkiva in ne vsebuje elastina. Vse te lastnosti uvrščajo ribje meso med dietna živila in mu dajejo posebno mesto v prehrani ljudi (Cvrtila in Kozačinski, 2006).

Med različnimi načini konzerviranja rib (hlajenje, zamrzovanje, sušenje, soljenje, ...) izstopa dimljenje. Ločimo dva osnovna načina dimljenja, hladno in toplo. Oba načina zahtevata natančno kontrolo temperature, vlažnosti in časa prekajevanja. Prav tako je v procesu izdelave dimljenih rib zelo pomembna higiena in sanitacija ter hladno skladiščenje po izdelavi. Namen diplomskega dela je predstaviti osnovne načine dimljenja postrvi in dejavnike, ki vplivajo na kakovost dimljenih postrvi. Izpostavili bomo mikrobiološko kontaminacijo, kontaminacijo z okoljskimi onesnaževalci in snovmi, ki nastanejo med dimljenjem ter vplivajo na zdravstveno varnost rib. Na kratko bomo predstavili tudi literaturne podatke o kemijski sestavi in prehranski vrednosti dimljenih postrvi.

Ob začetku raziskave smo zastavili hipoteze, in sicer da

- bomo ugotovili razlike v tehnologiji toplega in hladnega prekajevanja postrvi,
- bomo ugotovili kemijsko in prehransko vrednost dimljenih postrvi,
- bomo predstavili dejavnike varnosti in obstojnosti prekajenih postrvi.

## 2 AMERIŠKA POSTRV (*ONCORYHYNCHUS MYKISS*)



Slika 1: Ameriška postrv

Ameriško postrv ali šarenko so prej imenovali *Salmo gaidneri*, včasih tudi *Salmo irideus*, vendar je pravilno ime *Oncorhynchus mykiss*. Telo je pokrito s temnimi pegami, ki so tudi

na glavi in na plavutih (slika 1). Na zgornjem delu prevladuje olivno zelena barva. Bočno linijo prekriva mavrični trak, kjer prevladuje roza barva, spodnji del telesa pa je srebrno siv. Postrvi imajo v naravi rdečkaste pike, šarenka pa jih nima. Usta so velika in postavljena poševno. V čeljusti, na nebu in v grlu so dobro razviti zobje. Zadnji del zgornje čeljusti je v liniji z zunanjim kotom očesa. Koža je pokrita z zelo drobnimi luskami in sluzjo, ki daje občutek gladkosti. Šarenka je domorodna vrsta v rekah severno vzhodne Amerike. Sedaj je prisotna že na vseh kontinentih. V Evropi jo večinoma gojijo v ribogojnicah. V primerjavi z drugimi postrvmi namreč zelo hitro raste. V tretjem letu starosti lahko zraste do 50 cm (Mills, 2001).

Meso svežih rib vsebuje veliko beljakovin in ga lahko primerjamo z mesom klavnih živali. Koža in kosti rib vsebujejo razne minerale in vitamine (A, D, vitamine skupine B, tiamin, riboflavin in nikotinsko kislino). V povezavi z dimljenjem rib pa so najpomembnejša sestavina maščobe. Glede na količino maščob ločimo nemastne ribe (0,1-2 %) in mastne ribe (do 25 %). Vsebnost maščob niha glede na letni čas in starost ribe, manj maščob pa je pri določenih vrstah rib po drstenju (Levstek in sod., 2002). Surova ameriška postrv v 100 g užitnega dela vsebuje 70-80 g vode, 2 g maščob in 18-20 g beljakovin (Mills, 2001). Postrv spada med srednje mastne ribe (Levstek in sod., 2002).

Šarenko je priporočljivo pred zakolom postiti. Sveže ulovljenim ribam je potrebno ročno ali strojno odstraniti drobovje, jih umiti in hraniti/skladiščiti v ledu. Priporočljivo je istočasno odstraniti tudi škrge, da se zmanjša možnost bakterijske okužbe. Očiščena postrv, skladiščena na ledu, ostane prvovrstne kakovosti en teden in je sprejemljiva do dveh tednov. Obstojnost neočiščene ribe je veliko krajša, zato shranjevanje neočiščene ribe ni priporočljivo. Staro ribo prepoznamo po udrtih očeh, obledeli barvi in slabem lesku kože ter nalaganju rumene sluzi na koži (Mills, 2001).

### **3 PRIPRAVA POSTRVI PRED DIMLJENJEM**

Proces dimljenja vključuje različne faze, kot so soljenje, sušenje in dimljenje, v primeru toplega dimljenja pa tudi toplotno obdelavo. Postopki priprave surove ribe za dimljenje se med seboj razlikujejo, saj so odvisni od izbrane vrste in velikosti rib ter zelene oblike končnega izdelka (Besharati, 2004).

#### **3.1 ODSTRANJEVANJE DROBOVJA IN FILETIRANJE**

Vedno moramo biti previdni, da ribe pri čiščenju ne poškodujemo ali raztrgamo. Vsi deli črevesja, škrge in ledvice morajo biti odstranjeni, saj so podvrženi hitremu kvaru (Horner, 1997). Večje ribe pred dimljenjem običajno razpolovimo ali filetiramo. Manjše ribe so običajno dimljene cele, kar preprečuje prekomerno dehidracijo toplo dimljenih izdelkov (Doe in sod., 1998).

## 3.2 SOLJENJE

Najpogosteje se za soljenje uporablja natrijev klorid (NaCl). Zmanjševanje vodne aktivnosti ( $a_w$ ) v ribjih izdelkih s sušenjem in z dodajanjem topljencev je že dolgo časa poznan način zaščite rib pred mikrobiološkim kvarom (Horner, 1997).

Čas soljenja je odvisen od temperature, koncentracije slanice in od vsebnosti vode v ribjem mesu. Prodiranje soli v ribo je hitrejšo pri višjih temperaturah in pri večji vsebnosti vode. Manj mastne ribe imajo večjo vsebnost vode, zato vpijajo sol hitreje kot mastne. Maščoba zavira difuzijo soli v ribje tkivo, saj je sol v maščobi slabo topna. Manj mastno ribje meso vsebuje vode približno 80 g/100 g, medtem ko je vode v mesu mastnih rib približno 10-15g/100 g (Marianski S. in Marianski A., 2014).

Sol prehaja skozi ribje meso po principu dialize. Zaradi razlik v osmotskem tlaku med slanico in raztopino v ribjem mišičnem tkivu, voda z osmozo prehaja iz ribjega mesa. Natrijevi in kloridni ioni oblikujejo kompleks vezane vode in proteinov, ki ima določen osmotski tlak. Proces traja, dokler ni doseženo ravnotežje med osmotskim tlakom slanice, ki obdaja ribe, in osmotskim tlakom solnega medija. Stopnja difuzije soli v notranjost in izhajanja vode iz ribjega tkiva preko osmoze je sorazmerno odvisna od koncentracijskega gradienta med solnim medijem na površini rib in najbolj oddaljenim delom ribjega mesa. Večja kot je slanica, hitreje sol prehaja v ribje meso. Pri mokrem soljenju je začetno prehajanje soli v meso hitrejšo kot pri suhem soljenju. Razlog je boljši stik površine rib z solnim medijem (Horner, 1997).

Sol denaturira proteine na površini rib. Denaturirani proteini se v slanici raztopijo in ustvarijo lepljivo raztopino. Med sušenjem se raztopina na površini rib zasuši in na ribji koži nastane svetleči sloj – film. Svetleči sloj poleg tega, da ustvari privlačen izgled ribje kože, tudi ščiti notranjost rib in zadrži aromo dima v mesu rib (Horner, 1997).

### 3.2.1 Načini soljenja rib

#### 3.2.1.1 Mokro soljenje

Pri mokrem soljenju pripravimo vodno raztopino soli določene koncentracije, v katero potopimo ribe (Horner, 1997). Vse ribe morajo biti popolnoma potopljene v slanico (slika 2). Jakost slanice kontroliramo s salinometrom. Priporočljiva temperatura slanice je 10 °C. Pod to temperaturo se difuzija soli upočasni. V končnem izdelku mora biti koncentracija soli dovolj velika, da inhibira rast zdravju škodljivih mikroorganizmov, še posebno bakterij *Clostridium Botulinum*, hkrati pa izdelek ne sme biti preslan za uživanje. Za toplo dimljeno postrv je še učinkovita koncentracija soli 3 % (na vsebnost vode v ribi). Koncentracijo soli je potrebno razlikovati od vsebnosti soli, ki predstavlja odstotek soli na maso cele ribe. V primerih, ko koncentracija soli ne dosega predpisane najmanjše koncentracije 3 %, je

potrebno proces mokrega soljenja prilagoditi, da se bo koncentracija soli povečala (Mills, 2001).

Slanico je potrebno vsaj enkrat dnevno zamenjati in posodo za slanico očistiti. Pravilnost poteka procesa soljenja se občasno nadzira z analizo koncentracije soli v dimljeni postrvi, prvi dan po dimljenju. Vzorči se na najdebelejšem delu ribe, na polovici dolžine med glavo in repom, pod hrbtno kostjo, kjer se predvideva, da je koncentracija soli najmanjša. Koncentracija soli (% soli v vodi, ki jo vsebuje riba) se določi z izračunom (Mills, 2001):

$$\text{Koncentracija soli (\%)} = \frac{\text{vsebnost soli}}{\text{vsebnost soli} + \text{vsebnost vode}} \times 100 \quad \dots(1)$$



Slika 2: Mokro soljenje – levo (Besherati, 2004) in suho soljenje – desno

Čas soljenja je odvisen od vsebnosti maščobe in velikosti ribe, od prisotnosti kože in od zelene količine soli v končnem izdelku (Horner, 1997). Najpogosteje se uporablja 70–80° raztopina soli (slanica), s katero je dosežen najboljši lesk (Preglednica 1).

Preglednica 1: Čas soljenja postrvi v slanici, ki ima 80° oz. 28 g soli/100 g vode (Mills, 2001)

Masa postrvi (g)	Čas soljenja (h)
140	2
170	2,5
200	3
250	4
300	5

Nesoljene ribe po dimljenju izgledajo surove in brez leska (Horner, 1997). Nasprotno pa slanica močnejše koncentracije, ki sicer skrajša čas soljenja, po sušenju povzroči neprivlačno barvo končnega izdelka in kristale soli na koži ribe (Horner, 1997; Marianski S. in Marianski A., 2014). Z uporabo šibkejše slanice (< 80°) se sol enakomernejše razporedi v ribjem mesu, vendar se čas soljenja podaljša (Horner, 1997; Mills, 2001).

### 3.2.1.2 Suho soljenje

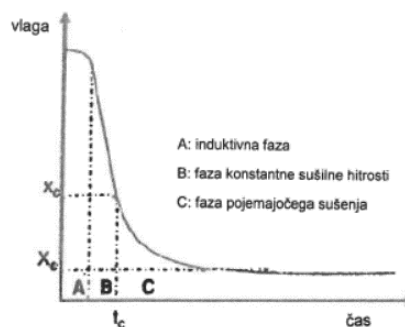
Suho soljenje se uporablja predvsem za razpolovljene ribe, tako da se sloj rib prekrije s plastjo soli (Slika 2, desno). Pri tem nastane slan izcedek, ki se lahko odstrani. Pomembna je velikost zrn soli. Manjša zrna soli se lažje raztopijo v vodi, ki se izloči iz rib, in zato sol z difuzijo hitreje prehaja skozi ribje tkivo (Horner, 1997). Po suhem soljenju ribe speremo

s tekočo mrzlo vodo, da odstranimo kristale soli na površini ribe (Marianski S. in Marianski A., 2014).

### 3.3 SUŠENJE

Cele ribe se obesijo na kljuke v dimno komoro, tako bo tok dima kasneje med dimljenem lažje dosegel ribje trebuhe ali hrbte in ne stranice. Ribji fileji se položijo na kovinsko mrežo (Banner, 2001).

Nekatere spremenljivke, ki določajo čas sušenja, so povezane s temperaturo, hitrostjo in vlažnostjo zraka ter karakteristikami zračnega toka, druge pa z izdelkom, t.j. vsebnostjo vode, velikostjo, obliko in strukturo ribe oz. fileja. Potrebno je eksperimentalno določiti krivulje sušenja (vsebnost vode v odvisnosti od časa) pri določenih pogojih. Eksperimentalni pogoji morajo imitirati industrijski proces: prenos toplote, zračni tok in gostoto izdelka. Krivulja sušenja nato omogoča oceno vsebnosti vode v živilu pri določenih pogojih sušenja (Grau in sod., 2015).



Slika 3: Tipična krivulja sušenja (Grau in sod., 2015)

Na Sliki 3 je prikazana tipična krivulja sušenja živila z visoko vsebnostjo vode. Na krivulji razberemo tri faze, ki pripadajo trem korakom sušenja: induktivni fazi, fazi konstantne sušilne hitrosti in fazi pojemajočega sušenja. Induktivna faza poteka na začetku sušenja. V tej fazi se toplota iz zraka prenaša na izdelek, temperatura površine ribe narašča do temperature, pri kateri je zrak nasičen z vodno paro. Trajanje te faze je zanemarljivo v primerjavi s sledečimi fazami, zato se jo pri projektiranju navadno ne upošteva. V fazi konstantne hitrosti sušenja, ko je površina izdelka že dosegla temperaturo nasičenja, se vsa toplota iz zraka porabi za izhlapevanje vode. Hitrost sušenja v tej fazi je konstantna, dokler je hitrost izhlapevanja vode manjša od hitrosti, s katero voda prehaja na površino izdelka. Izdelek se torej suši s konstantno hitrostjo, nato pa se zmanjša hitrost prenosa vode na površino. Takrat se faza konstantne sušilne hitrosti konča. Na tej točki (Slika 3) se vlažnost izdelka imenuje kritična vlažnost ( $X_c$ ), čas za doseg te točke pa kritični čas ( $t_c$ ). V fazi konstantne sušilne hitrosti je najbolj opazna sprememba – zmanjšanje volumna izdelka. V fazi pojemajočega sušenja (faza difuzije) voda potuje po principu difuzije iz notranjosti proti zunanosti izdelka, kjer nato izhlapeva. V tej fazi je sušenje zelo počasno, važnost

izdelka se zmanjšuje do ekvivalentne vlažnosti ( $X_e$ ) oz. do ravnotežja med vodno aktivnostjo v izdelku in zunanjim zračnim tokom.

Te značilne faze sušenja opisuje tudi sorpcijska izoterma, ki opisuje odvisnost vsebnosti vlage od vodne aktivnosti v hidroskopični snovi. Določi se jo eksperimentalno pri konstantni relativni vlagi in temperaturi. V primeru sušenja gre za desorpcijsko izotermo, v primeru vezave vlage pa za absorpcijsko izotermo. V preteklosti je bil za sorpcijsko izotermo v uporabi izraz ravnotežje vsebnosti vlage (Doe in sod., 1998). Ravnotežje je doseženo na stičišču  $a_w$  na površini izdelka in  $a_w$  zraka za sušenje. V fazi konstantne hitrosti sušenja je vrednost  $a_w$  izdelka blizu 1. Med sušenjem izdelka velike spremembe v vlagi povzročijo le majhne spremembe v  $a_w$  – kot je razvidno iz izoterme. Dokler je  $a_w$  skoraj konstantna, je tudi hitrost sušenja dokaj konstantna. V fazi pojemajoče hitrosti sušenja že majhne razlike v vlagi vodijo k velikim spremembam  $a_w$  vrednosti (Grau in sod., 2015).



Slika 4: Prikaz faz sušenja na sorpcijski izotermi (Grau in sod., 2015)

Hitrost sušenja je odvisna od gonilne sile procesa, to je razlika med vodno aktivnostjo ( $a_w$ ) izdelka in  $a_w$  zraka za sušenje. Na vrednost  $a_w$  vplivajo tudi lastnosti živila (struktura, sestava, itd.). To je povezano s prenosom vode v različnih fazah živila in s kinetiko sušenja.

Hitrost izhlapevanja vode je odvisna od hitrosti zračnega toka. Višja kot je hitrost zračnega toka, višja je hitrost sušenja. Nad določeno hitrostjo zračnega toka se hitrost sušenja ne povečuje več, saj takrat na hitrost sušenja vpliva difuzija vode iz notranjosti živila na površino. Pomembna spremenljivka je relativna vlažnost zraka (RH). Živilo se suši, ko je  $a_w$  zraka nižja kot  $a_w$  živila. Hitrost sušenja se poveča z naraščanjem razlike v  $a_w$  gradientu med živilom in zrakom. Vendar prehitro sušenje lahko povzroči zasušeni rob na živilu, kar ovira potek difuzije iz notranjosti proti zunanosti živila (Grau in sod., 2015).

## 4 DIMLJENJE

Konzerviranje rib se verjetno uporablja že dlje časa kot konzerviranje katerekoli druge vrste hrane. Ostanke kosti morskih rib so našli v jamskih bivališčih, ki so bila naseljena pred 20.000 leti in oddaljena več dni hoje od španske obale. Verjetno so bile te ribe konzervirane s sušenjem na zraku (Horner, 1997).

Namen dimljenja je podaljšati obstojnost živil, zaščititi hrano pred kvarom in patogenimi mikroorganizmi ter hrani dodati želeno aromo po dimu. Dimljenje se uporablja v velikih industrijskih obratih in v tradicionalni obrti s preprostimi pečmi (Grau in sod., 2015). Dimljenje se je razširilo zaradi inaktivacijskega učinka dima in toplote na določene encime in mikroorganizme. Z razvojem konzerviranja, zmrzovanja in hlajenja hrane je dimljenje izgubilo osnovni namen konzerviranja hrane. Tako je danes zaradi visokih zahtev na tržišču glavni namen dimljenja obogatiti senzorično kakovost izdelka (Lorenzo in sod., 2010). Ocenjujejo, da je od vseh predelanih rib dimljenih več kot 30 % (Levstek in sod., 2002).

Pri dimljenju rib zagotavlja konzervirajoči učinek kombinacija naslednjih dejavnikov (Horner, 1997):

- posušena površina rib zaščiti notranjost rib pred zunanjimi vplivi, predvsem predstavlja fizično oviro pred aerobnimi mikroorganizmi;
- soljenje zmanjša vrednost  $a_w$ , kar zavira rast mnogih patogencev in kvarljivcev (čeprav je učinkovita zaščita pred mikroorganizmi dosežena šele pri  $a_w$  manjši od 0,95, je lahko pri tej vrednosti  $a_w$  slanost izdelka (okoli 5 %) prevelika za okus potrošnikov);
- povečanje vsebnosti snovi, ki imajo antioksidativni učinek: snovi preprečujejo avtooksidacijo nenasičenih lipidov v ribjem mesu, kar podaljša čas pojava žarkosti;
- nalaganje antimikrobnih snovi, kot so fenoli, formaldehidi in nitriti.

### 4.1 UČINKI SPOJIN V DIMU

Antimikrobne in antioksidativne lastnosti številnih fenolov v kombinaciji z drugimi komponentami dima, kot so formaldehid, podaljšajo obstojnost dimljene hrane (Woods, 2003).

#### 4.1.1 Antimikrobni učinek spojin v dimu

Številne komponente dima imajo antimikrobni učinek. Med njimi imajo največjo antimikrobno aktivnost številni fenoli, predvsem gvajakol in njegovi derivati; kresol, pirokatehol in pirogallol. Vsebnost in prehajanje fenolov in njihovih derivatov v dimljeno meso je povezano z njihovo topnostjo v lipidih in vodni fazi izdelka ter s pogoji dimljenja (Zdzisław in sod., 2015). Spojine, ki imajo v strukturi dodatno aldehidno skupino, so

antimikrobno bolj učinkovite kot fenoli. Karbonilne spojine v dimu, predvsem formaldehid, prav tako zavirajo razmnoževanje mikroorganizmov. Najbolj občutljive so vegetativne oblike bakterij, medtem ko so plesni in kvasovke bolj odporne (Woods, 2003). Na splošno, same komponente dima ne morejo zaščititi rahlo dimljenih živil pred kvarom in mikrobiološkim tveganjem. Sestavine dima pri koncentracijah, najdenih v živilih, ne zmanjšajo razmnoževanja različnih patogenih mikroorganizmov za več logaritamskih faz oz. ne zadržijo učinkovito njihove rasti (Zdzisław in sod., 2015).

#### 4.1.2 Antioksidativni učinek spojin v dimu

Dimljena hrana je v primerjavi s svežo odpornejša na žarkost, zaradi antioksidativne aktivnosti številnih komponent dima (Doe in sod., 1998). Dimljenje podaljša rok obstojnosti živil zaradi zmanjšanja oksidacije maščob oz. zaradi antioksidativnih lastnosti številnih fenolnih spojin dima. Fenolni antioksidanti lahko inaktivirajo različne proste radikale, prisotne v živilih, tako da donirajo vodikov atom OH skupine in s tem prekinijo verižno reakcijo avtooksidacije. Aktivnost večjih komponent dima presega aktivnost znanih živilskih aditivov BHA (butil hidroksi anisol) in BHT (butil hidroksi toluen). Najbolj učinkoviti so resorcinol, pirogalol, 4-metilgvajakol, 4-vinilgvajakol in trans-4-propensiringol (Zdzisław in sod., 2015). Tradicionalno dimljenje (dimljenje v naravnem dimu) ima večji antioksidativni učinek kot dimljenje s tekočim dimom (Sikorski in sod., 1998).

#### 4.2 SESTAVA DIMA

Sestava dima je odvisna predvsem od temperature, količine prisotnega kisika med pirolizo lesa, stopnje vlažnosti v dimni komori, kroženja zraka, časa dimljenja in sestave lesa. Dim je emulzija majhnih kapljic tekočine v kontinuirani fazi zraka in pare, ki je stabilizirana z elektrostatičnim nabojem vodnih kapljic. Organske komponente, ki nastanejo z gorenjem lesa, so razpršene v plinski fazi zraka, vode, ogljikovega dioksida, ogljikovega oksida in ostalih plinov in tvorijo z zrakom kompleksen aerosol. Glavne organske komponente v dimni pari so karbonilne spojine (aldehidi in ketoni), fenolne spojine, ogljikovodiki, karboksilne kisline, alkoholi, estri, dušikovi oksidi (Horner, 1997; Zdzisław in sod., 2015). V fenolni frakciji, je približno 240 komponent (Zdzisław in sod., 2015), med katerimi so najpomembnejše siringol in njegovi derivati, gvajakol in njegovi derivati, kresoli in dimetilfenoli (Horner, 1997).

Dim je na začetku v obliki pare, z ohlajanjem pa manj hlapne komponente kondenzirajo in oblikujejo dispergirano tekočo fazo, ki skupaj z delci saj, sestavlja vidni dim. Ostale bolj hlapne komponente se porazdelijo med plinsko in dispergirano fazo, glede na njihovo hlapnost in topnost pri prevladujoči temperaturi in vlažnosti. Analize sestave lesnega dima so pokazale prisotnost več kot 400 hlapnih komponent, od njih 48 kislin, 22 alkoholov, 131



karbonilov, 22 estrov, 46 furanov, 16 laktonov in nekaj 50 različnih komponent (Woods, 2003).

#### **4.2.1 Vpliv temperature sežiga lesa**

Najpomembnejši dejavnik je temperatura, saj se glavne komponente lesa (celuloza, hemiceluloza, lignin) razgradijo pri različnih temperaturah. Najmanj toplotno obstojna je hemiceluloza, ki se razgradi pri temperaturah med 200 °C in 260 °C, celuloza pri 260–310 °C, lignin pa pri 310–500 °C. Ob razkroju lignina se sprostijo fenoli, fenolni estri in njihovi derivati. Pri nižjih temperaturah dimljenja se lignin ne razgradi popolnoma, zato je kemijska sestava dima drugačna kot pri višjih temperaturah dimljenja (Woods, 2003).

Skupna koncentracija karbonilnih spojin (aldehidi in ketoni) naraste v temperaturnem območju sežiga lesa od 200 °C do 600 °C, skupna koncentracija fenolov pa v območju od 400 °C do 600 °C. Pri temperaturi sežiga pod 400 °C je vsebnost policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) zanemarljiva. Pri temperaturah nad 400 °C se pospešeno tvorijo metilni radikali in koncentracija PAH zelo hitro narašča. PAH vplivajo na varnost dimljene hrane, zato so modernejšie metode osnovane tako, da se temperatura sežiga zadrži pod 400 °C ali pa temelji na odstranjevanju PAH iz dima (Woods, 2003).

Nižje temperature in omejen dostop kisika ustvarijo dim z več okusa in z večjo vsebnostjo konzervirajočih spojin. Višje temperature in večji dostop kisika povzročijo oksidacijo teh snovi do ogljikovega dioksida in vode (Horner, 1997).

#### **4.2.2 Vpliv vrste lesa**

Za dimljenje rib je primeren trdi les, kot je les hrasta, češnje, jablane ali breskve. Te vrste lesa ustvarijo dim z večjo vsebnostjo fenolov, ki povečajo zaščitno vlogo dima in vplivajo na izoblikovanje specifične arome dimljenih rib (Horner, 1997). Dim iz trdega lesa vsebuje tudi več derivatov siringola in gvajakola ter več karboksilnih kislin. Trdi les, ki daje dim z večjo vsebnostjo kislin, zagotavlja večjo mikrobiološko stabilnost dimljene hrane, saj kisline zmanjšajo vrednost pH (Woods, 2003).

Najpogosteje se uporablja les v obliki sekancev ali žagovine, ki imajo standardizirano velikost in vlažnost, v starejših dimnih pečeh in frikcijskih generatorjih pa se uporabljajo polena (Zdzisław in sod., 2015). Na sestavo dima vpliva količina vlage uporabljenega lesa. Pomembno je, da se uporabi suh les, brez zaščitnih sredstev, saj ta povzročajo škodljiv dim in posledično dimljene ribe, ki so iz zdravstvenega vidika neprimerne za uživanje (Horner, 1997).

### **4.2.3 Vpliv vlažnosti v dimni komori**

Komponente dima vstopajo v tkivno tekočino v živilu predvsem z absorpcijo. Med dimljenjem se vlažnost in vodna aktivnost živil zmanjšujeta. Absorpcija komponent dima je zato na začetku dimljenja največja in se zmanjšuje z zmanjševanjem vsebnosti vode v ribi. Na izgubo vode v živilu zelo vpliva tudi absolutna vlažnost zraka v dimni komori, ki je odvisna od vodne aktivnosti v živilu. Hitra izguba vode zaradi bolj suhega in vročega dima pospeši sušenje živila na površini in trd sloj na živilu. To lahko zavira absorpcijo komponent dima v živilo (Woods, 2003).

### **4.2.4 Vpliv kroženja zraka**

Kroženje zraka je obvezno za ohranjanje tlenja lesa, za prenos dima od generatorja do dimne komore in za zmanjšanje neenakomerne porazdelitve dima v komori. Hitrost kroženja zraka in vlažnost vplivata na stopnjo, pri kateri bo površina živil dehidrirala in tako na hitrost absorpcije dima. Z razredčevanjem dima, z zrakom pri konstantni temperaturi ali s povišanjem temperature dima, hlapne komponente iz dispergiranih kapljic preidejo v plinsko fazo. To povzroči hitro in intenzivno prehajanje hlapnih snovi v živilo. Razredčevanje dima s hladnim zrakom ima nasprotni učinek (Woods, 2003).

### **4.2.5 Vpliv časa dimljenja**

Vsebnost vlage v zgornjih slojih živila se zmanjšuje z daljšim časom dimljenja. To vpliva na stopnjo in intenzivnost absorpcije dima (Woods, 2003).

## **4.3 NAPRAVE ZA DIMLJENJE**

### **4.3.1 Tradicionalne dimne komore**

V tradicionalnih dimnih pečeh so lahko parametri dima na splošno kontrolirani le z manipuliranjem ognja, z zapiranjem in odpiranjem vrat in s prestavljanjem stojal (Doe in sod., 1998). Učinkovitost procesnih operacij je v takih prekajevalnicah odvisna od vremenskih pogojev. V primeru prevlažnega zraka se lahko odvečna vlaga odstrani preden zrak vstopi v dimno komoro. To dosežemo z vgraditvijo hladilnega sistema pred vstopom zraka. Vlaga se v ohlajenem zraku ne more zadrževati. Dobimo hladen in suh zrak (Marianski S. in Marianski A., 2014).

### **4.3.2 Moderne dimne komore**

Moderne prekajevalnice so običajno zgrajene iz komor, tunelov in stolpov. Delujejo lahko periodično ali kontinuirno, ogrevane pa so lahko s paro, plinom ali elektriko. Lesni dim je ustvarjen v zunanjih generatorjih. Nastali dim se preko cevi vodi v prekajevalnico. Temperatura dima, gostota, vlaga in čas dimljenja se prilagajajo s programom, ki je

nastavljen za določen izdelek. Dim, ki zapušča dimno komoro, vsebuje veliko zračnih onesnaževalcev, zato ga je potrebno očistiti. To lahko storimo s filtri ali kasnejšim sežigom. Večina dimnih komor ima avtomatski čistilni sistem, da se prepreči akumulacija katrana, ki vsebuje več PAH kot dim in za zaščito pred izbruhom požara (Zdzisław in sod., 2015).

### **4.3.3 Elektrostaticno dimljenje**

Za dimljenje z elektrostaticnim dimom so prekajevalne enote opremljene s setom elektrod, ki so povezane z virom visoke napetosti, okoli 30 kV. Ribe se položijo na dno kovinske mreže ali na tekoči trak (Doe in sod., 1998).

### **4.3.4 Dimljenje s tekočim dimom**

Metoda dimljenja s tekočim dimom temelji na pridobivanju tekočega ekstrakta ali izvlečka dima, ki je proizveden v konvencionalnem generatorju dima (Woods, 2003). Preparati dima so ustvarjeni pod kontroliranimi pogoji. Operacije, ki se uporabljajo, so kondenzacija ali elektrostaticna precipitacija dima, frakcioniranje za povrnitev zelenih frakcij, brez škodljivih komponent, predvsem PAH, mešanje različnih frakcij glede na željen senzorični profil in antioksidativno aktivnost in priprava končne oblike izdelka (npr. vodna raztopina, vezava dima na sol ali olje). Dimnice za tekoče dimljenje so opremljene s funkcijami za mešanje preparata z zrakom pod pritiskom in za sproščanje tega skozi atomizirane šobe. Tako se oblikuje dimni aerosol (Doe in sod., 1998). Metoda se uporablja za konzerviranje mesa in rib ter jim daje značilno aromo in okus (Hattula in sod., 2001). Slabost uporabe tekočega dima je težje nadzorovanje procesa in visoki stroški procesa (Arvanitoyannis in Konstantinopoulos, 2012).

## **4.4 METODE DIMLJENJA**

### **4.4.1 Hladno dimljenje**

Tehnika hladnega dimljenja se je razvila v severni Evropi. Hladno dimljene ribe (Slika 6, levo) imajo zaradi nižjih temperatur dimljenja v notranjosti surovo meso. Pri hladnem dimljenju je zato še toliko bolj pomembna faza soljenja, saj z močnim soljenjem izboljšamo mikrobiološko varnost končnega izdelka. Hladno dimljenje ni metoda konzerviranja rib, če niso ustvarjeni primerni pogoji sušenja mesa. Z daljšim časom hladnega dimljenja ribe izgubijo dovolj vode, da so primerne za takojšnje uživanje brez kuhanja (Marianski S. in Marianski A., 2014).



**Slika 5: Hladno dimljenje filejev ameriških postrvi (levo) in toplo dimljenje celih ameriških (desno)**

Metoda hladnega dimljenja je definirana kot dimljenje rib pri temperaturi  $\leq 33$  °C. Pri teh pogojih ne pride do koagulacije proteinov in notranjost tkiva se toplotno ne obdelava do temperature, primerne za pasterizacijo. Čeprav je za večino drugih vrst hladno dimljene hrane priporočljiva naknadna toplotna obdelava, to ne velja za lososa (Arvanitoyannis in Konstantinopoulos, 2012). Za doseganje temperatur nižjih od 30 °C morajo biti ventili zraka do kurišča skoraj zaprti, da žagovina tli in ne gori. Če je zračni pretok premočen in temperatura previsoka, se površina rib zasuši in otrdi. Pod trdo površino so ribe surove zato podvržene notranjemu kvaru, saj voda iz notranjosti ne more izhajati. Zmanjša se tudi konzervirajoč učinek dimljenja, saj skozi trdo površino kemijske spojine dima ne morejo prehajati (Horner, 1997).

#### 4.4.2 Toplo dimljenje

Toplo dimljenje poteka pri temperaturi dima v območju med 55 °C in 80 °C. Toplo dimljeni izdelki so, odvisno od temperature, v notranjosti delno ali v celoti toplotno obdelani. Pri teh pogojih se poveča aktivnost dima, kar v primerjavi s hladnim dimljenjem omogoči krajši čas procesa. Izbira temperaturnega območja je v največji meri odvisna od lastnosti izdelka in zelenih senzoričnih lastnosti končnega izdelka, omejena pa je tudi z zagotavljanjem mikrobiološke varnosti izdelka (Woods, 2003). Kakovost končnega izdelka, obdelanega pri različnih temperaturah, se ne razlikuje, če je dosežena vsaj zahtevana središčna temperatura. Seveda je trajanje procesa odvisno od uporabljene temperature dimljenja. Odločitve glede parametrov soljenja, sušenja in dimljenja temeljijo na vrsti rib in vsebnosti maščobe, velikosti rib in oblike (cele ribe, razpolovljene ribe ali fileji) (Marianski S. in Marianski A., 2014).

Glede na priporočila Nacionalnega inštituta za javno zdravje (NIJZ, 2011) so ribe ustrezno toplotno obdelane, ko se središčna temperatura 63 °C ali več v ribjem mesu zadrži najmanj 15 sekund. V osnovi je toplo dimljenje sestavljeno iz treh korakov (Marianski S. in Marianski A., 2014):

1. Predhodna faza sušenja pri 30 °C. Koža otrdi, kar prepreči poškodbe kože. Za doseganje maksimalnega zračnega toka in odstranjevanje vlage se ventili zraka povsem odprejo. Faza traja od 30–60 minut.

2. Dotok gostega dima za 30–45 minut. Izhodni ventil dima ostane  $\frac{1}{4}$  odprt. Temperatura se postopoma poviša na temperaturo 50 °C.
3. Dvig temperature na 80–82 °C. Ribje meso je toplotno obdelano, ko središčna temperatura mesa doseže 63 °C in se zadrži pri tej temperaturi najmanj 30 minut. Odvisno od velikosti rib lahko ta faza traja od 30–60 minut.

#### 4.4.3 Primerjava toplega in hladnega dimljenja

Hladno dimljene ribe imajo rok obstojnosti v hladilnici (< 4 °C) omejen na dva do tri tedne, medtem ko se lahko tople dimljeni izdelki skladiščijo daljši čas. Metoda toplega dimljenja podaljša čas skladiščenja, a lahko zmanjša prehransko vrednost izdelka. Skladiščenje hladno dimljenih rib je omejeno predvsem zaradi mikrobiološke aktivnosti, medtem ko je skladiščenje tople dimljene ribe lahko omejeno zaradi lipidne oksidacije (Bligh in sod., 1988).

Besharati (2004) je v raziskavi primerjal prehranske, kemijske in mikrobiološke spremembe, ki nastanejo med predelavo in skladiščenjem pri temperaturi 6 °C, v hladno in tople dimljenih ameriških postrvih (*Oncorhynchus mykiss*). Postrvi so bile hladno dimljene po metodi, ki jo običajno uporabljajo na Islandiji, tople dimljene pa po metodi, podobni Iranski tradiciji.

Osnovna kemijska sestava svežih in dimljenih postrvi tega poskusa je prikazana v Preglednici 2. Pri tople dimljenih izdelkih je bila izguba vode večja kot pri hladno dimljenih izdelkih, kar je posledica dolge faze soljenja in sušenja. Med soljenjem in sušenjem se je pri obeh metodah zaradi izgube vode povečala vsebnost beljakovin. V fazi soljenja se je vsebnost soli hitreje povečala pri hladno kot pri tople dimljenih izdelkih. Vzrok za to je izbrana oblika izdelka (fileji za hladno dimljenje, cele ribe za tople dimljenje). Pri tople dimljenih izdelkih pa je vsebnost soli naraščala hitreje med sušenjem.

**Preglednica 2: Osnovna kemijska sestava svežih in dimljenih ameriških postrvi (Besharati, 2004)**

Parameter (g/100 g)	Cela riba	File ribe	Dimljene ribe po 2 tednih	
	pred toplim dimljenjem	pred hladnim dimljenjem	toplo dimljenje	hladno dimljenje
voda	74,05	74,48	63,53	67,03
beljakovine	22,01	20,88	27,22	23,48
maščoba	3,74	3,87	6,35	6,47
sol	0,52	0,46	2,06	1,31

Mikrobiološke analize so pokazale, da so hladno dimljeni izdelki bolj občutljivi na mikrobiološki kvar kot pakirani in nepakirani tople dimljeni izdelki. V hladno dimljenih izdelkih je bilo večje število aerobnih mezofilnih bakterij in mlečno kislinskih bakterij. Razlog za to je dejstvo, da temperatura ni zadostno visoka, da bi preprečila bakterijsko

rast, še posebej niso inaktivirane koliformne bakterije. Možen razlog je lahko tudi, da ribe pred obdelavo niso primerno očiščene (Beshirati, 2004). Omenjena raziskava je pokazala, da so ameriške postrvi dobra surovina za toplo dimljenje in da je 6 °C previsoka temperatura za skladiščenje dimljenih postrvi. Primerjava mikrobioloških in kemijskih parametrov ameriške postrvi, skladiščene pri 6 °C, je pokazala, da je toplo dimljena postrv po dveh tednih skladiščenja še vedno dovolj kakovostna za uživanje.

## 5 PAKIRANJE IN SKLADIŠČENJE

Dobra proizvodna praksa zahteva po dimljenju takojšnje hlajenje izdelka do temperature, ki ne presega 4 °C (Sikorski in sod., 1998). RIBE JE PO DIMLJENJU POTREBNO NAJPREJ HRANITI V HLADILNIKU (HLADILNICAH), DA SE OHLADIJO DO TEMPERATURE NIŽJE OD 10 °C (najboljše pod 4 °C), preden se zapakirajo. Preprečiti je potrebno naknadno kontaminacijo. Vse delovne površine morajo biti popolnoma čiste, prostor za pakiranje pa mora biti ločen od prostora za predelavo surovin, da se prepreči možnost navzkrižne kontaminacije (Mills, 2001). Izjema so toplo dimljene ribe, namenjene vakuumske pakiranju. V primeru, da bi bile ribe po toplem dimljenju shranjene v hladilniku in nato vakuumsko pakirane, bi se lahko v embalažni enoti oblikovala kondenzirana vlaga. Take ribe morajo biti torej vakuumsko pakirane pri sobni temperaturi, da se izognemo kondenzaciji oziroma kristalom ledu v zamrznjeni embalažni enoti (Bannerman, 2001).

### 5.1 NAČINI PAKIRANJA

S pakiranjem v vakuumu (Slika 8) se čas obstojnosti rib lahko podaljša tako, da se zmanjša koncentracija kisika in posledično omeji vse procese, ki zahtevajo kisik, npr. rast aerobnih bakterij in oksidacijo lipidov (Lyhs, 2002). Vakuumsko pakiranje lahko spremeni sestavo mikroflore dimljenih rib, saj spodbuja razmnoževanje mlečno kislinskih bakterij in na ta način zmanjša pH v tkivu rib (Doe in sod., 1998). Za vakuumsko pakiranje vroče dimljenih izdelkov se lahko uporabljajo različni materiali, kot sta karton in polietilen. Vroče dimljeni izdelki se lahko tudi zamrznejo in so tako pri -30 °C obstojni več kot 6 mesecev (Arvanitoyannis in Konstantinopoulos, 2012).



Slika 6: Vakuumsko pakirani hladno dimljeni fileji ameriške postrvi

S pakiranjem v modificirani atmosferi (MAP) se zrak v embalaži nadomesti z mešanico plinov, običajno s kombinacijo ogljikovega dioksida, dušika in kisika. Razmerje med posameznimi plini se med skladiščenjem počasi spremeni in ni nadzorovano (Cann, 2001a). Pri pakiranju v modificirani atmosferi se v atmosferi nad izdelkom pogosto zmanjša koncentracija O<sub>2</sub> in poveča koncentracija CO<sub>2</sub>. Poznan je antimikrobni vpliv CO<sub>2</sub>, saj zmanjša vrednost pH, zavira delovanje encimov, ki katalizirajo dekarboksilacijo, pospešuje razpad celičnih membran in prerazporeditev lipidov. Potencialno tveganje, povezano z MAP, je pomanjkanje nekaterih indikatorjev kvara, kot je trimetilamin. Anaerobni patogeni se lahko pospešeno razmnožujejo, brez da bi znake njihove rasti potrošniki lahko zaznali. Pri pakiranju MAP morajo biti mešanice plinov, temperatura skladiščenja in čas uporabnosti testirani za vsak izdelek posebej (Yean in sod., 1998). Pakiranje MAP je problematično predvsem zaradi rasti bakterij *Clostridium Botulinum* tipa B, E in F, še posebej v izdelkih dimljenih v pogojih, ki zagotavljajo optimalne senzorične lastnosti (majhna slanost in izrazita sočnost). Vendar pa raziskovalci ugotavljajo, da se toksini botulizma lahko generirajo tako v vakuumsko pakiranih dimljenih ribah kot tudi v odprtih embalažah (Sikorski in sod., 1998).

## 5.2 SKLADIŠČENJE

Skladiščenje dimljenih rib je v primerjavi s svežimi daljše zaradi kombinacije zmanjšane vodne aktivnosti izdelka ter večjega vnosa antioksidativnih in baktericidnih spojin dima v izdelek. Tradicionalno dimljenje prestavi začetek avtooksidacije lipidov iz 4 dni (brez dimljenja) na približno 50 dni po dimljenju (Horner, 1997). Na splošno pa velja, da je trajanje skladiščenja dimljenih rib odvisno od začetne bakterijske kontaminacije surovine, od zmanjšanja vrednosti  $a_w$  tkiva, soljenja in sušenja, učinkovitosti inaktivacije mikroflore med procesom segrevanja, količine komponent dima, ki prodirajo v izdelek, od temperature in vlažnosti zraka ter od dostopnosti kisika med skladiščenjem (Sikorski in sod., 1998).

Dimljene postrvi morajo biti v celotni distribucijski verigi ohlajene ali zamrznjene, brez nihanja temperature. Pravilno pakirana zamrznjena dimljena postrv, skladiščena pri -30 °C, bo tako ohranila dobro kakovost od 6 mesecev do 12 mesecev (Mills, 2001; Arvanitoyannis in Konstantinopoulos, 2012).

## 6 KAKOVOST IN ZDRAVSTVENA TVEGANJA

### 6.1 KEMIJSKA SESTAVA IN PREHRANSKA VREDNOST

Proces dimljenja lahko vpliva na prehransko vrednost dimljenih rib predvsem z zmanjševanjem dostopnosti visokovrednih proteinov. Večina sodobnih procesov dimljenja ne vključuje zadosti visokih temperatur, navzkrižnega povezovanja (ang. *crosslinking*) proteinov in reakcij porjavenja, ki bi zmanjšale biološko vrednost proteinov. Znano je, da

veliko komponent dima reagira z aminokislinami in proteini v hrani. Karbonili in fenolne spojine reagirajo z lizinom, argininom, metioninom in z drugimi žveplo-vsebujočimi aminokislinami. Kljub temu so te izgube relativno zanemarljive (Horner, 1997). Večina komponent dima se namreč akumulira na zunanem sloju rib in ne prodre več kot 1 milimeter pod kožo (Sikorski in sod., 1998).

Izguba mase pri posameznih fazah priprave dimljene postrvi je približno 10 % med odstranjevanjem drobovja, 6 % med soljenjem in 16 % med dimljenjem. Skupni izkoristek predstavlja približno 74 % mase cele ribe (Mills, 2001). Soljenje rib pred dimljenjem povzroči, odvisno od koncentracije slanice in časa soljenja, določeno izgubo proteinov zaradi izcejanja v solnico. Vendar se izgube proteinov nadomestijo z zmanjšanjem vsebnosti vode zaradi izhlapevanja in odcejanja (Sikorski in sod., 1998).

## 6.2 ZDRAVSTVENA TVEGANJA

### 6.2.1 Mikrobiološka tveganja

Dimljeni izdelki lahko vsebujejo mikrobnе toksine, katerih izvor je začetna surovina ali pa so posledica mikroflore, ki je preživela procesiranje in je aktivna med skladiščenjem izdelka. Tako so dimljeni izdelki lahko tudi gojišče za patogene mikroorganizme (Zdzisław in sod., 2015). Na učinkovitost konzerviranja dimljenja najbolj vplivajo ravnanje s surovino, temperatura med procesom, vrednost  $a_w$  ribe, lastnosti dima in čas dimljenja (Goulas in Kontominas, 2005). Prvotna mikroflora rib vključuje bakterije, kot so *Plesiomonas shigelloides*, *Vibrio parahaemolyticus*, *V. cholerae*, *V. vulnificus*, *Cl. botulinum* in *Listeria monocytogenes*. V dimljenih ribah so kot posledica kontaminacije lahko prisotne še bakterije *Staphylococcus aureus* in *Listeria monocytogenes*, živalskega ali človeškega izvora ter *Salmonella*, *Shigella* in *E. coli* (Huss, 2003). Med skladiščenjem v dimljenih izdelkih prevladujejo psihotropne mlečnokislinske bakterije (MKB). MKB v živilih vključujejo vrste *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Paralactobacillus*, *Pediococcus* in *Streptococcus* (Lyhs, 2002).

Pri toplem dimljenju je učinek pasterizacije odvisen od velikosti in priprave, vsebnosti vode v ribah ter od časa in temperature dimljenja in toplotne obdelave. Za najbolj učinkovito uničenje mikroflore, relativna vlažnost dima ne sme biti manjša od 70 % (Southcott in Razell, 1973).

#### 6.2.1.1 *Listeria monocytogenes*

Vaz-Velcho in sod. (2001) so ugotovili, da pri hladnem dimljenju temperatura dima (< 30 °C), koncentracija soli (3–5 %) in nizke temperature shranjevanja (4–6 °C) niso učinkovita ovira za rast bakterije *L.monocytogenes*. Bakterija *L. monocytogenes* zaradi svoje



fakultativno anaerobne in psihotropne narave zlahka kontaminira vakuumsko pakirane, hladno dimljene izdelke, namenjene uživanju brez predhodne toplotne obdelave.

V dimljenih izdelkih lahko bakterija *Listeria monocytogenes* izvira iz originalne bakterijske populacije, ki je preživela postopek dimljenja, ali pa je posledica naknadne kontaminacije, predvsem med rezanjem izdelkov. Hitrost rasti te bakterije je odvisna od kondicije in števila populacije, predvsem pa od temperature in vodne aktivnosti izdelka (Dillion in Patel, 1992).

#### 6.2.1.2 *Clostridium botulinum*

Obstaja sedem tipov bakterije *Clostridium botulinum*, ki so poimenovani od A do G. Za ljudi so nevarni tipi A, B, E in F, ki povzročajo smrtno nevarno bolezen botulizem. Pri uživanju hrane, ki je okužena s toksinom, je napaden živčni sistem, kar lahko povzroči smrt že v nekaj urah. Za tvorbo toksina *Clostridium botulinum* so potrebni naslednji pogoji: bakterija mora biti prisotna v ribi, za rast ji morajo ustrezati trajanje in temperatura skladiščenja ter kemijska sestava izdelka. Če je okužena že surova riba, se lahko okužba zmanjša z odstranitvijo črevesja in škrg ter z umivanjem trebušne votline za 90 %. Zelo pomembno je tudi stradanje rib 1–3 dni pred zakolom, ker ribe z izpraznjenim črevesjem povzročijo manjšo kontaminacijo med procesom. Ljudem škodljivi toksin se lahko razvije pri temperaturi 5 °C, izdelek pa postane toksičen v 31 dneh. Zato je zelo pomembno, da so ribe takoj po ulovu ohlajene in da je temperatura v vseh fazah procesa manjša kot 4 °C. Toksin se zlahka uniči s toplotno obdelavo, saj ne preživi dveh minut pri temperaturi 70 °C (Cann, 2001b).

### 6.2.2 Zdravju škodljive komponente v dimu

Zdravstvena tveganja lahko povzročijo tudi komponente dima, ki se nalagajo na površino živila in njihove interakcije z živilom. Zakonsko večine komponent dima v čisti obliki ni dovoljeno dodajati živilom. Vendar se dimljeni izdelki smatrajo kot varna živila (GRAS), saj je koncentracija in toksičnost teh komponent dima v dimljenih živilih majhna (Zdzisław in sod., 2015).

Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH) so komponente dima, ki predstavljajo zdravstveno tveganje za potrošnika in katerih vsebnost je v dimljenih živilih zakonsko omejena (Lorenzo in sod., 2011). Med PAH je veliko zelo kancerogenih snovi. V dimu so odkrili 27 vrst različnih PAH. Pri vročem dimljenju se tvori osemkrat do devetkrat več 3,4-benzo(a)pirena (BaP) kot pri hladnem dimljenju. Največ BaP se tvori v zadnji, najbolj vroči fazi dimljenja (70–80 °C). S povečanjem gostote dima in odstranjevanjem trdih delcev med dimnim generatorjem in komoro, se odstrani veliko PAH in poveča intenzivnost dimne arome končnega izdelka. Velike izboljšave se lahko dosežejo s povečanjem razdalje med kuriščem in komoro (Horner, 1997). Za indikatorje rakotvornosti

so predlagali različne spojine PAH. BaP velja za zelo mutageno in kancerogeno spojino. Ugotovili so, da je velika vsebnost BaP v dimljenem mesu zelo povezana s prisotnostjo tudi večine drugih kancerogenih PAH (Lorenzo in sod., 2011). Mejna vrednost BaP v dimljenih ribah in dimljenih ribiških proizvodih je 5,0 g/kg izdelka (Uredba Komisije (ES) št. 1881/2006).

Visciano in sod. (2008) so določali vpliv različnih tehnik dimljenja na vsebnost PAH v gojenih šarenkah (*Oncorhynchus mykiss*). Uporabili so tehniko tradicionalnega dimljenja in tehniko aromatiziranja s tekočim dimom. Ocenjevali so tudi ali ribja koža lahko predstavlja oviro pred vdorom PAH, zato so vzorce dimili kot cele ribe in kot fileje. V primeru aromatiziranja s tekočim dimom so vse vzorce dimili samo kot fileje. V tej raziskavi se vsebnost PAH v ribjih filejih po dimljenju ni povečala. Različni tehniki dimljenja se nista razlikovali, z izjemo krizena (CHR) in benzo(b)fluorantena (BbFA). Prav tako ni bilo opaznih razlik med fileji, ki so bili s tekočim dimom poškopljani po mišicah in tistimi, poškopljenimi po koži. V vsebnosti PAH tudi ni bilo razlik med dimljenimi in svežimi fileji, z izjemo BbFA (fileji šarenk so bili že pred obdelavo naravno kontaminirani s PAH). V vseh vzorcih je bila največja koncentracija antracena, fluorantena in pirena.

### 6.2.3 Kemijski kvar

Kemijski kvar je rezultat encimske aktivnosti in ne-encimskih reakcij, kot sta oksidacija lipidov in Maillardova reakcija. Glavna posledica kemijskega kvara so spremembe v aromi in barvi, zaradi oksidacije, lipolize in toplote. Te spremembe so lahko inducirane s svetlobo, kovinskimi ioni ali s prekomerno toploto med procesom ali skladiščenjem (Huss, 1994). Posledica razkroja lipidov je razvoj neprijetnega vonja in arome, medtem ko oksidativna žarkost vpliva na prehransko kakovost rib, predvsem na dostopnost proteinov (Bligh in sod., 1988).

## 7 SENZORIČNE LASTNOSTI DIMLJENIH IZDELKOV

Značilna barva, aroma in okus dimljenih rib se oblikuje s komponentami dima, medtem ko so tekstura, sočnost in slanost odvisni od lastnosti surovine in procesnih parametrov (Zdzisław in sod., 2015).

**Izgled in tekstura dimljenih izdelkov** sta močno odvisna od kakovosti surovine in nadzora procesnih parametrov, kot so soljenje, čas, temperatura in hitrost zraka v dimni komori. Nekatere komponente dima, kot je formaldehid, vplivajo na denaturacijo mišičnih proteinov (Horner, 1997). Izmed dejavnikov kakovosti surovine je najpomembnejša zgradba mesa (npr. vsebnost maščob, aktivnost encimov in dovzetnost za bakterijski kvar) (Sikorski in sod., 1998). Glavni dejavniki, ki vplivajo na teksturo (Woods, 2003) so obseg in hitrost izgube vode, vsebnost maščobe in njeno prehajanje, obseg denaturacije

strukturalnih in povezovalnih vezivnih proteinov in obseg avtolize, predvsem proteolize. Večja izguba vode (izceja, izhlapevanje) povzroči bolj čvrsto teksturo izdelka, medtem ko hitrejša izguba vode povzroči večjo razliko v teksturi med notranjostjo in površino izdelka – kar se občuti kot rob. Živila z več maščobe so bolj sočna. Denaturacija strukturalnih in povezovalnih vezivnih proteinov je obsežnejša pri višjih temperaturah in večji vsebnosti soli; močnejša denaturacija povzroči bolj čvrsto teksturo. V ribah, katerim ni odstranjeno črevo, se hitreje začnejo procesi avtolize; obsežnejša proteoliza povzroči mehkejšo teksturo.

**Barva dimljenih rib** je odvisna predvsem od barve kože rib, trajanja procesa dimljenja in vrste uporabljenega lesa (Marianski S. in Marianski A., 2014). Vpliv komponent dima na barvo izdelkov je odvisen od nalaganja barvnih komponent dima, njihovih sprememb med segrevanjem in skladiščenjem ter od njihovih interakcij s površino izdelka. Sprememba barve je še posebej dobro opazna na prvotno belo-sivih trebušnih predelih rib (Zdzisław in sod., 2015). Ribe se med procesom dimljenja obarvajo zaradi karbonil-aminske reakcije Maillardovega tipa (Horner, 1997). Hitrost Maillardove reakcije se poveča pri povečani temperaturi, zato zvišanje temperature povzroči temnejše obarvanje izdelkov (Zdzisław in sod., 2015). Kemijska sprememba med dimljenjem, ki vpliva na barvo, je tudi polimerizacija fenolov. Pomembno vlogo pri oblikovanju barve ima količina odloženih komponent dima na površini izdelka (Zdzisław in sod., 2015).

Večina arome po dimu nastane z nalaganjem komponent dima na površino izdelka (Zdzisław in sod., 2015). Splošno mnenje je, da fenolne spojine pomembno prispevajo k značilni aromi dimljenih rib (Horner, 1997). Med pomembne fenole, ki oblikujejo v dimljenih živilih edinstveno dimno aromo, sodijo 4-metil-gvajakol, gvajakol in evgenol. Zdzisław in sod. (2015) navajajo tudi 4-metilsiringol, 4-alilsiringol in trans-izoevgenol. Tudi druge vrste hlapnih spojin v dimu so pomembne, npr. pirazini, laktoni, karbonilne spojine in furani (Woods, 2003; Zdzisław in sod., 2015). Nizko molekularne frakcije v manjših koncentracijah so najbolj odgovorne za aromo dimljenih rib. Večje koncentracije teh nizko molekularnih frakcij veljajo za povzročitelje manj zelenih not, po zažganem ali fenolih (Horner, 1997).

## 8 POVZETEK

Ustrezna priprava postrvi pred dimljenjem in izbira postopka dimljenja pomembno vplivata na kakovost dimljenih rib, ki bodo tudi primerne za dolgotrajno shranjevanje. Dimljene ribe je priporočljivo hraniti pri temperaturah pod 4 °C; hladno dimljene postrvi imajo krajši rok uporabnosti od toplo dimljenih.

Začetna kakovost rib, rokovanje z njimi med postopki pred dimljenjem, izbrana metoda dimljenja in pogoji skladiščenja vplivajo na kakovost končnega izdelka. Vzrok za večino manj kakovostnih dimljenih rib je slabo rokovanje pred in po dimljenju ali začetna izbira rib slabe kakovosti (Horner, 1997).

Cilj proizvajalcev dimljenih izdelkov bi moral biti zagotoviti zahtevano kakovost, senzorične lastnosti izdelkov brez razlik med posameznimi proizvodnimi serijami. V ta namen in namen proizvodnje varnih in zdravih izdelkov z zelenimi senzoričnimi lastnostmi so se oblikovali naslednji trendi (Doe in sod., 1980):

- uporaba dobre higienske prakse (po sistemu HACCP);
- skrajšanje časa dimljenja;
- preprečevanje nalaganja katrana na dimljenih ribah;
- zadrževanje temperature generiranja dima med 350 °C in 400 °C, zaradi proizvodnje priporočenih zelenih komponent dima in izogibanja nastajanju PAH.

V slovenski akvakulturi največ gojimo prav postrvi. Glede na kemijsko sestavo so postrvi ustrezne za dimljenje in bi se lahko v prihodnosti tržile kot slovenska specialiteta. Z dimljenjem postrvi dobijo dodano vrednost. Iz njih lahko pripravimo različne kulinarične jedi, kot so razni namazi, juhe, omake, paprikaš, ragu. Največkrat pa jih ponudimo kot delikateso v obliki narezka, ob dodatku kaper, oliv, svežega paradižnika, sira ter olivnega olja. Ugotavljam, da so dimljene postrvi in izdelki narejeni iz njih v slovenski gastronomiji zastavljene in zelo slabo poznane, še posebno med mlajšimi generacijami.

## 9 VIRI

- Arvanitoyannis I.S., Konstanopoulos K.V. 2012. Smoking of fish and seafood: history, methods and effects on physical, nutritional and microbiological properties. *Food and Bioprocess Technology*, 5: 831-853
- Bannerman A. McK. 2001. Hot smoking of fish. Torry Advisory Note No. 82. Aberdeen, Torry Research Station: 3 str.  
<http://www.fao.org/3/x5953e/x5953e00.htm> (20.maj. 2019)
- Besharati N. 2004. Preliminary observations of nutritional and microbiological changes of hot and cold smoked trout (*Onchorhynchus mykiss*). Reykjavik, The United Nations University, Fisheries Training Programme: 51 str.
- Bligh E.G., Shaw S., Woyewoda A.D. 1988. Effect of drying and smoking on lipids of fish. V: Fish smoking and drying. Burt J.R. (ur.). London, Elsevier Applied Science: 41-52
- Cann D.C. 2001a. Hot smoking of fish. Torry Advisory Note No. 88. Aberdeen, Torry Research Station: 1 str.  
<http://www.fao.org/3/x5956e/x5956e00.htm#Contents> (20. maj 2019)
- Cann D.C. 2001b. Botulism and fishery products. Torry Advisory Note No. 22. Aberdeen, Torry Research Station: 1 str.  
<http://www.fao.org/3/x5902e/x5902e00.htm> (20. maj 2019)
- Cvrtila Ž., Kozačinski L. 2006. Kemijski sastav mesa riba. *Meso*, 7, 6: 365-370
- Doe P., Slikorski Z., Haard N., Olley J., Pan B.S. 1998. Basic principles. V: Fish drying and smoking: production and quality. Doe P. E. (ur.). Boca Raton, CRS Press: 13-45
- Dillion R.M., Patel T.R. 1992. Listeria in seafood: a review. *Journal of Food Protection*, 55, 12: 1009-1015
- Goulas A.E., Kontominas M.G. 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93: 511-520
- Grau R., Andres A., Barat J.M. 2015. Principles of drying. V: Handbook of fermented meat and poultry. 2<sup>nd</sup> ed. Toldra F. (ur.). Chichester, John Wiley & Sons: 31-38
- Hattula T., Elfving K., Mroueh U. M., Luoma T. 2001. Use of liquid smoke flavouring as an alternative to traditional flue gas smoking of rainbow trout fillets (*Oncorhynchus mykiss*). *LWT-Food Science and Technology*, 34: 521-525
- Horner W. F. A., 1997. Preservation of fish by curing (drying, salting and smoking). V: Fish processing technology. 2<sup>nd</sup> ed. Hall G. M. (ur.). London, Chapman & Hall: 33-72

- Huss H.H. 1994. Assurance of seafood quality. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 169 str.  
<http://www.fao.org/3/T1768E/T1768E00.htm> (5. april 2019)
- Huss H.H. 2003. Assessment and management of seafood safety and quality. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations: 432 str.  
[http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/DOCREP/006/Y4743E/Y4743E00.HTM](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/Y4743E/Y4743E00.HTM) (10.junij. 2019)
- Levstek S., Omerzu S., Šmid A., Kristofič T. 2002. Dimljenje rib dimljenje in priprava jedi. Ljubljana, Racoon d.o.o.: 127 str.
- Lorenzo J. M., Purrinos L., Bermudez R., Cobas N., Figueiredo M., Garcia-Fontan M.C. 2011. Polycyclic aromatics hydrocarbons (PAHs) in two Spanish traditional smoked sausage varieties: »Chorizo gallego« and »Chorizo de cebolla«. Meat Science, 89: 105-109
- Lyhs U. 2002. Lactic acid bacteria associated with the spoilage of fish product. Academic dissertation. Helsinki, Faculty of Veterinary Medicine, University of Helsinki: 77 str.
- Marianski S., Marianski A. 2014. Curing and smoking fish. Seminole, Bookmagic LLC: 268 str.
- Mills A. 2001. Handling and processing rainbow trout. Torry Advisory Note No. 74. Aberdeen, Torry Research Station: 2 str.  
<http://www.fao.org/3/x5945e/x5945e00.htm> (20.maj. 2019)
- NIJZ. 2016. Toplotna obdelava in pogrevanje živil. Ljubljana, Nacionalni inštitut za javno zdravje: 2 str.  
<https://www.nijz.si/sl/toplotna-obdelava-in-pogrevanje-zivil> (10. april 2019)
- Uredba Komisije (ES) št. 1881/2006 z dne 19. decembra 2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. 2006. Uradni list Evropske unije, L 364: 5-24
- Sikorski Z., Haard N., Motohiro T., Pan B.S. 1998. Quality. V: Fish drying and smoking: production and quality. Doe P.E. (ur.). Boca Raton, CRS Press: 89-115
- Southcott B.A., Razzell W.E. 1973. *Clostridium batulinum* control in cold-smoked salmon: a review. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 30: 631-641
- Vaz-Velcho M., Duarte G., McLaughlin J., Gibbs P. 2001. Characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from production lines of fresh and cold-smoked fish. Journal of Applied Microbiology, 91: 556-562
- Veljkovič S. 2003. Ribe na 150 načinov. 8. ponatis. Ljubljana, Ara: 225 str.
- Visciano P., Perugini M., Conte F., Amorena M. 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by traditional flue gas

smoking and by liquid smoke flavourings. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 1409-1413

Zdzisław E., Sinkiewicz S., Sinkiewicz I. 2015. Principles of smoking. V: *Handbook of fermented meat and poultry*. 2<sup>nd</sup> ed. Toldra F. (ur.). Chichester, John Wiley & Sons: 39-45

Yean Y.S., Pruthiarenun R., Doe P., Motohiro T., Gopakumar K. 1998. Dried and smoked fish products. V: *Fish drying and smoking: production and quality*. Doe P.E. (ur.). Boca Raton, CRS Press: 47-87

Woods L. 2003. Smoked foods. V: *Encyclopedia of Food sciences and nutrition*. 2<sup>nd</sup> ed. Vol. 8. Caballero B., Trugo L. C., Finglas P.M. (ur.). Amsterdam, Academic Press: 5296-5301

## ZAHVALA

Za praktični prikaz, razlago dimljenja postrvi in možnosti fotografiranja procesov toplega in hladnega dimljenja, se iskreno zahvaljujem zaposlenim v ribogojnici Goričar, ter Mitju Zapanu- ribogojnica Zupan & Zupan. Za pomoč se zahvaljujem mentorici prof. Lei Demšar, za moralno podporo pa mojim staršem in prijateljem; Ani Vrhovnik, Emi Herlec, Galu Hubru, Juliji Pečnikar, Muju Alidžanoviću, Neži Podlogar in Nini Luković.