

Dr hab. inż. Elżbieta BILLER, prof. PWSiP
Prof. dr hab. inż. Bożena WASZKIEWICZ-ROBAK
Inż. Łukasz LESZCZEWSKI
Wydział Informatyki i Nauk o Żywności
Państwowa Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży

OCENA CECH JAKOŚCIOWYCH RYB ŚWIEŻYCH I MROŻONYCH PO OBRÓBCE TERMICZNEJ – BADANIA PILOTAŻOWE®

Evaluation of the quality features of raw and frozen fish after heat treatment
– pilot investigations®

Słowa kluczowe: ryby świeże i mrożone, obróbka termiczna, wydajność, zawartość składników odżywczych, jakość sensoryczna.

W pracy zaprezentowanej w artykule przeprowadzono pilotażową ocenę wybranych cech jakościowych przykładowych mrożonych filetów rybnych zakupionych na podlaskim rynku. Filety te po rozmrożeniu poddano różnym rodzajom obróbki termicznej. Równolegle dokonano oceny analogicznych cech jakościowych przykładowych ryb świeżych oraz zamrożonych w warunkach laboratoryjnych, poddając je obróbce termicznej w tych samych warunkach. Panga zakupiona na lokalnym rynku w stanie zamrożonym, a następnie rozmrożona w warunkach laboratoryjnych, zmieniała się w stosunku do surowca, po poddaniu obróbce termicznej, w inny sposób niż pstrąg zamrożony w warunkach laboratoryjnych i poddany tym samym metodom obróbki. Wydajność pangi zamrożonej przemysłowo była istotnie niższa po obróbce niż pstrąga świeżego i zamrożonego. Pstrąg świeży był najlepszy opiekany, natomiast najgorszy – po pieczeniu w folii. Analogicznie został oceniony pstrąg mrożony. Panga mrożona była najatrakcyjniejsza po smażeniu, natomiast najniżej oceniono ją po pieczeniu bez folii. Należałoby przeprowadzić na szeroką skalę analizę cech jakościowych ryb zamrożonych oferowanych na polskim rynku. Mogłoby to zwrócić uwagę producentom, dystrybutorom i sprzedawcom ryb na monitorowanie historii łańcucha chłodniczego. Polepszenie cech jakościowych ryb mrożonych w dalszej perspektywie mogłoby się przyczynić do zwiększenia sprzedaży i konsumpcji ryb w Polsce.

Key words: fresh and frozen fish, thermal treatment, efficiency, nutrient content, sensory quality.

In the work presented in the article, a pilot assessment of selected quality features of examples of frozen fish fillets, purchased on the local market in Podlasie, was conducted. The filets after defrosting were heated in various types of thermal treatment. Simultaneously the analogue evaluation of quality features was carried out in the raw fish as well as frozen in laboratory conditions, which were the same in both cases. The fish was heated at the same conditions as market's filets. Basa fish, having been bought as a frozen filet on a local market and then defrosted in a laboratory, was changing after cooking in comparison with raw material in a different way than a trout that was frozen and defrosted in laboratory and that underwent the same type of heat treatment. Efficiency of the basa fish, frozen in industrial process, was significantly lower after heating than the efficiency of a raw trout as well as frozen in a laboratory. The unfrozen trout was after heat treatment the best as roasted, and the worst – after baking wrapped in an aluminium foil. Analogously was evaluated after cooking the trout, frozen in the laboratory. The basa fish was the most attractive after frying, though, obtained the lowest quality after baking without foil. It would be necessary to conduct investigations of frozen fish on the Polish market on a wide scale. It could pay attention of the producers, distributors and fish sellers to monitoring of the history of frozen chain. The improvement of the quality of frozen fish, could increase in the long run selling and consumption of fish in Poland.

WSTĘP

Publikacje naukowe oraz dane FDA wskazują, że średnie spożycie ryb na świecie rośnie z roku na rok. Od 1990 r. wzrosło z 1,2 kg/osobę/miesiąc (kg/os/m) do około 1,7 kg/os/m w 2015 i 2016 r. [5, 6]. Pomimo ogólnego wzrostu notowanego na świecie w Polsce jest tendencja odwrotna. Z danych Głównego Urzędu Statystycznego [3, 4, 7] wynika, że spożycie ryb i owoców morza w Polsce maleje. Wartość średnia

spożycia tej grupy żywności w latach 2003–2012 wynosiła 0,43 kg/os/m, natomiast w roku 2018 już tylko 0,28 kg/os/m. Jednocześnie te same dane wskazują, że w latach 2010–2018 z powodu chorób układu krążenia zmarło średnio 173 002 osób z ogólnej liczby 386 041, co stanowi przyczynę blisko 45% wszystkich zgonów.

W ogólnodostępnej publikacji Instytutu Żywności i Żywienia pt. „Piramida zdrowego żywienia i aktywności fizycznej”

zaleca się ograniczanie spożycia mięsa, zwłaszcza czerwonego i zastępowanie go obok nasion roślin strączkowych oraz jaj – właśnie rybami. Rekomenduje się spożywanie ryb minimum dwa razy w tygodniu. W publikacji tej podaje się dodatkowo informację dotyczącą dobroczynnego wpływu składników zawartych w rybach morskich na organizm człowieka jako czynnika chroniącego przed miażdżycą, zawałami serca i udarami mózgu [8]. Informacje takie potwierdzają różni autorzy, np. Alhassan i wsp. [1] oraz Atef i Ojagh [2].

Biorąc pod uwagę częstotliwość spożycia ryb w Polsce oraz procentową liczbę zgonów z powodu chorób układu krążenia należy stwierdzić, że informacje dotyczące dobroczynnego oddziaływania ryb na organizm człowieka nie przynoszą spodziewanego efektu. Przyczyn zbyt małego spożycia ryb jest na pewno kilka, ale prawdopodobnie jedną z nich jest cena. Ryby są droższe w porównaniu z mięsem zwierząt rzeźnych. W sierpniu 2019 roku przeciętna cena schabu wieprzowego bez kości wynosiła około 18 zł/kg, kurcząt patroszonych – poniżej 8 zł/kg, natomiast 1 kg mrożonego fileta z morszczuka – około 26 zł [7]. Taka cena może dla wielu konsumentów być zbyt wysoka, głównie dlatego, że za wysoką cenę jednego kilograma zamrożonej ryby uzyskuje się realnie znacznie mniejszą masę od zakupionej, która ponownie „znika” po obróbce termicznej.

Być może przywiązuje się zbyt małą wagę do sposobu dystrybucji i przechowywania ryb mrożonych. Przy braku zachowania łańcucha chłodniczego może nastąpić naprzemienny wzrost i spadek temperatury, co spowoduje niekorzystne zmiany w tkankach: mikrobiologiczne, biochemiczne i fizyczne [10, 11, 12, 13, 15] oraz wpłynie na pogorszenie się jakości mięsa po obróbce termicznej. Mięso ryb jest szczególnie „wrażliwe” na takie zmiany, ponieważ szybko się psuje [9].

Na potrzeby tej pracy przeprowadzono pilotażową ocenę wybranych cech jakościowych przykładowych mrożonych filetów rybnych zakupionych na lokalnym, podlaskim rynku. Filety te po rozmrożeniu poddano różnym rodzajom obróbki termicznej. Równolegle dokonano oceny analogicznych cech jakościowych przykładowych ryb świeżych oraz zamrożonych w warunkach laboratoryjnych, poddając je obróbce termicznej w tych samych warunkach.

MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Podstawowym materiałem do badań były pstrągi tęczowe (*Oncorhynchus mykiss*) zakupione jako świeże w podlaskim gospodarstwie rybnym. Średnia długość pstrągów wynosiła 23 ± 3 cm, a masa pojedynczej sztuki od 227 do 362 g, co dawało średnią na poziomie $294,5 \pm 67,5$ cm. Ryby oczyszczono ręcznie i podzielono na porcje. Połowa wszystkich porcji została zamrożona na okres dwóch tygodni (temperatura -18°C), aby ocenić wpływ zamrażania na cechy jakościowe gotowego produktu w porównaniu z rybą świeżą. Drugą połowę surowca świeżego, bezpośrednio po oczyszczeniu, poddano obróbce termicznej.

Ponadto materiałem do badań były filety mrożone przemysłowo pozyskane z pangii (*Megalaspis cordyla*), sprzedawane „na wagę”, zakupione w lokalnym podlaskim markecie. W sklepie przechowywane były w warunkach zamrażalniczych. Producent, skład glazury, ewentualne zabiegi przedłużające trwałość mięsa znane są z literatury [9, 11, 13, 15]. Średnia długość filetów w stanie zamrożenia wynosiła

30 ± 3 cm, a ich masa od 235 do 319 g. Pangę wykorzystano jako przykład ryby zamrożonej w warunkach przemysłowych. Ostatecznie ocenie poddano:

- materiał surowy nieobrobiony termicznie (próba kontrolna),
- ryby po poddaniu obróbce termicznej:
 - ◆ w piecu konwekcyjno–parowym (opcja z nawilżeniem parą; piec Retigo Vision typ RP (UE); temperatura obróbki 210°C ; temperatura końcowa produktu 75°C);
 - ◆ ryby pieczone w piecu konwekcyjno–parowym zawinięte w folię aluminiową (te same warunki obróbki);
 - ◆ ryby poddane panierowaniu i smażeniu (smażenie kontaktowe z dodatkiem oleju rzepakowego; temperatura końcowa produktu 75°C);
 - ◆ ryby obrobione przy udziale opiekacza kontaktowego dwustronnego z dolną i górną płytą grzejną (opiekacz Silex (Niemcy); temperatura obróbki 210°C ; temperatura końcowa produktu 75°C).

Do oceny cech jakościowych ryb zastosowano następujące metody badawcze: wydajność (metoda wagowa; wartości odniesienia była masa surowca przed obróbką), orientacyjna zawartość wody, białka i tłuszczu (metoda bliskiej podczerwieni; Foodscan (Foss, Dania)), cechy organoleptyczne (10–cio punktowa niestrukturowana skala hedoniczna; stosowane wyróżniki – ogólna jakość (z określeniami brzegowymi: bardzo niska do bardzo wysoka), konsystencja (niejednolita, rozpadająca się do jednolita, zwarta), stopień wysuszenia tkanki (odpowiednio nawilżona i niewysuszona do sucha, nieswoista), obecność wody w tkance (woda wypływająca z tkanki do odpowiednio nawilżona, nieciekna). Rybę smażoną badano po usunięciu panierki.

Wszystkie próby do obróbki termicznej przygotowywano w co najmniej trzech powtórzeniach. Tyle samo powtórzeń zastosowano do badań instrumentalnych. Ocenę sensoryczną przeprowadzał 10–cio osobowy zespół przeszkolony w zakresie stosowanych metod.

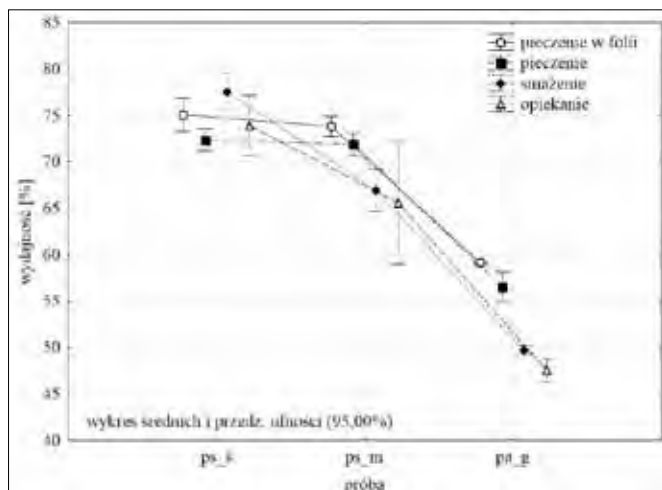
ANALIZA STATYSTYCZNA

Wyniki badań poddano analizie statystycznej w programie Statistica 10.0. Zastosowano następujące metody statystyczne: analizę wariancji (ANOVA), analizę czynnikową (FA) oraz analizę składowych głównych (PCA).

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wydajność ryb

Wydajność ryb [%] w stosunku do surowca, otrzymaną po obróbce termicznej, przedstawiono na rysunku 1. Na podstawie analizy wariancji ANOVA ($p=0,05$) stwierdzono, że wydajność pangii mrożonej przemysłowo, a następnie obrobionej termicznie była istotnie mniejsza od wydajności obrobionego pstrąga świeżego i zamrożonego w warunkach laboratoryjnych.



Rys. 1. Wydajność ryb po obróbce termicznej w stosunku do masy przed obróbką; kody prób: ps_ś – pstrąg świeży, ps_m – pstrąg mrożony, pa_g – panga mrożona przemysłowo.

Fig. 1. Productivity of fish after heat treatment in relation to the weight before processing; codes: ps_ś – fresh trout, ps_m – frozen trout, pa_g – industrially frozen panga.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

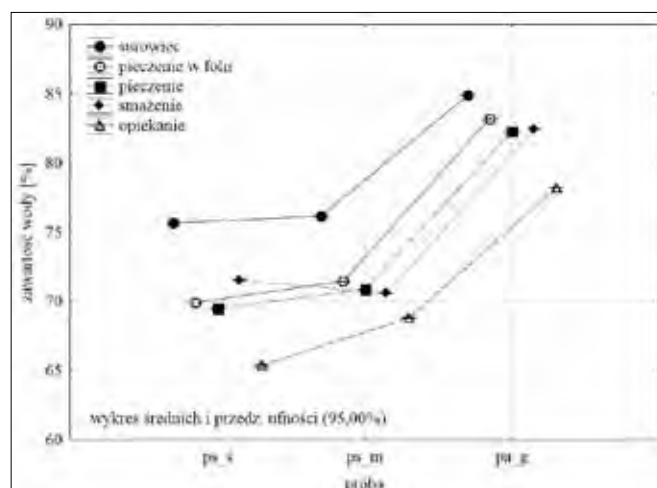
W przypadku pstrąga świeżego największą wydajnością po obróbce termicznej charakteryzowała się ryba smażona, natomiast najmniejszą – pstrąg pieczony. Wyniku takiego można było się spodziewać, ponieważ panierka zapobiegała stratom wody obecnej w tkankach. Podczas pieczenia natomiast mogło zachodzić odparowanie części wody z tkanek przez krążącą wokół produktu mieszaninę powietrzno-parową. Wydajność pstrąga smażonego była istotnie wyższa niż pstrąga pieczonego.

Pstrąg mrożony miał największą wydajność po pieczeniu (w folii oraz bez folii). Obydwa rodzaje obróbki dawały istotnie wyższą wydajność ryby wcześniej zamrożonej niż smażenie i opiekanie. Mrożenie powoduje uszkodzenie tkanek i wyciek z nich wody, co jest dobrze znane z literatury [12]. Pod wpływem nacisku płyt opiekacza woda z uszkodzonych tkanek łatwo była tracona, a w przypadku produktu smażonego wsiąkała w panierkę i była z nią usuwana przed ważeniem.

Wydajność pangii zamrożonej przemysłowo była istotnie niższa po obróbce (w stosunku do początkowej zakupionej masy produktu; początkowa masa surowca poddanego zamrożeniu nie była znana) niż pstrąga świeżego i zamrożonego. Najniższa wydajność w przypadku pangii wynosiła poniżej 50%. Stwierdzono dodatkowo analogiczną tendencję zmian wydajności między poszczególnymi rodzajami obróbki jak w przypadku pstrąga zamrożonego laboratoryjnie – najwyższą wydajność otrzymano po pieczeniu ryby w folii, następnie bez folii oraz niższą – w wyniku smażenia i opiekania. Wydajność wszystkich prób była istotnie statystycznie różna między poszczególnymi metodami obróbki.

Zawartość wody

Zawartość wody w badanych próbach ryb przedstawiono na rysunku 2. Zawartość wody w rybach po obróbce termicznej była we wszystkich przypadkach istotnie niższa niż w rybie surowej. Między pstrągiem surowym świeżym, a rozmrożonym nie było istotnych statystycznie różnic w zawartości wody. Ilości te wynosiły odpowiednio $75,5 \pm 0,1\%$ oraz $76,1 \pm 0,2\%$. Otrzymana zawartość wody w materiale surowym jest podobna do wartości oznaczanych przez innych autorów. Na przykład Tokur [14] podał wartość wody w pstrągu surowym na poziomie od 70,67 do 72,33%.



Rys. 2. Zawartość wody w badanych próbach ryb.

Fig. 2. The water content in the studied fish samples.

Źródło: Badania własne

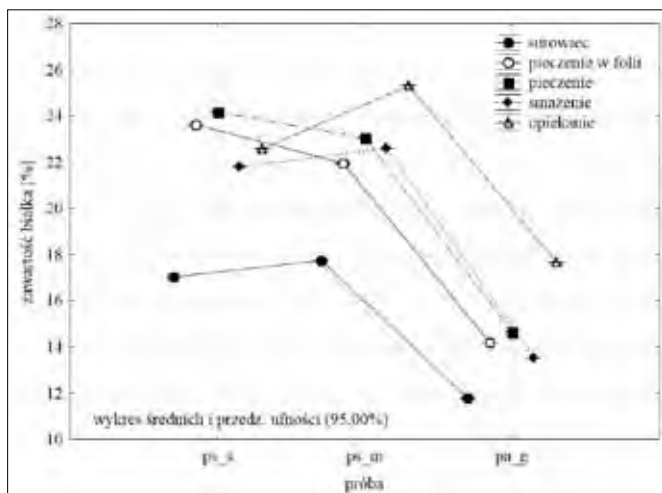
Source: The own study

W pandze po rozmrożeniu ilość wody wynosiła $84,9 \pm 0,2\%$. Po obróbce termicznej w rybie świeżej najwięcej wody było w produkcie smażonym, natomiast w rybie mrożonej – w produktach pieczonych. Najmniej wody znajdowało się w każdym przypadku w rybie opiekanej. Wyniki zawartości wody potwierdziły tendencje otrzymane w przypadku wydajności. Współczynnik korelacji pomiędzy wydajnością, a zawartością wody wynosił $-0,93 \pm 0,07$.

Zawartość białka i tłuszczu

Zawartość białka w rybach przedstawiono na rysunku 3. W surowym świeżym pstrągu zawartość białka wynosiła $17,1 \pm 0,2\%$, bardzo podobna była w pstrągu po rozmrożeniu ($17,7 \pm 0,05\%$), natomiast w pandze – $11,8 \pm 0,06\%$. Otrzymane zawartości białka w pstrągu surowym były podobne do uzyskanych przez innych autorów – od $18,59 \pm 0,8$ do $21,23 \pm 0,28\%$ [7].

Zawartość białka w rybach obrobionych termicznie była nieco wyższa w stosunku do surowca ze względu na utratę wody. W rybie świeżej po obróbce najmniej procentowo białka było po smażeniu, ze względu na najmniejsze straty wody i jednocześnie największą wydajność. Otrzymane wyniki były więc zgodne z tendencjami zmian zaobserwowanymi powyżej. Surowiec mrożony opiekany zawierał istotnie więcej procentowo białka niż pieczony i smażony, co było spowodowane największą utratą wody z tkanek. Istotnie najmniejsza zawartość białka w produkcie obrobionym dotyczyła ryby zamrażanej przemysłowo.

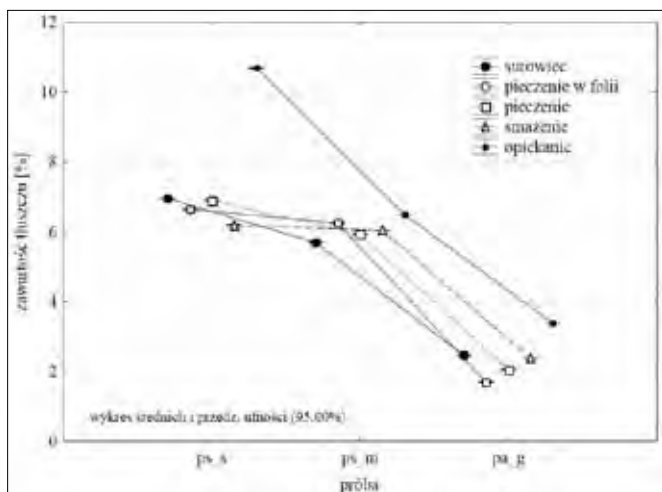


Rys. 3. Zawartość białka w badanych próbach ryby.
Fig. 3. The protein content in the studied fish samples.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Zawartość tłuszczu w surowym pstrągu świeżym, mrożonym oraz w pandzie rozmrożonej wynosiła odpowiednio: $6,95 \pm 0,02$, $5,7 \pm 0,02$ oraz $2,5 \pm 0,03$. Tokur [7] podali mniejszą zawartość tłuszczu w pstrągach, odpowiednio $3,88 \pm 0,08$ i $3,58 \pm 0,09$ %. Po obróbce termicznej istotnie najwięcej tłuszczu było w rybie opiekanej (rysunek 4).



Rys. 4. Zawartość tłuszczu w badanych próbach ryb.
Fig. 4. The fat content in the studied fish samples.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Tak jak w poprzednich przypadkach było to związane ze stratami wody. Najmniej tłuszczu było w rybie mrożonej przemyślowo – w pandze pieczonej w folii.

Cechy organoleptyczne

Wyniki oceny sensorycznej przedstawiono w tabeli 1. Wykazano istotne statystycznie różnice w ogólnej jakości sensorycznej badanych ryb w zależności od obróbki termicznej. Pstrąg świeży był najlepszy opiekany, natomiast najgorszy – po pieczeniu w folii. Analogicznie został oceniony pstrąg mrożony. Panga mrożona była najatrakcyjniejsza po smażeniu, natomiast najniżej oceniono ją po pieczeniu bez folii.

Konsystencja pstrąga świeżego najwyższej oceniona była po opiekaniu. Najmniej atrakcyjny sensorycznie był pstrąg świeży pieczony w folii. Analogiczną zmienność uzyskano w przypadku pstrąga zamrożonego. Panga miała najgorszą konsystencję po smażeniu; jej ocena była najbliższa określenia „niejednolita, rozpadająca się”.

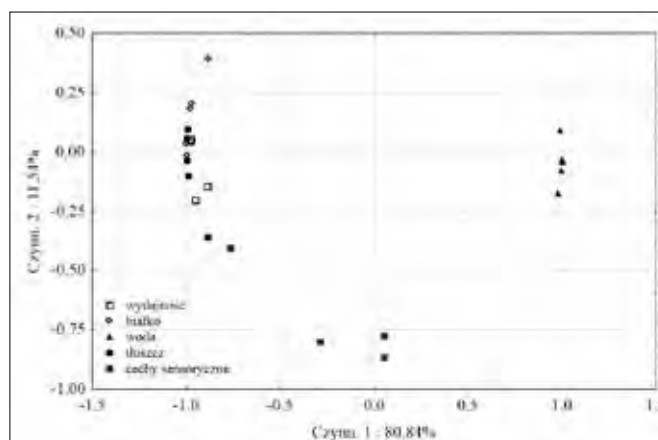
Stopień wysuszenia tkanki oceniano w skali od odpowiednio nawilżonej, niewysuszonej do suchej, nieswoistej. Najbardziej „nawilżoną” tkankę miała panga. Pstrąg zarówno świeży, jak i mrożony przed obróbką charakteryzował się tkanką mniej „nawilżoną”. Podobną cechą była ocena obecności wody w tkance o określeniach brzegowych od „wody wypływającej z tkanki” do wartości „odpowiednio nawilżona, nieciekna”. W tym przypadku najniższą wartość uzyskano dla smażonej pangii, ale wartość ta była bliżej określenia „odpowiednio nawilżona” niż „woda wypływająca z tkanki”. Oznaczało to, że w żadnej z ryb nie było widocznej wody wypływającej z tkanki. Najlepiej w tym przypadku woda „zatrzymywana” była przez tkanki ryby świeżej, czego należało się spodziewać, ponieważ tkanki te nie były zniszczone zamrażaniem.

Opracowanie statystyczne wyników

Wszystkie badane zmienne (wydajność, zmienne oznaczone instrumentalnie oraz cechy sensoryczne) poddano analizie czynnikowej. Na tej podstawie wykazano, że niektóre spośród cech sensorycznych nie były istotne do wyjaśnienia ogólnej wariancji. Istotne były wyłącznie: ogólna jakość prób pieczonych w folii, smażonych i opiekanych, konsystencja ryb pieczonych w folii, obecność wody w tkankach produktów pieczonych w folii i smażonych. Po wyeliminowaniu zmiennych nieistotnych otrzymano dwa czynniki, z czego pierwszy wyjaśniał 80,8% wariancji, a dwa razem 92,4% wariancji.

Z drugim czynnikiem były związane cechy sensoryczne takie jak konsystencja i obecność wody w tkance. Zmienne te miały niewielki udział w wyjaśnieniu ogólnej wariancji – tylko 11,6%.

Najwyższy wkład w wyjaśnieniu ogólnej wariancji spośród cech sensorycznych miała ogólna jakość ryb opiekanych, która była istotnie skorelowana z cechami badanymi instrumentalnie i czynnikiem 1. Ostatecznie otrzymano następujący rozkład zmiennych (rysunek 5).



Rys. 5. Rozkład zmiennych istotnych dla wyjaśnienia cech jakościowych ryb.

Fig. 5. Distribution of variables important for explaining fish qualitative features.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Tabela 1. Cechy organoleptyczne badanych ryb
Table 1. Organoleptic characteristics of test fish

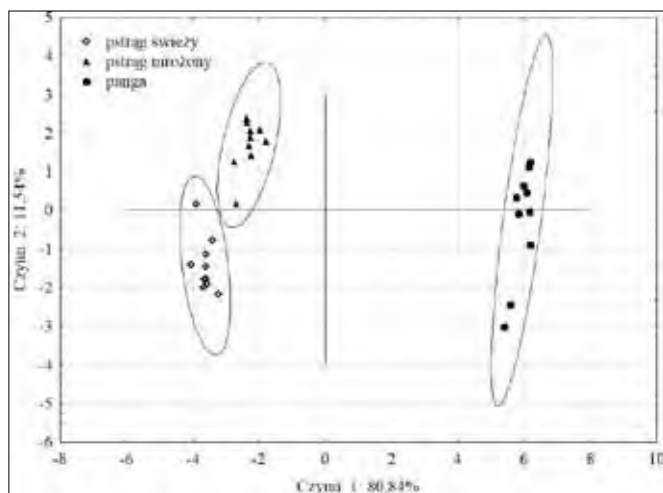
Cecha	Rodzaj obróbki	Kod obróbki	Rodzaj próbki		
			Pstrąg świeży	Pstrąg mrożony	Panga mrożona
Ogólna jakość	pieczenie w folii	pf	6,8±1,3a	4,2±1,4b	6,0±1,2c
	pieczenie	p	6,6±1,3a	6,0±1,1a	4,5±1,5c
	smażenie	s	7,6±0,9a	5,0±0,6b	5,7±1,5c
	opiekanie	o	8,2±0,3a	7,1±0,4b	5,6±1,4c
Konsystencja		pf	6,3±1,8a	4,3±1,5b	5,8±2,5a
		p	6,8±2,0a	6,2±1,7a	5,5±1,9b
		s	6,8±1,5a	4,9±1,5b	4,3±1,5b
		o	7,0±1,1a	7,2±1,1a	6,1±1,3a
Wysuszenie tkanki		pf	6,3±1,8a	5,2±2,1a	4,2±3,0a
		p	5,5±1,7a	5,7±1,7a	3,2±0,9b
		s	6,1±2,0a	5,5±1,0a	3,9±1,5b
		o	6,2±2,2a	6,7±1,7a	3,5±1,6b
Obecność wody w tkance		pf	7,4±0,9a	5,3±1,4b	6,6±1,8a
		p	7,0±2,0a	6,0±1,4a	6,1±2,3a
		s	7,3±0,5a	6,0±1,6a	5,1±1,9c
		o	7,7±0,8a	7,6±1,0a	6,8±1,2a

Oznaczenia „a”, „b” i „c” dotyczą istotnych statystycznie różnic między próbkami, uzyskanych w teście NIR w analizie wariancji jednoczynnikowej. Te same wartości literowe oznaczają brak istotnych różnic.

The designations „a”, „b” and „c” refer to statistically significant differences between the samples obtained in the NIR test in the analysis of one-way variance. The same letter values mean no significant differences.

Źródło: Badania własne

Source: The own study



Rys. 6. Cechy jakościowe wszystkich badanych prób – rozkład przypadków.

Fig. 6. Qualitative features of all tested samples – distribution of cases.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

Z czynnikiem 1 były istotnie dodatnio skorelowane: wydajność, białko, tłuszcz i wybrane cechy sensoryczne; ujemnie skorelowana była zawartość wody. Z czynnikiem 2 ujemnie skorelowane były niektóre cechy sensoryczne.

Zmienne istotne poddano analizie składowych głównych (PCA), dzięki której można było pogrupować cechy jakościowe wszystkich badanych prób (rysunek 6).

Na podstawie rozkładu przypadków można było stwierdzić, że panga zamrożona w warunkach przemysłowych miała zupełnie inne cechy niż pstrąg świeży obrobiony termicznie i pstrąg zamrożony i rozmrożony przed obróbką. Świadczy o tym oddalenie wartości pangi od pstrągów na rysunku 6.

Pstrąg świeży i pstrąg mrożony miały podobne do siebie cechy po obróbce termicznej. Oznacza to, że zarówno zawartość wody, jak i białka oraz tłuszczu wraz z niektórymi cechami sensorycznymi zmieniały się po obróbce termicznej w stosunku do surowca w zupełnie inny sposób w pandze zamrażanej przemysłowo i rozmrożonej niż w pstrągu zamrożonym w warunkach laboratoryjnych.

STWIERDZENIA I WNIOSKI

1. Panga zakupiona na lokalnym rynku w stanie zamrożonym, a następnie rozmrożona w warunkach laboratoryjnych, zmieniała się w stosunku do surowca, po poddaniu obróbce termicznej, w inny sposób niż pstrąg zamrożony w warunkach laboratoryjnych i poddany tym samym metodom obróbki. Wydajność pangi zamrożonej przemysłowo była istotnie niższa po obróbce niż pstrąga świeżego i zamrożonego.
2. Pstrąg świeży był najlepszy opiekany, natomiast najgorszy – po pieczeniu w folii. Analogicznie został oceniony pstrąg mrożony. Panga mrożona była najatrakcyjniejsza po smażeniu, natomiast najniżej oceniono ją po pieczeniu bez folii.
3. Przeprowadzone badania pilotażowe wskazały, że warto byłoby przeprowadzić na szeroką skalę analizę cech jakościowych ryb zamrożonych oferowanych na polskim rynku. Mogłoby to zwrócić uwagę producentom, dystrybutorom i sprzedawcom ryb na monitorowanie historii łańcucha chłodniczego. Polepszenie cech jakościowych ryb mrożonych w dalszej perspektywie mogłoby się przyczynić do zwiększenia sprzedaży i konsumpcji ryb w Polsce, co jest zgodne ze współczesnymi zaleceniami żywieniowymi.

LITERATURA

- [1] ALHASSAN A., J. YOUNG, M.E.J. LEAN, J. LARA. 2017. "Consumption of fish and vascular risk factors: A systematic review and meta-analysis of intervention studies". *Atherosclerosis* 266:87–94.
- [2] ATEF M., S.M. OJAGH. 2017. "Health benefits and food applications of bioactive compounds from fish byproducts: A review". *Journal of Functional Foods* 35:673–681.
- [3] DANE GUS. Spożycie ryb i owoców morza w latach 2013–2018 (<https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica>, dostęp dnia 1.10.19).
- [4] DANE GUS. Spożycie ryb w latach 2003–2012 (<https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica>, dostęp dnia 1.10.19).
- [5] FAO. 2019. FAO Year book. „Fishery and Aquaculture Statistics 2017/FAO annuaire”. *Statistiques des pêches et de l’aquaculture 2017/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2017*. Rome/Roma.
- [6] HAFEZPARAST–MOADAB N., N. HAMDAMI, M. DALVI–ISFAHAN, A. FARAHNAKY. 2018. „Effects of radiofrequency-assisted freezing on microstructure and quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet”. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 47:81–87.
- [7] <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica>, internet, dostęp dnia 1.10.19.
- [8] JAROSZ M. (red.). 2017. Piramida zdrowego żywienia i aktywności fizycznej. Warszawa: Wyd. IŻŻ; dostęp na stronie <http://www.izz.waw.pl/zasady-prawidowego-zywienia>, dn. 3.10.19.
- [9] KILINCCEKER O., I.S. DOGAN, E. KUCUKONER. 2009. „Effect of edible coatings on the quality of frozen fish filletsq”. *LWT – Food Science and Technology* 42:868–873.
- [10] MARTINDOTTIR E., H. MAGNÚSSON. 2001. „Keeping quality of sea-frozen thawed cod fillets on ice”. *Journal of Food Science* 66(9):1402–1408.
- [11] POPELKA P., O. LUPTÁKOVÁ, S. MARCINČÁK, J. NAGY, L. MESARČOVÁ, A. NAGYOVÁ. 2012. „The effect of glaze and storage temperature on the quality of frozen mackerel fillets”. *Acta Veterinaria Brno* 81:397–402.
- [12] SHI L., T. YANG, G. XIONG, X LI, X. WANG, A. DING, Y. QIAO, W. WUA, L. LIAO, L. WANG. 2018. „Influence of frozen storage temperature on the microstructures and physicochemical properties of pre-frozen perch (*Micropterus salmoides*)”. *LWT – Food Science and Technology* 92:471–476.
- [13] SOARES N., P. SILVA, C. BARBOSA, R. PINHEIRO, A.A. VICENTE. 2017. „Comparing the effects of glazing and chitosan-based coating applied on frozen salmon on its organoleptic and physicochemical characteristics over six-months storage”. *Journal of Food Engineering* 194:79–86.

LITERATURA

- [1] ALHASSAN A., J. YOUNG, M.E.J. LEAN, J. LARA. 2017. "Consumption of fish and vascular risk factors: A systematic review and meta-analysis of intervention studies". *Atherosclerosis* 266:87–94.
- [2] ATEF M., S.M. OJAGH. 2017. "Health benefits and food applications of bioactive compounds from fish byproducts: A review". *Journal of Functional Foods* 35:673–681.
- [3] DANE GUS. Spożycie ryb i owoców morza w latach 2013–2018 (<https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica>, dostęp dnia 1.10.19).
- [4] DANE GUS. Spożycie ryb w latach 2003–2012 (<https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica>, dostęp dnia 1.10.19).
- [5] FAO. 2019. FAO Year book. „Fishery and Aquaculture Statistics 2017/FAO annuaire”. *Statistiques des pêches et de l’aquaculture 2017/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2017*. Rome/Roma.
- [6] HAFEZPARAST–MOADAB N., N. HAMDAMI, M. DALVI–ISFAHAN, A. FARAHNAKY. 2018. „Effects of radiofrequency-assisted freezing on microstructure and quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet”. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 47:81–87.
- [7] <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica>, internet, dostęp dnia 1.10.19.
- [8] JAROSZ M. (red.). 2017. Piramida zdrowego żywienia i aktywności fizycznej. Warszawa: Wyd. IZZ; dostęp na stronie <http://www.izz.waw.pl/zasady-prawidowego-zywienia>, dn. 3.10.19.
- [9] KILINCCEKER O., I.S. DOGAN, E. KUCUKONER. 2009. „Effect of edible coatings on the quality of frozen fish filletsq”. *LWT – Food Science and Technology* 42:868–873.
- [10] MARTINDOTTIR E., H. MAGNUSSON. 2001. „Keeping quality of sea-frozen thawed cod fillets on ice”. *Journal of Food Science* 66(9):1402–1408.
- [11] POPELKA P., O. LUPTAKOVA, S. MARCINCAK, J. NAGY, L. MESARCOVA, A. NAGYOVA. 2012. „The effect of glaze and storage temperature on the quality of frozen mackerel fillets”. *Acta Veterinaria Brno* 81:397–402.
- [12] SHI L., T. YANG, G. XIONG, X LI, X. WANG, A. DING, Y. QIAO, W. WUA, L. LIAO, L. WANG. 2018. „Influence of frozen storage temperature on the microstructures and physicochemical properties of pre-frozen perch (*Micropterus salmoides*)”. *LWT – Food Science and Technology* 92:471–476.
- [13] SOARES N., P. SILVA, C. BARBOSA, R. PINHEIRO, A.A. VICENTE. 2017. „Comparing the effects of glazing and chitosan-based coating applied on frozen salmon on its organoleptic and physicochemical characteristics over six-months storage”. *Journal of Food Engineering* 194:79–86.

- [14] TOKUR B. 2007. „The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)”. International Journal of Food Science and Technology 42:874–879.
- [15] ŽOLDOŠ P., P. POPELKA, S. MARCINČÁK, J. NAGY, L. MESARČOVÁ, M. PIPOVÁ, P. JEVINOVÁ, A. NAGYOVÁ, P. MAĽA. 2011. „The effect of glaze on the quality of frozen stored Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma*) fillets under stable and unstable conditions”. Acta Veterinaria Brno 80:299–304.

- [14] TOKUR B. 2007. „The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)”. International Journal of Food Science and Technology 42:874–879.
- [15] ZOLDOS P., P. POPELKA, S. MARCINCAK, J. NAGY, L. MESARCOVA, M. PIPOVA, P. JEVINOVA, A. NAGYOVA, P. MAĽA. 2011. „The effect of glaze on the quality of frozen stored Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma*) fillets under stable and unstable conditions”. Acta Veterinaria Brno 80:299–304.