

Wpływ procesów termicznych na termostabilność oksytetracykliny w mięśniach pstrąga tęczowego

KATARZYNA ŁAPIŃSKA*, BARBARA KWIATKOWSKA, WALDEMAR DĄBROWSKI

Katedra Mikrobiologii Żywności Wydziału Nauk o Żywności i Rybactwa AR, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin

*Zakład Higieny Weterynaryjnej, ul. Ostrawicka 2, 71-337 Szczecin

Łapińska K., Kwiatkowska B., Dąbrowski W.

Influence of various ways of heating on the thermostability of oxytetracycline in muscles of rainbow trout

Summary

Monitoring analyses, performed according to the regulation of the Minister of Agriculture from October 12th 1999, have shown that farmed fish demonstrate one of the highest levels of antibiotic contamination among all materials obtained from animals. One of the most commonly used antibiotics in fish treatment in Europe and all over the world is oxytetracycline (OTC). Due to the significant influence of the remains of antibiotics in food on consumers' health it was necessary to determine the influence of frequently used culinary techniques (cooking, frying, pasteurization, acid pasteurization) on the level of OTC in meat of rainbow trout. It was determined that thermal treatment lowers the concentration of the antibiotic in the tissue and the quickest reduction of OTC level depends on the temperature of the process, the length of the thermal treatment, and the level of fish meat heating. The most effective process leading to the highest reduction of oxytetracycline proved to be deep frying.

Keywords: MRL, oxytetracycline, thermal treatment, pasteurization, deep and shallow frying, rainbow trout

Spożycie ryb w Polsce wg GUS określane na 6,5 kg/osobę, choć niskie w porównaniu z innymi krajami UE wykazuje w ostatnich latach widoczne tendencje wzrostowe. Ryby są źródłem pełnowartościowego białka, witamin, makro- i mikroelementów, a przede wszystkim wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 (13). Ze względu na walory dietetyczne ryby wykorzystywane są w dietach specjalnego znaczenia. Poza rybami morskimi popularne na rynku polskim są pstrągi i okresowo karpie, spożywane najczęściej po krótkotrwałej obróbce termicznej w postaci smażonych, pieczonych, gotowanych filetów lub marynat. Badania monitoringu prowadzone zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa z 12 października 1999 r. wskazują, że ryby hodowlane posiadają najwyższą zawartość antybiotyków spośród wszystkich surowców zwierzęcych objętych oceną (24).

Oksytetracyklina (OTC) jest antybiotykiem powszechnie stosowanym w leczeniu ryb w wielu krajach również w Polsce. Wykorzystywana jest, między innymi, w zwalczaniu infekcji wywołanych przez *Aeromonas*, *Edwardsiella*, *Flavobacterium*, *Yersinia*, *Renibacterium* i *Vibrio*. OTC jest antybiotykiem naturalnym z grupy tetracyklin produkowanym w przyrodzie przez *Streptomyces rimosus*. Do celów leczniczych wytwarzana jest w drodze biosyntezy (8, 10). Mechanizm działa-

nia OTC polega na hamowaniu syntezy białek na poziomie podjednostki 3 ps rybosomu poprzez blokowanie wiązania tRNA (24).

Z uwagi na istotny wpływ pozostałości antybiotyków w żywności na zdrowie konsumentów oraz fakt, że ryby spożywane są w Polsce zazwyczaj po krótkotrwałym przetworzeniu termicznym, za celowe uznano określenie wpływu podstawowych procesów kulinarnych (gotowanie, smażenie, pasteryzacja, pasteryzacja w środowisku kwaśnym) na redukcję OTC w mięśniach pstrąga tęczowego.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na pstrągach tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*) o masie 214 g (\pm 50 g) pozyskiwanych z gospodarstw hodowlanych w Helmie i Łożnicy (woj. zachodniopomorskie). Ryby były zdrowe i w dobrej kondycji. Przed rozpoczęciem eksperymentu ryby przywiezione zostały do Zakładu Anatomii i Embriologii Ryb Akademii Rolniczej w Szczecinie, gdzie ważono je i umieszczono w zbiornikach o pojemności 1000 l, zawierających 800 l wody, zaopatrzonych w elektryczne pompy filtrujące i w stałe napowietrzanie. Eksperymentowi poddano pięćdziesiąt pstrągów. Ryby przez cały czas doświadczeń hodowlanych znajdowały się pod kontrolą weterynaryjną. Wodę w zbiornikach w okresie trwania eksperymentu zbadano pod kątem czynników hydrochemicznych, takich jak: pH, zawartość tlenu, amoniaku, azotynów, azotanów, fosforanów, chlorków, siarczanów.

Ryby karmiono paszą granulowaną Safir z oksytetracykliną w ilości podanej przez producenta (100 mg OTC/kg m.c.) dwa razy dziennie przez 10 kolejnych dni. Ponadto próbę kontrolną stanowiły ryby w zbiorniku karmione wyłącznie samą paszą. Po dwunastu godzinach od ostatniego podania leku losowo pobrane pstrągi (po 4 sztuki z każdego zbiornika) patroszono, odgławiano, dzielono na dzwonka, które poddawane były obróbce termicznej (tab. 1). Całe doświadczenie zakończono dopiero w momencie, gdy z każdego zbiornika wyłowiono 25 pstrągów.

Zastosowano następujące procesy: gotowanie, smażenie w płytkim i głębokim oleju, pasteryzację w wodzie destylowanej o pH 7,0 oraz w środowisku kwaśnym. Charakterystykę zastosowanych procesów termicznych podano w tab. 1.

Poziom oksytetracykliny w tkankach pstrąga oznaczano metodą mikrobiologiczną opracowaną według Microbiology Laboratory Guidebook przeznaczoną do badania tkanek zwierzęcych (23). Jest to metoda cylinderkowa, w której antybiotyk dyfundujący do podłoża powoduje zahamowanie wzrostu wrażliwego szczepu bakteryjnego. Do oznaczania oksytetracykliny zastosowano *Bacillus cereus* var. *mycoides* ATCC 11778. Na powierzchni trzech płytek z podłożem rozmieszczono po sześć cylinderków, do których nakrapiano próbkę rozcieńczoną buforem fosforanowym 0,1 M o pH 4,5, naprzemiennie ze sporządzonym na standardzie oksytetracykliny firmy Merck roztworze odnośnym o stężeniu 0,32 g/ml, używanym do korekty wyników. Płytki inkubowano w cieplarni WTB Binder w temp. 30°C przez 18 godz. Średnice stref zahamowania wzrostu są skorelowane ze stężeniem antybiotyku w próbce. Sposób odczytania wartości stężenia oksytetracykliny w pojedynczej próbce ilustruje rycina 1.

Do odczytania wyników sporządzano krzywe wzorcowe, każdorazowo dla tej samej partii płytek, roztworów standardu OTC oraz używanego jako rozcieńczalnika buforu.

Do wyznaczenia krzywej wzorcowej potrzebne jest:

- wyliczenie średniej arytmetycznej z 36 stref hamowania (mm) wokół cylinderków z roztworem odnośnym OTC o stężeniu 0,32 µg/ml (c);

- wyliczenie średnich arytmetycznych z każdego z 9 stref hamowania wokół cylinderków z kolejnymi roztworami OTC w stężeniu: 0,08 µg/ml, 0,16 µg/ml, 0,64 µg/ml, 1,28 µg/ml oraz wyliczenie odpowiadających im średnich arytmetycznych z każdego z 9 stref hamowania (mm) wokół cylinderków z roztworem odnośnym (c_p);

- korekta średnich wartości stref hamowania (mm) dla stężeń OTC: 0,08 µg/ml, 0,16 µg/ml, 0,64 µg/ml, 1,28 µg/ml o różnicę c-c_p i uzyskanie wartości: a, b, d oraz e, gdzie a odpowiada najniższemu stężeniu użytego antybiotyku (0,08 µg/ml), zaś e odpowiada najwyższemu stężeniu (1,28 µg/ml);

- wyznaczenie wartości L i H za pomocą następujących wzorów:

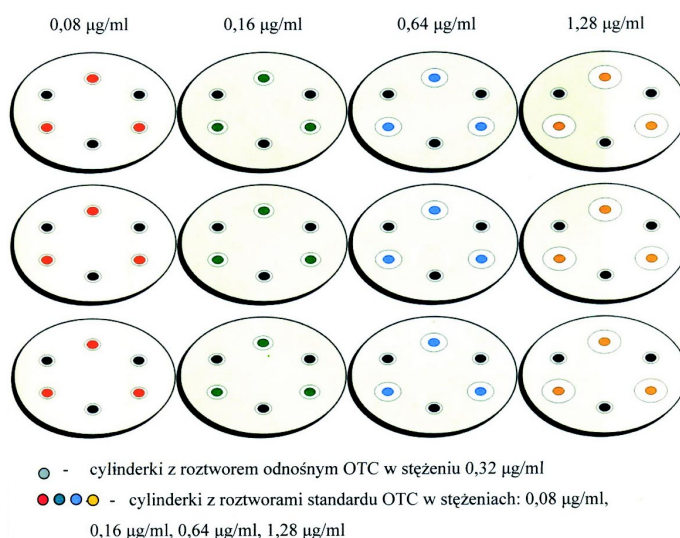
$$L = \frac{(3a + 2b + c - e)}{5} \quad H = \frac{(3e + 2d + c - a)}{5}$$

a, b, c, d, e – skorygowane średnie stref hamowania każdego stężenia na krzywej.

Krzywe wzorcowe w układzie semilogarytmicznym mają postać prostych przebiegających przez dwa punkty, których współrzędne stanowią wyznaczone za pomocą wzorów na osi odciętych średnice zahamowania wzrostu dla poziomu L (niskiego) i H (wysokiego), zaś na osi rzędnych odpowiadające im logarytmy dziesiętne ze stężeń 0,08 i 1,28 µg/ml.

Tab. 1. Charakterystyka zastosowanych procesów termicznych

Proces termiczny	Temperatura	Czas (min.)	Środowisko ogrzewające
Gotowanie	100°C	brak	woda destylowana
Pasteryzacja w środowisku obojętnym	85°C	0, 5, 10, 20, 30	woda destylowana
Pasteryzacja w środowisku kwaśnym	85°C	0, 5, 10, 20, 30	1% roztwór kwasu octowego 6% soli kuchennej
Smażenie w płytkim zanurzeniu	160°C	0, 4, 8, 12	olej
Smażenie w głębokim zanurzeniu	160°C	0, 4, 8, 12	olej



Ryc. 1. Odczytanie wartości stężenia oksytetracykliny w pojedynczej próbce

A. Sporządzenie krzywej wzorcowej (oddzielnie dla każdej serii podłoża, roztworów standardu OTC do krzywej wzorcowej i używanego rozcieńczalnika) oraz odczyt średnic stref hamowania po inkubacji.

B. Wyznaczenie krzywej wzorcowej przebiegającej przez punkty L i H

$$L = \frac{(3a + 2b + c - e)}{5} \quad H = \frac{(3e + 2d + c - a)}{5}$$

a, b, c, d, e – skorygowane średnie stref hamowania każdego stężenia na krzywej.

C. Odczytanie stężenia OTC w próbce

W celu wyznaczenia stężenia oksytetracykliny w badanej próbce potrzebne jest:

- uzyskanie średniej arytmetycznej z 9 średnic stref hamowania wokół cylinderków z homogenatem próbki,

- korekta tej wartości o różnicę pomiędzy średnią arytmetyczną z 36 średnic stref hamowania wokół cylinderków z roztworem odnośnym na płytkach do wyznaczenia krzywej wzorcowej (c), a średnią arytmetyczną z 9 analogicznych stref hamowania odnośnej uzyskanych na płytkach z badaną próbką (c_p),

- odczytanie za pomocą krzywej wzorcowej właściwego stężenia antybiotyku w próbce, odpowiadającego skorygowanej średniej arytmetycznej średnicy stref hamowania (w mm), które powstały wokół cylinderków z homogenatem próbki,

- korekta wyników ze względu na użyte rozcieńczenie i odzysk z badanego materiału.

Ze względu na dokładność wyników odstąpiono od odczytywania logarytmów dziesiętnych stężeń OTC na papierze se-

milogarytmicznym. Zamiast tego użyto programu komputerowego, specjalnie opracowanego dla potrzeb przeprowadzonych badań. Nastawiano również dla wybiórczego sprawdzenia próby kontrolne sporządzane według metodyki oraz przy wszystkich badaniach próbki tkanek pstrągów tęczyowych wolnych od pozostałości, użytych jako kontrola przy badaniach hodowlanych.

W celu oznaczenia poziomu oksytetracykliny w mięśniach pstrągów poddawanych ogrzewaniu pobierano próbki o masie 5 g, a następnie sporządzano z nich naważki 2- lub 2,5-gramowe, które homogenizowano z buforem fosforanowym 0,1 M o pH 4,5 po czym nakrapiano mikropipetą do cylinderków naprzemiennie ze stężeniem odnośnym.

Wyniki i omówienie

Poziom oksytetracykliny w mięśniach pstrągów mierzono w następujących jednostkach czasowych: 0 (pomiar wyjściowy OTC), 5, 10, 20, 30 minut. Wszystkie rodzaje procesów termicznych prowadzono do momentu całkowitej redukcji antybiotyku w mięśniach. Najmniej redukującym poziom oksytetracykliny sposobem obróbki termicznej była pasteryzacja. Podczas jej przeprowadzenia w środowisku wody destylowanej o pH 7 po 30 minutach otrzymano spadek stężenia antybiotyku średnio do około 36% wartości wyjściowej.

Porównując dynamikę redukcji antybiotyku w dwóch procesach termicznych przeprowadzanych w środowisku wodnym po 5 minutach średni spadek koncentracji antybiotyku wyniósł 64% podczas gotowania i niespełna 17% w trakcie pasteryzacji. Po 10 minutach ogrzewania średnio otrzymano redukcję oksytetracykliny o ponad 85% w trakcie gotowania i niespełna o 30% podczas pasteryzacji; po 20 minutach spadek o 93,5% w trakcie gotowania i 49% podczas pasteryzacji. Najkrótszy czas maksymalnej redukcji OTC (12 minut) otrzymano w wyniku smażenia w głębokim oleju, ale ze względu na niekorzystne cechy organoleptyczne produkt był dyskwalifikowany: tkanka była sucha, twarda, a powierzchnia ciemnobrązowa.

Najbardziej apetyczne kawałki ryby otrzymano po 8 minutach ogrzewania, aczkolwiek w tym czasie antybiotyk był w nich wykrywalny i stanowił średnio 7,8% wartości wyjściowej.

Dwanaście minut smażenia w płytkim zanurzeniu zredukowało poziom OTC średnio do 23,3%. W tym przypadku cechy organoleptyczne wskazywały również na zbyt długi proces obróbki termicznej ze względu na twardą konsystencję i silne zbrązowienie powierzchni, chociaż nie tak niekorzystne, jak w przypadku smażenia głębokiego (tab. 2).

Smażenie w głębokim zanurzeniu, w trakcie którego temperatura wewnątrz tkanek była najwyższa, dało najszybszy spadek OTC, natomiast pasteryzacja dała najwolniejszą termodegradację.

Maksymalna redukcja antybiotyku w tkance jest możliwa dopiero po długim ogrzewaniu, co całkowicie dyskwalifikuje produkt do spożycia przez konsumenta. Ze względu na fakt, że pasteryzacji poddaje się pstrągi tęcze przy produkcji marynaty gotowanej, zdecydowano się na odtworzenie cyklu produkcyjnego i określenie, na ile redukuje on poziom oksytetracykliny zawarty w mięśniach ryb. Pobrane z zestalonej galarety

Tab. 2. Odsetek pozostałości OTC w mięśniach pstrągów poddanych różnym procesom termicznym

Rodzaj procesu	Czas obróbki (min.)	Pozostałość OTC w mięśniach wyrażona w %		Średnia dla doświadczeń I i II
		I doświadczenie	II doświadczenie	
Gotowanie	0	100	100	100
	5	39,83	32,19	36,01
	10	13,65	15,62	14,63
	20	3,57	9,37	6,47
	30*	0	5	2,5
Pasteryzacja	0	100	100	100
	5	95,61	70,82	83,21
	10	91,73	48,70	70,21
	15	79,25	39,78	59,51
	20	67,93	34,01	50,97
	30*	41,83	30,50	36,16
Smażenie w głębokim oleju	0	100	100	100
	4	16,35	43,96	30,15
	8	3,65	11,98	7,81
	12*	0	0	0
Smażenie w płytkim oleju	0	100	100	100
	4	42,32	72,42	57,37
	8	24,74	31,67	28,20
	12*	19,11	27,50	23,30

Objaśnienie: * – koniec ogrzewania

próbki mięśni homogenizowano z buforami w proporcji 1 : 5. Strefy wokół cylinderków zawierających homogenizat mięśni z buforem 0,1 M o pH 4,5 odpowiadały średnio stężeniu oksytetracykliny 4,546 µg/g, mimo że faktycznie jej nie zawierały. Przy zastosowaniu buforu 0,1 M o pH 8 strefy były dużo mniejsze i odpowiadały średnio stężeniu OTC równemu 0,108 µg/g. Natomiast próbki nastawiane z buforem 0,2 M o pH 8 nie dały żadnych stref zahamowania wzrostu.

W związku z powyższym do dalszych badań odtwarzających cykl marynaty gotowanej z zastosowaniem 100-gramowych kawałków pstrągów, którym przyżyciowo podano oksytetracyklinę, wybrano bufor fosforanowy 0,2 M o pH 8, jako jedynie skutecznie neutralizujący obecny w mięśniach kwas octowy. Uzyskane wyniki były porównywalne z wartościami z drugiego doświadczenia z pasteryzacją w środowisku obojętnym, jedynie o około 5% wyższe od przeprowadzonych na marynatach.

Po 5 minutach ogrzewania stężenie antybiotyku wyniosło 75,7% wartości wyjściowej, po 10 minutach 43,6%, a po 15 minutach w dalszym ciągu był wykrywany i jego poziom wyniósł 35,3% początkowego stężenia. Ponownie zbadano mięśnie pstrąga w galarecie po 5 dniach od jej uzyskania. Stężenie oksytetracykliny zwiększyło się o 22% w stosunku do poziomu w mięśniach przed zastygnięciem galarety. W galarecie nie stwierdzono obecności antybiotyku.

Badanie przeprowadzone po dwóch tygodniach od sporządzenia marynaty dało wynik zbliżony do uzyskanego po 5 dniach, który był w stosunku do niego o niecały 1% wyższy. Podobnie jak poprzednio w galarecie nie stwierdzono obecności oksytetracykliny.

Wykonane doświadczenia nasunęły wiele pytań i wątpliwości na temat termostabilności leków weterynaryjnych.

Oksytetracyklinę uznaje się za lek termolabilny. Rose i wsp. (18) badali ten antybiotyk, ogrzewając go w środowisku olejowym w temp. 110°C i stwierdzili spadek jego poziomu o ponad 30% po około 90 minutach, zaś w temp. 180°C o około 90% w ciągu 30 minut. W przeprowadzonych badaniach z zastosowaniem 100-gramowych kawałków pstrąga uzyskano zdecydowanie większą i szybszą redukcję oksytetracykliny. Poza tym samo smażenie zostało rozdzielone na dwa procesy – w płytkim i głębokim zanurzeniu ze względu na różną temperaturę wewnętrzną ogrzewanych tkanek, przy zachowanej tej samej temperaturze środowiska olejowego 160°C. W rezultacie stwierdzono, że smażenie w głębokim zanurzeniu najbardziej i najszybciej redukuje stężenie OTC, gdyż po 8 minutach ogrzewania uzyskano średnio spadek poziomu antybiotyku o ponad 92%, zaś po 12 minutach osiągnięto całkowitą redukcję w 100-gramowych kawałkach. Wy tłumaczeniem jest fakt, że w tym czasie temperatura wewnątrz tkanek była tylko o około 20°C niższa od temperatury oleju, gdy tymczasem podczas smażenia w płytkim zanurzeniu nie osiągnęła 94°C. Odnotowano w tym przypadku dużo mniejszą termodegradację oksytetracykliny, po 8 min. uzyskano średnią redukcję do poziomu 28,2%, po 12 min. smażenia spadek do 23,3%.

Ibrahim i Moats (11) stwierdzili po 8 min. smażenia mięśni jagniąt spadek OTC jedynie o 17,3%, co prawdopodobnie było spowodowane tym, że temperatura wewnątrz mięśni nie przekroczyła 81°C. Różnicę w powyższych wynikach może tłumaczyć zarówno inna temperatura wewnętrzna ogrzewanych mięśni, jak i fakt, że tkanki te pochodziły od różnych gatunkowo zwierząt. Ibrahim i wsp. otrzymali po 30 min. gotowania 100-gramowych porcji mielonych mięśni jagniąt 95% redukcję OTC. Bardzo zbliżony spadek w niniejszych badaniach uzyskano w wyniku gotowania 100-gramowych kawałków pstrągów (średnio 97,5%).

Rose i wsp. (18), badając mięśnie i wątroby cielece oraz mięśnie baranie stwierdzili najmniejszy spadek stężenia OTC (o 35%) podczas grillowania, a największy (o 94%) podczas pieczenia. Ibrahim i Moats (11) wykazali, że w zmielonym mięsie jagniąt mikrofałe zmniejszyły poziom tego antybiotyku o 60% po 8 min. Uzyskane przez autorów rozbieżności rezultatów termodegradacji wynikają, być może, z zastosowania odmiennych procesów termicznych, zależą także od właściwości i stężenia ocenianego leku, od badanego środowiska (woda, bufor, olej, tkanka). Znaczenie mają: rodzaj, wielkość, kształt oraz gatunek zwierzęcia, z której pochodzi oraz, co stwierdzono w niniejszych badaniach, sposób wprowadzenia leku do tkanki. Nie można wykluczyć

również pewnego wpływu zastosowania innych metod badawczych.

Autorzy wielu publikacji uważają, że oksytetracyklina jest ciepłowrażliwa. Uzyskane wyniki wskazują na częściową jej termostabilność. Redukcja oksytetracykliny w mięśniach pstrągów w trakcie procesów kulinarnych nie zabezpiecza przed nieobecnością tego antybiotyku w potrawach.

Wprawdzie długotrwała obróbka termiczna pozwala na całkowitą redukcję OTC, ale ze względów organoleptycznych przygotowana potrawa nie nadaje się do spożycia. W przeprowadzonych badaniach czas trwania poszczególnych procesów termicznych przekraczał znacznie parametry powszechnie stosowane w domu. Konsument w momencie zakupu nie zastanawia się nad zawartością niepożądanych składników w produkcie, najważniejszy jest jego smak i wygląd. Mięso pstrągów ze względu na swoją delikatność poddawane jest bardzo krótkiej obróbce termicznej, która nie obniża w znaczący sposób zawartości w nim substancji niepożądanych, w tym antybiotyków.

Mięso ryb w przeciwieństwie do mięsa zwierząt rzeźnych i drobiu zawiera mniej kolagenu i jedynie śladowe ilości elastyny, z tego powodu jest bardziej podatne na rozpadanie przede wszystkim podczas gotowania i pasteryzacji, co zdecydowanie skraca czas procesów termicznych stosowanych podczas obróbki kulinarnej. Z kolei istnieją również znaczne różnice w składzie pomiędzy poszczególnymi rodzajami, a nawet gatunkami ryb, na co nakłada się także duży wpływ na jakość ich mięsa środowiska bytowania, stanu fizjologicznego i wielu innych czynników (13).

Porównując wartość MRL (maximum residue limit), czyli maksymalną granicę pozostałości leku w żywności dla oksytetracykliny w mięśniach ryb (0,2 µg/g) do pozostałości tego antybiotyku w końcowych minutach doświadczeń przeprowadzonych na 100-gramowych dzwoneczkach pstrągów, uzyskano następujące dane. Po 30 min. pasteryzacji wartość MRL została przekroczona ponad ośmiokrotnie w przypadku pierwszego doświadczenia, czterokrotnie w przypadku drugiego. Po 20 minutach gotowania w jednym badaniu poziom OTC spełniał powyższe kryterium, w drugim przewyższał je ponad dwukrotnie. Po 8 min. smażenia w płytkim zanurzeniu przekraczał limit prawie ośmio- i prawie trzykrotnie, po 8 min. smażenia w głębokim zanurzeniu w jednym doświadczeniu przewyższał go prawie trzykrotnie, w drugim był niższy od MRL. Procesem bardziej od pasteryzacji redukującym w porównywalnym czasie zawartość oksytetracykliny w mięśniach, było smażenie w płytkim zanurzeniu, podczas którego tkanki wewnątrz nie osiągnęły jednak temperatury 94°C.

Najbardziej stężenie antybiotyku w pstrągach obniżyło smażenie w głębokim zanurzeniu, pod koniec którego wewnętrzna temperatura mięśni wynosiła ponad 140°C. Wielkość redukcji poziomu oksytetracykliny w tkance mięśniowej jest zatem zależna od temperatury wyjściowej i docelowej oraz czasu ogrzewania i szybkości nagrzewania się mięsa ryb. Czynnikiem redukcyj-

nym bardziej skutecznym od czasu obróbki termicznej jest sama temperatura. Z kolei duży rozrzut wyników w przypadku ogrzewania 100-gramowych kawałków pstrągów może wskazywać na wpływ samego ich kształtu na szybkość nagrzewania się tkanek. Na podobną trudność natrafili także Kitts i wsp. (12), którzy uznali to za jedną z przyczyn uzyskiwania odmiennych rezultatów po zastosowaniu tych samych procesów termicznych. Wprawdzie różnice temperatury w okolicy centrów geometrycznych dla tych samych rodzajów obróbki kulinarnej nie były w niniejszych badaniach aż tak znaczne jak różnice pomiędzy stężeniem OTC, jednakże w trakcie gotowania były one najmniejsze zarówno w stężeniu antybiotyku, jak i temperaturze tkanek, a największe dla pasteryzacji także w obu tych przypadkach.

Podczas pasteryzacji i gotowania stwierdzono nieznaczne ilości oksytetracykliny przechodzącej do środowiska ogrzewającego. Występowało to jednak jedynie w przypadku bardzo dużej wyjściowej koncentracji antybiotyku w mięśniach. Migrację OTC do środowiska stwierdzili także Rose i wsp. (18), stosując metodę HPLC.

Przeprowadzone badania wykazały, że cykl produkcyjny marynaty gotowanej z 15 minutowym blanszowaniem w temperaturze 85°C jest niewystarczający do całkowitej eliminacji cieplnej OTC. Zaobserwowana niewielka redukcja antybiotyku miała podobny poziom, jak w przypadku pasteryzacji w wodzie destylowanej o pH 7 i mieściła się w granicach wyznaczonych przez dwa doświadczenia przeprowadzone w środowisku obojętnym. Stwierdzonej przez Kittsa i wsp. (12) większej termostabilności oksytetracykliny w środowisku kwaśnym niż obojętnym nie można, jak się wydaje, odnieść do tego doświadczenia. W ciągu 15 min. blanszowania 100-gramowych kawałków trudno mówić o dużej penetracji kwasu octowego w głąb tkanek. Sikorski (20) podaje, że dopiero po 24 godzinach od zakończenia produkcji pH mięśni spada do poziomu 5,4. Natomiast powyższa penetracja najprawdopodobniej zaważyła na wynikach uzyskanych w badaniu marynaty 5. i 14. dnia po jej wykonaniu, kiedy stwierdzono duży wzrost stężenia OTC utrzymujący się na zbliżonym poziomie (o 22 i 23%). Rose i wsp. (18) nadmieniają, że przy ocenie leków wykazujących termolabilność należy zwrócić uwagę na powstające produkty rozpadu, gdyż możliwy jest ich powrót do postaci macierzystej.

Podsumowanie

Obróbka termiczna zmniejsza koncentrację antybiotyku w mięśniach pstrągów, ale w przypadku uzyskania maksymalnej jego redukcji produkt jest dyskwalifikowany ze względu na zmiany sensoryczne (smaku, zapachu, rozpadanie tkanki). Wielkość redukcji stężenia OTC zależy od temperatury wyjściowej i końcowej, czasu i szybkości nagrzewania mięsa ryb. Najbardziej skutecznym procesem obróbki termicznej w eliminacji OTC jest smażenie w głębokim zanurzeniu ze względu na uzyskanie w krótkim czasie wysokiej temperatury wewnątrz tkanki. Stosowane procesy przetwórstwa pstrągów (go-

towanie, pasteryzacja, smażenie) nie zapewniają, niestety, całkowitej eliminacji oksytetracykliny z produktu, co stanowi pośrednie zagrożenie dla konsumenta. Gotowane marynaty rybne są produktami, w których istnieje ryzyko występowania pozostałości OTC, jeśli była ona obecna w surowcu. W związku z powyższym wskazane byłoby zastanowić się nad celowością wprowadzenia do rutynowych badań obowiązku określania obecności pozostałości antybiotyków w wyrobach garmażeryjnych otrzymanych z gatunków ryb, które są hodowane w akwakulturach.

Piśmiennictwo

1. Alderman D. J., Hastings T. S.: Antibiotic use in aquaculture: development of antibiotic resistance – potential for consumer health risks. *Int. J. Food Sci. and Technol.* 1998, 33, 139-155.
2. Antychowicz J.: Choroby i zatrucia ryb. Wyd. SGGW, Warszawa 1996.
3. Antychowicz J., Grawiński E.: Edwardsielloza ryb. *Życie Wet.* 1994, 69, 273-275.
4. Antychowicz J., Siwicki A., Waluga J.: Choroby ryb hodowlanych. Wyd. Instytutu Rybactwa Śródlądowego, Olsztyn 1994.
5. Austin B., Austin D. A.: Bacterial Fish Pathogens – Disease of Farmed and Wild Fish. Springer and Praxis Publishing, London 1999.
6. Bast L., Daly J. G., De Grandis S. A., Stevenson R. M. W.: Evaluation of profiles of *Aeromonas salmonicida* as epidemiological markers of furunculosis infections in fish. *J. Gish Dis.* 1988, 11, 133-145.
7. Carignan G., Carrier K., Sved S.: Assay of oxytetracycline residues in salmon muscle by liquid chromatography with ultraviolet detection. *J. AOAC Internat.* 1993, 76, 325-328.
8. Doyle D., McDowall K. J., Butler M. J., Hunter I. S.: Characterization of an oxytetracycline-resistance gene, *otrA* of *Streptomyces rimosus*. *Mol. Microbiol.* 1991, 5, 2923-2933.
9. Du W. X., Marshall M. R., Wheeler W. B., Mathews M., Gatlin D., Rawles S. D., Xu D. H., Rodgers W. A., Wei C. I.: Oxytetracycline, sulfadimethoxine, and ormetoprim residues in channel catfish by HPLC. *J. Food Sci.* 1995, 60, 1220-1224, 1227.
10. Hansen L. H., Ferrari B., Sorensen A. H., Veal D., Sorensen S. J.: Detection of oxytetracycline production by *Streptomyces rimosus* in soil microcosms by combining whole-cell biosensors and flow cytometry. *Appl. Environ. Microbiol.* 2001, 67, 239-244.
11. Ibrahim A., Moats W. A.: Effect of cooking procedures on oxytetracycline residues in lamb muscle. *J. Agric. Food Chem.* 1994, 42, 2561-2563.
12. Kitts D. D., Yu C. W. Y., Aoyama R. G., Burt H. M., McErlane K. M.: Oxytetracycline degradation in thermally processed farmed salmon. *J. Agric. Food Chem.* 1992, 40, 1977-1981.
13. Kolakowska A., Kolakowski E.: Wartość żywieniowa ryb. XXXI Sesja Nauk. Komitetu Technol. Chemii Żywności PAN: Żywność w dobie ekspansji naukowej: potencjał, oczekiwania, perspektywy. Poznań 14-15.09.2000, 57-65.
14. Prost M.: Aktualne problemy ichtioterapii. *Medycyna Wet.* 1994, 50, 51-54.
15. Prost M.: Choroby ryb. *Pol. Tow. Nauk Wet., Lublin* 1994.
16. Prost M.: Leczenie chorób ryb – na podstawie piśmiennictwa z lat 1992-1995. *Medycyna Wet.* 1996, 52, 607-610.
17. Rose M. D., Bygrave J., Farrington W. H., Shearer G.: The effect of cooking on veterinary drug residues in food: oxytetracycline. *Food Add. Contamin.* 1996, 13, 275-286.
18. Rose M. D., Shearer G., Farrington W. H. H.: The thermal stability and effect of cooking on veterinary drug residues in food. *Proc. Euro Residue III Conference, Veldhoven* 1996, s. 829-834.
19. Różańska H.: Materiały szkoleniowe Specjalizacyjnego Studium Podyplomowego z zakresu Higiena zwierząt rzeźnych i żywności pochodzenia zwierzęcego. Państwowy Instytut Weterynaryjny, Puławy 2000.
20. Sikorski Z. E.: Technologia żywności pochodzenia morskigo. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1971.
21. Uno K., Aoki T., Ueno R.: Pharmacokinetic study of oxytetracycline in cultured rainbow trout, amago salmon and yellowtail. *Nihon Suisan Gakkai shi.* 1992, 58, 1151-1156.
22. Uno K., Aoki T., Ueno R.: Pharmacokinetics of oxytetracycline in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) following bolus intravenous administration. *Fish. Sci.* 1997, 63, 90-93.
23. Wojtoń B.: Wykrywanie pozostałości antybiotyków w tkankach zwierzęcych wg „Microbiology Laboratory Guidebook”. USDA Food Safety and Inspection Service. Instytut Wet., Puławy 1985.
24. Zaremba M. L., Borowski J.: Mikrobiologia lekarska. PZWL., Warszawa 1997.

Adres autora: mgr inż. Barbara Kwiatkowska, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin; e-mail: bkwiatkowska@tz.ar.szczecin.pl