Ilona GNIADEK, Andrzej SOBCZYŃSKI

FOSFORANY W PRZETWÓRSTWIE MIĘSA

Jakość żywności, w tym jakość mięsa i przetworów mięsnych, zależy w znacznym stopniu od stosowanych dodatków funkcjonalnych. Z rozwojem żywności wygodnej i żywności funkcjonalnej ich rola będzie jeszcze większa. Dodatki funkcjonalne wpływają w różny sposób na właściwości produktów spożywczych, których są komponentami. Dodawane substancje mogą tworzyć, zmieniać czy poprawiać właściwości sensoryczne, takie jak smak, tekstura czy konsystencja. Mogą także wzmacniać lub stabilizować pożądaną barwę produktu finalnego. Dodatki mogą całkowicie wstrzymać lub w znacznym stopniu zredukować rozwój mikroorganizmów. Substancje dodatkowe stosowane są często w celu uniknięcia strat zachodzących w procesie technologicznym. Ponadto niektóre z dodatków polepszają wartość odżywczą oferowanej na rynku żywności.

Współczesna technika, także ta stosowana w produkcji i konserwacji żywności, opiera się na nowoczesnej nauce. Intensywne badania naukowe zaowocowały nowymi rozwiązaniami technologicznymi, pozwoliły na lepsze poznanie składu żywności i właściwości funkcjonalnych poszczególnych jej komponentów, doprowadziły też do stworzenia nowych substancji dodatkowych – czy to wyodrębnianych z produktów naturalnych, czy otrzymywanych sztucznie na drodze syntezy chemicznej. Dodatki takie, jak zaznaczono wyżej, spełniają bardzo różnorodne funkcje w produktach spożywczych. Przede wszystkim przyczyniają się do otrzymania dobrej jakościowo żywności, a także do polepszenia ekonomiki jej produkcji i dystrybucji.

Mono- i polifosforany jako dodatki funkcjonalne do mięsa i przetworów mięsnych

Peklowanie mięsa jest procesem znanym i rozwijanym już od starożytności. Mięso pekluje się w celu otrzymania dobrych jakościowo produktów i zapewnienia, przynajmniej częściowo, ich trwałości. Nowoczesna wiedza naukowa i technologiczna pozwoliła na rozwój zarówno nowych technik peklowania –

automatycznych urządzeń peklujących, jak i na zastosowanie nowych komponentów do mieszanek peklujących. Od pewnego czasu jako dodatek do mieszanin peklujących mają zastosowanie mono- i polifosforany. Związki te wykazują różnorodne właściwości funkcjonalne, wpływając w dużym stopniu na jakość produktu finalnego. Mieszanki fosforanowe oferowane są na rynku przez różnych producentów. Niestety, zwykle ich skład ilościowy nie jest podawany, nabywcy informowani są zazwyczaj o zawartości w nich fosforu (jako P_2O_5) i sposobach stosowania.

Dlaczego dodaje się fosforany do mieszanek peklujących? W licznych badaniach stwierdzono, że dodatek mono- i polifosforanów polepsza cechy sensoryczne przetworów mięsnych, takie jak: miękkość, soczystość, barwa, smak i zapach, zwiększa także ich wydajność oraz okres przydatności do spożycia. Prowadzi to do zwiększenia ich smakowitości i pożądalności przez konsumentów [3], [10], [11], [12], [17], [25], [27], [29], [30]. Wyjaśnienie mechanizmów działania fosforanów podano poniżej, w punktach, opierając się na bogatej literaturze źródłowej [3], [7], [8], [10], [11], [12], [13], [17], [22], [24], [25], [27], [28], [29], [30], [31].

1. Zależnie od składu mieszanek pH ich wodnego roztworu wynosi od około 7,3 do około 9,7. Ponieważ mieszaniny różnych soli kwasów fosforowych mają właściwości buforujące, użycie dodatku fosforanów pozwala na utrzymanie pH mięsa w żądanym zakresie, 6,0-7,0, nawet w warunkach niezbyt korzystnego środowiska, jakim jest tkanka mięśniowa. Wspomniany zakres pH jest oddalony od punktu izoelektrycznego białek mięsa (pH około 5,4), co pozwala na przyłączenie większej ilości wody. W ten sposób fosforany, podwyższając zdolność wiązania wody przez proteiny mięsa, przyczyniają się do polepszenia soczystości przetworów mięsnych. Dodatkowo odpowiednie pH mięsa i jego przetworów stabilizuje także ich barwę. Dodatek soli kwasów fosforowych działa w sposób podobny do ATP (trójfosforan adenozyny), który ulega szybkiemu rozkładowi po śmierci zwierzęcia – powoduje dysocjację kompleksu aktynomiozynowego. W wyniku tego procesu powstają częściowo rozpuszczalne wolne białka, aktyna i miozyna. W znacznym stopniu odsłonięte ładunki tych białek pozwalają zarówno na przyłączenie większych ilości wody, jak i na lepsze zemulgowanie tłuszczu, np. przez farsz białkowy kiełbas.
2. Fosforany, w szczególności polifosforany, mają dobre właściwości kompleksujące. Kompleksują m.in. obecne w tkance mięśniowej jony żelaza i miedzi, co z kolei zapobiega katalizowanemu przez te jony utlenianiu mioglobiny i stabilizuje czerwony kolor mięsa czy różowy produktów peklowanych, zapobiegając w dużym stopniu niepożądanej zmianie barwy. Kompleksowanie jonów metali, uwolnionych w tkance mięśniowej po śmierci zwierzęcia, hamuje, oprócz utleniania mioglobiny, również inne procesy oksydacyjne, np.

utlenianie nienasyconych kwasów tłuszczowych triacyloglicerolu mięsa, polepszając w ten sposób również smak i zapach mięsa [9], [23].

3. Obecność soli fosforanowych podwyższa siłę jonową soku mięsnego. Wzrost siły jonowej wpływa na zwiększenie rozpuszczalności zdysocjowanej miozyny i w praktyce polepsza adhezję oddzielnych kawałków mięsa w takich wędlinach, jak szynka czy kiełbasa, także inne przetwory mięsne. Wpływ fosforanów jest bardziej zaznaczony w obecności chlorku sodu, podstawowego składnika mieszanki peklującej.
4. Stwierdzono, że dodawane do mięsa w trakcie jego przerobu sole fosforanowe zapobiegają również, w pewnym stopniu, rozwojowi mikroorganizmów, pozwalając na obniżenie zawartości azotanu sodu w mieszance peklującej [1]. Te właściwości fosforanów, zwłaszcza trójfosforanu sodu, zostały wykorzystane do otrzymania kąpieli płuczących, usuwających szereg bakterii, w szczególności *Salmonella*, z powierzchni mięsa [2]. Prowadzone badania, związane głównie z oczyszczaniem powierzchni tuszek drobiowych, wskazują, że kąpiel w około 10% roztworze wodnym trójfosforanu sodowego usuwa również szereg innych mikroorganizmów, takich jak *Escherichia coli, Campylobacter, Listeria monocytogens*, także mezofilną i psychrotropową florę bakteryjną, nie zmieniając przy tym właściwości sensorycznych mięsa [6], [14], [34]. Kąpiel zawierająca trójfosforan sodu została opatentowana i dopuszczona do użytku przez Departament Rolnictwa USA [6], [14], [34].

Zwiększenie stężenia fosforanów w mięsie i jego przetworach prowadzi w pewnych warunkach do ich krystalizacji: biały nalot, złożony głównie z Na_2HPO_4, zauważyć można na powierzchni zewnętrznej lub powierzchni przecięcia batonu. Taka krystalizacja powoduje pogorszenie właściwości sensorycznych produktu wskutek powstania struktury ziarnistej, obniżając pożądalność konsumencką. Wytrącone kryształki są słonawe, o świeżym smaku, łatwo odróżnialnym od smaku NaCl. Krystalizacji Na_2HPO_4 sprzyja wysokie stężenie chlorku sodu, wyższe pH wewnątrz batonu, także wysuszenie wyrobu i przechowywanie w temperaturach niskich, np. w lodówce. Ortofosforany, nawet jeśli nie są dodawane w procesie przetwarzania mięsa (np. peklowania), tworzone są, przy udziale fosfataz obecnych w tkance mięśniowej, z fosforanów naturalnych występujących w mięsie oraz z dodawanych polifosforanów. Stąd „biały nalot" obserwowany jest również często na powierzchni przechowywanych w lodówce kiełbas poddawanych procesowi fermentacji i szynkach konserwowanych (peklowanych) na sucho – wyrobach, do produkcji których nie stosuje się dodatku fosforanów.

Polecane jest także zastosowanie fosforanów do obróbki wstępnej mięsa, w szczególności drobiowego, przy produkcji konserw i w gastronomii. Często stosowanym zabiegiem wstępnym, przed obróbką termiczną, jest marynowanie. Zabieg ten polega na utrzymywaniu mięsa przez pewien czas w odpowiedniej

zalewie, zawierającej składniki smakowe, zapachowe, poprawiające teksturę i inne. Zastosowanie fosforanów do takiej zalewy, np. pirofosforanu czy trójfosforanu sodu, zwiększa wydajność produktu smażonego czy gotowanego, zapobiega stratom wody, zwiększa jego miękkość i polepsza kolor [32], [33], [35], [36], [37].

Zjawisko zwiększonej ekstrakcji białek mięsa w obecności fosforanów zostało zastosowane do odzysku cennych protein z resztek mięsa, przylegających do kości po wstępnej obróbce. Odzyskane białko może być wykorzystane do produkcji farszu do kiełbas, można je stosować również jako czynnik, zwiększający adhezję kawałków mięśni w szynkach [5].

Sole różnych kwasów fosforowych są chętnie stosowane jako dodatki funkcjonalne do mięsa i jego przetworów. Ilość ich dodatku jest jednak limitowana: zgodnie ze standardami Unii Europejskiej, a także standardami krajowymi, ogólna ilość fosforu w wyrobie, wyrażona jako P_2O_5, nie może przekraczać 0,5% masy produktu [21]. Ilość fosforu w tkance mięśniowej zwierząt skorelowana jest z zawartością protein i wynosi około 1% ich ilości (około 0,2 % całkowitej masy mięsa, w przeliczeniu na P_2O_5).

W tkance mięśniowej fosfor występuje w niewielkiej ilości jako składnik białek oraz fosfolipidów. Jednak większość fosforu zawartego w mięsie jest wbudowana w postaci fosforanów w cząsteczki związków, takich jak: adenozyna, inozyna, kreatyna, glikogen czy glukoza [4]. Po śmierci zwierzęcia około 70% wszystkich związków zawierających fosfor ulega szybkiemu rozkładowi z wydzieleniem fosforu w postaci związków nieorganicznych. Występowanie fosforu w takiej postaci, rozpuszczalnej łatwo w kwasach, utrudnia oznaczenie ilościowe różnych mono- i polifosforanów dodawanych w procesie peklowania. Dlatego też nie opracowano do dzisiaj żadnej metody, która pozwoliłaby na oznaczenie ilościowe fosforanów wprowadzonych jako dodatek do mięsa. Wydaje się jednak, że pewna możliwość na opracowanie takiej metody może wynikać z faktu, że fosforany dodawane do mięsa w trakcie jego obróbki ulegają tylko bardzo słabemu związaniu z proteinami tkanki mięśniowej [4]. Badania podjęte w Katedrze Towaroznawstwa Artykułów Spożywczych Akademii Ekonomicznej w Poznaniu idą w kierunku opracowania metody wyodrębnienia z przetworów mięsnych tylko związków fosforu, dodanych do mięsa w trakcie jego przerobu [15].

Jak wspomniano wyżej, unormowania prawne Unii Europejskiej akceptują taki dodatek fosforanów, przy którym całkowita ilość fosforu w wyrobie (jako P_2O_5) nie przekracza 0,5% ogólnej jego masy [21]. Tak przyjęte unormowanie wynika z możliwości oznaczenia tylko całkowitej zawartości fosforu w mięsie czy jego przetworach. W praktyce, po całkowitej mineralizacji próbek wyrobu, zawartość fosforu oznacza się bądź grawimetrycznie, przez wytrącenie różnych soli kwasu fosforomolibdenowego, bądź spektrofotometrycznie [16], [20]. Ma-

jąc na uwadze, że zawartość fosforu w tkance mięśniowej wynosi około 1% ogólnej zawartości w niej protein, można obliczyć ilość fosforu dodawanego podczas obróbki mięsa.

Kontrolowanie zawartości fosforu w mięsie (także innych produktach spożywczych, takich jak niektóre rodzaje serów) jest ważne z dietetycznego punktu widzenia. Obecność fosforu w naszej diecie poprawia adsorpcję wapnia przez organizm, jednak tylko w przypadku równoważnych ich ilości. Z wyjątkiem noworodków stosunek wapnia do fosforu w diecie powinien wynosić 1:1. Przy dużej dawce fosforu, w szczególności gdy stosunek Ca:P dochodzi do 1:4, wzrasta silnie jego stężenie w krwi. Powoduje to z kolei obniżenie stężenia wapnia we osoczu krwi na skutek wytrącenia fosforanu wapnia, który odkłada się w sercu, mięśniach i naczyniach krwionośnych. Innym negatywnym skutkiem ubytku wapnia w krwi jest jego resorpcja z kości, która może doprowadzić do osteoporozy (najpoważniejsze schorzenie związane z nadmiarem fosforu w organizmie). Należy jednak mieć na uwadze, że i niedomiar fosforu w naszej diecie może przyczynić się obniżenia naszej aktywności. Rekomendowana dawka fosforu dla dorosłych wynosi 0,7 grama na dzień [26].

Podsumowanie

Sole kwasów mono- i polifosforowych, stosowane w przetwórstwie mięsa, poprawiają zarówno wydajność wyrobów, ich jakość, jak i właściwości sensoryczne i pożądalność konsumencką. Dodatek fosforanów powoduje głównie zmiany we frakcji białkowej mięśni, przyczyniając się do poprawy tekstury mięsa, jego smaku, zapachu, koloru i soczystości. Fosforany wykazują działanie antybakteryjne i przeciwutleniające, przedłużając okres przydatności do spożycia wyrobów. Niewielki dodatek związków fosforu w spożywanych produktach mięsnych, przy odpowiednio skomponowanej diecie, nie powinien mieć negatywnego wpływu na zdrowie konsumentów.

Bibliografia

[1] Arnau J., Guerrero L., Gou P., *The precipitation of phosphates in meat products*, Fleischwirtschaft 78, 1998, s. 701.

[2] Balder N.M., *Decontamination of meat and poultry carcasses*, Trends in Food Sci & Techol. 8, 1997, s. 221.

[3] Batista I., Vidal I., Laurenço H.M., Sousa I., *Tenderisation of the dog cocle (Glycymeris glycymeris) meat by polyphosphates*, Eur. Food Res. Technol. 210, 1999, s. 31.

[4] Belitz H.-D., Grosch W., *Food chemistry*, 2nd ed., Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 1999.

[5] Boles J.A., Rathgeber B.M., Shand P.J., *Recovery of proteins from beef bone and the functionality of these proteins in sausage batters*, Meat Sci. 55, 2000, s. 223.

[6] Capita R., Alonso-Calleja C., García-Arias M.T., Moreno B., García-Fernández M.C., *Effect of trisodium phosphate on mesophilic and psychotropic bacterial flora attached to the skin of chicken carcasses during refrigerated storage*, Food Sci. Tech. Int. 6, 2000, s. 345.

[7] Cegiełka A., Mroczek J., *Wpływ dodatku preparatu transglutaminy i fosforanów na właściwości modelowych farszów z mięsa kurcząt*, Gospodarka Mięsna 55, 2003, s. 18.

[8] Cegiełka A., Płaczkowska A., Mroczek J., *Wpływ wielkości polifosforanów na jakość szynki drobiowej*, Gospodarka Mięsna 53, 2001, s. 28.

[9] Cheng J.H., Ockerman H.W., *Effects of Anka Rice, nitrite and phosphate on warmed-over flavour and palatibility characteristics in roast beef*, Meat Sci. 49, 1998, s. 55.

[10] DeFreitas Z., Sebranek J.G., Olson D.G., Carr J.M., *Freeze/thaw stability of cooked pork sausages as affected by salt, phosphate, pH and carrageenan*, J. Food Sci. 62, 1997, s. 551.

[11] Detienne N.A., Wicker L., *Sodium chloride and tripolyphosphate effects on physical and quality characteristics of injected pork loins*, J. Food Sci. 64, 1999, s. 1042.

[12] Duda Z., *Dodatki funkcjonalne w przetwórstwie mięsa*, Gospodarka Mięsna 51, 1999, s. 32.

[13] Dzieżak J.D., *Phosphates improve many foods*, Food Technol. 44, 1990, s. 80.

[14] Ellebroek L., Okolocha E.M., Weise E., *Decontamination of poultry meat with trisodium phosphate and lactic acid*, Fleischwirtschaft Int. 4, 1998, s. 13.

[15] Gniadek I., Jursza A., Sobczyński A., *Preliminary studies on quantitative determination of phosphorous added during meat processing*, w: *Current trends in commodity science*, Proc. 7th Int. Commodity Sci. Conf., Poznań, Poland, Sept. 2002, s. 524.

[16] Kłossowska B., *Przegląd aktualnych norm z zakresu analityki chemicznej mięsa i przetworów mięsnych*, Gospodarka Mięsna 55, 2003, s. 20.

[17] Lee B.J., Hendricks D.G., Cornforth D.P., *Effect of sodium phytate, sodium pyrophosphate and sodium tripolyphosphate on physico-chemical characteristics of restructured beef*, Meat Sci. 50, 1998, s. 273.

[18] Polska Norma PN-ISO 13730 : 1999 „Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości fosforu całkowitego, metoda spektrofotometryczna".

[19] Polska Norma PN-A-82060 : 1999 „Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości fosforu".

[20] Polska Norma PN-ISO 2294 : 1999 „Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości fosforu całkowitego, metoda odwoławcza".

[21] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 marca 2003 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, substancji pomagających w przetwarzaniu i warunków ich stosowania (DzU z 2003 r. nr 87, poz. 805).

[22] Rutkowski A., Gwiazda S., *Fosforany i ich funkcja technologiczna*, Gospodarka Mięsna 45, 1993, s. 23.

[23] Shahidi F., Rubin L.J., *Control of lipid oxidation in ground pork with antioxidants and dinitrosyl ferrochemochrone*,. J. Food Sci. 52, 1987, s. 564.
[24] Słowiński M., Janikiewicz L., *Zastosowanie fosforanów w produkcji kiełbas*, Mięso i Wędliny 3, 1995, s. 2.
[25] Smith L.A., Simmons S.L., McKeith F.K., *Effects of sodium tropilyphosphate on physical and sensory properties of beef and pork roats*, J. Food Sci. 49, 1984, s. 1639.
[26] Stępień M., *Jak dodatki funkcjonalne wpływają na jakość zdrowotną przetworów mięsnych*, Dostawcy dla Przemysłu Mięsnego 2, 2003, s. 4.
[27] Sutton D.S., Brewer M.S., McKeith F.K., *Effect of sodium lactate and sodium phosphate on the physical and sensory characteristics of pumped pork loins*, J. Muscle Foods 8, 1997, s. 111.
[28] Szponar L., Gielińska I., *Aspekty technologiczne i żywieniowe stosowania dodatków w przemyśle mięsnym*, Gospodarka Mięsna 52, 2000, s. 40.
[29] Torley P.J., D'Arcy B.R., Trout G.R., *The effect of ionic stregth, polyphosphates type, pH, cooking temperature and preblending on the functional properties of normal and pale, soft, exudative (PSE) pork*, Meat Sci. 55, 2000, s. 451.
[30] Vote D.J., Platter W.J., Tatum J.D., Schmidt G.R., Belk K.E., Smith G.C., Speer N.C., *Injection of beef strip loins with solutions containing sodium tripolyphosphate, sodium lactate, and sodium chloride to enhance palatability*, J. Anim. Sci. 78, 2000, s. 952.
[31] Weber H., *Wie Hürden die Productqualität sichern*, Fleischwirtschaft 4, 2002, s. 55.
[32] Xiong Y.L., Kupski D.R., *Monitoring phosphate marinade penetration in tumbled chicken filets using a thin-slicing, dye tracing method*, Poultry Sci. 78, 1999, s. 1048.
[33] Xiong Y.L., Kupski D.R., *Time-dependent marinade absorption and retention, cooking yield, palatability of chicken filets marinated in various phosphate solutions*, Poultry Sci. 78, 1999, s. 1053.
[34] Yang Z., Li Y., Slavik M., *Use of antimicrobial spray applied with an inside-outside birdwasher to reduce bacterial contamination on prechilled chicken carcasses*, J. Food Protect. 61, 1998, s. 829.
[35] Young L.L., Buhr R.J., *Effect of electrical stimulation and polyphosphate marination on drip from early-harvested, individually quick-frozen chicken breast filets*, Poultry Sci. 79, 2000, s. 925.
[36] Young L.L., Buhr R.J., Lyon C.E., *Effect of polyphosphate treatment and electrical stimulation on postchill changes in quality of broiler breast meat*, Poultry Sci. 78, 1999, s. 267.
[37] Young L.L., Lyon C.E., *Effects of rigor state and addition of polyphosphates on the color of cooked turkey meat*, Poultry Sci. 73, 1994, s. 1149.

PHOSPHATES IN MEAT PROCESSING

Summary

The article presents benefits resulting from using mono- and polyphosphates as additive to meat and meat products. Moreover, the authors briefly describe the scientific grounds for the influence of phosphates on the quality of meat products and their impact on the muscle tissue. The article also touches on restrictions of the application of phosphates resulting from relevant EU regulations, on the possibilities of marking phosphates in meat and meat products and on their nutritive value.

Tłum. *Ewa Kotkowska*

BIBLIOTEKA AE W Poznaniu