

DOMINIK SZWAJGIER, TOMASZ CZERNECKI, MONIKA CZERNECKA,
ZDZISŁAW TARGOŃSKI

Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ZMIANY ZAWARTOŚCI LIKOPENU ORAZ AKTYWNOŚCI PRZECIWRODNIKOWEJ W CZASIE PRZECHOWYWANIA PRZETWORÓW POMIDOROWYCH

Streszczenie. W niniejszej pracy zbadano wpływ sposobu przygotowania i przechowywania przecierów i koncentratów pomidorowych na zmiany zawartości likopenu i aktywności przeciwrodnikowych tych przetworów. W przypadku wszystkich przetworów nie zaobserwowano zmniejszenia stężenia likopenu po 16 tygodniach przechowywania. Zastosowanie preparatu enzymatycznego Viscozym pozwoliło na zwiększenie stężenia likopenu w przecierze (z pomidorów rozparzanych przez 10 min) i w koncentracie (z pomidorów rozparzanych przez 20 min), nie stwierdzono natomiast wzrostu stężenia likopenu po 30 min rozparzania pomidorów. Największe wartości aktywności przeciwrodnikowych mierzonych metodami z kationorodnikami ABTS^{•+} i rodnikami DPPH[•] wykazały przetwory bez przechowywania, ponadto otrzymano rozbieżne wartości aktywności przeciwrodnikowych dotyczące wpływu preparatu enzymatycznego i czasu rozparzania pomidorów – w zależności od zastosowanej metody. W przypadku wszystkich prób przetworów obserwowano znaczące zmniejszenie wartości aktywności przeciwrodnikowych po 4 tygodniach przechowywania niezależnie od sposobu wytwarzania oraz dalsze zmniejszenie po 16 tygodniach przechowywania.

Słowa kluczowe: likopen, pomidor, aktywność przeciwrodnikowa, rodniki DPPH[•], kationorodniki ABTS^{•+}

Wstęp

W przeszłości opublikowano wiele prac wskazujących na prewencyjną rolę likopenu w zapobieganiu chorobom nowotworowym. Wyjaśniono już niektóre molekularne mechanizmy działania likopenu w ochronie przed rakiem prostaty, w które zaangażowane są komórki wyposażone w receptory adrenergiczne jak i nie zawierające tych receptorów (IVANOV i IN. 2007).

W badaniach epidemiologicznych wskazuje się na istotne zmniejszenie ryzyka raka górnych dróg oddechowych dzięki spożywaniu pomidorów, przetworów pomidorowych i oczyszczonego likopenu (DE STEFANI i IN. 2000). Dowiedziono także – zależne od dawki likopenu w diecie – zmniejszenie proliferacji komórek białaczki erytroblastycznej, chronicznej białaczki limfoblastycznej i nowotworów komórek jelita (SALMAN i IN. 2007). Stwierdzono chemoprewencyjne działanie likopenu z pomidorów w czasie indukowania nowotworów płuc u samców myszy doświadczalnych wywołanych przez dietylonitrozomoczan, N-metylo-N-nitrozomoczan i 1,2-dimetylohydrazynę (KIM i IN. 1997), a także w czasie chemicznego uszkodzenia nici DNA pod wpływem nadtlenu wodoru, metylometasulfonianu i tlenku 4-nitrochinolinu (SCOLASTICI i IN. 2007). Likopen może działać ochronnie na organizm w przypadku niektórych silnych mutagenych amin heterocyklicznych powstających w czasie obróbki potraw mięsnych i rybnych (WEISBURGER i IN. 1998), jak również w przypadkach chemicznego uszkodzenia DNA i chromosomów przez takie czynniki, jak nadtlenuk wodoru lub n-nitrozodietiloamina, co dowiedziono w badaniach z użyciem komórek pierwotnego raka wątroby (SCOLASTICI i IN. 2008). Sugeruje się, że likopen jest zaangażowany w modulację komunikacji międzykomórkowej w przestrzeniach międzykomórkowych komórek nowotworowych ludzkiego nowotworu piersi i w hamowanie wzrostu tychże komórek (FORNELLI i IN. 2007). Produkt utleniania likopenu: 2,7,11-trimetylotetradecaheksano-1,14-dial działał stymulująco na komunikację międzykomórkową między komórkami epitelialnymi wątroby szczura (AUST i IN. 2003). Wprowadzenie likopenu do diety szczurów pozwoliło na ochronienie komórek wątroby przed oksydacyjnym zniszczeniem spowodowanym przez nitriloctan żelazowy, co miało bezpośredni związek z 75-procentowym zmniejszeniem stężenia aldehydu malonowego w wątrobie zwierząt doświadczalnych (MATOS i IN. 2001). Inne badania wskazują na poprawę kondycji oksydacyjnej w organizmie szczurów przez zmniejszenie stężenia związków reagujących z kwasem tiobarbiturowym (JAIN i IN. 1999). Stwierdzono także ochronne działanie likopenu w stosunku do komórek HepG2 wątroby w stanach oksydacyjnych spowodowanych spożyciem etanolu, przez co następowało hamowanie apoptozy tych komórek (XU i IN. 2003). AGARWAL i VENKETESHWER (1998) donieśli o ograniczeniu procesów utleniania lipidów i frakcji LDL po spożyciu pomidorów, mimo że nie zaobserwowali zmian stężenia cholesterolu ogółem (jak również poszczególnych frakcji: LDL, HDL), stężenie zaś likopenu w plazmie wzrosło dwukrotnie w czasie doświadczenia prowadzonego z udziałem ochotników. W innym badaniu (AHUJA i IN. 2006) stwierdzono wzrost stężenia frakcji HDL cholesterolu oraz zmniejszenie zawartości triacylogliceroli w plazmie badanych osób po spożyciu diety bogatej w oliwę z oliwek i likopen chociaż nie stwierdzono wzrostu aktywności przeciwutleniającej ani zmniejszenia podatności lipidów surowicy na utlenianie. Inne badania także potwierdzają zmniejszenie stężenia triacylogliceroli po spożyciu czerwonych (ale nie żółtych) pomidorów (GITENAY i IN. 2007). Także w innych badaniach wykazano spowolnienie rozwoju zmian miażdżycowych naczyń krwionośnych, obniżenie poziomu cholesterolu, triacylogliceroli, utlenionych frakcji LDL, aldehydu malonowego oraz zwiększoną aktywność przeciwutleniającą po spożyciu likopenu przez zwierzęta doświadczalne (HU i IN. 2008). U ludzi wykazano ochronne działanie likopenu przed wolnymi rodnikami i tlenkiem azotu (IV) po 14 dniach spożywania żywności bogatej w ten związek (BÖHM i IN. 2001), wzrost stężenia likopenu w plazmie osób spożywających keczup i w konsekwencji zmniejszenie utleniania białek i lipidów

osocza (RAO i SHEN 2002) oraz przeciwzapalne i antykoagulacyjne działanie likopenu w modelu zapalenia uszu u myszy doświadczalnych (YAPING i IN. 2003). Likopen przeciwdziała agregacji płytek krwi i tworzeniu skrzepów (HSIAO i IN. 2005), wraz z α -tokoferolem hamuje syntezę czynnika aktywującego płytki (Platelet Activating Factor-PAF) i promuje działanie transacetylazy tworzącej acylową pochodną czynnika aktywującego płytki (acyl-PAF) w komórkach śródbłonka, modulując w ten sposób biosyntezę PAF i acyl-PAF (BALESTRIERI i IN. 2004). Stwierdzono zmniejszenie toksyczności aflatoksyny B1 pod wpływem likopenu w diecie poprzez hamowanie metabolicznej aktywacji tej toksyny i indukcję jej metabolizmu w wątrobie w wyniku zahamowania tworzenia adduktów aflatoksyny z DNA lub z albuminą (TANG i IN. 2007). W świetle powyższych wyników badań wydaje się istotne badanie czynników wpływających na zmiany zawartości likopenu oraz aktywności przeciwrodnikowych w czasie przetwarzania pomidorów oraz przechowywania gotowych przetworów, co było celem niniejszej pracy.

Material i metody

Do badań wykorzystano pomidory odmiany 'Etna' w stanie dojrzałości konsumpcyjnej. Przecier pomidorowy otrzymano z umytych, krojonych na ćwiartki i następnie rozparzanych pomidorów (Termomix, 2000 obr/min przez 1 min, 90-95°C, 10, 20 lub 30 min). Owoce przecierano na gorąco przez sito o średnicy oczek 1 mm. Otrzymany przecier homogenizowano w homogenizatorze laboratoryjnym (10 000 obr/min, 30 s). W przypadku stosowania preparatu enzymatycznego Ultrazym AFP-L (Novozymes, 0,01 g/kg przecieru) dodawano go po homogenizacji i schłodzeniu przecieru do temperatury 45°C, a następnie przecier inkubowano w tej temperaturze przez 2 h, po czym podgrzewano go (Thermomix, 2000 obr/min, 1 min, 90-95°C) i powtórnie homogenizowano w homogenizatorze laboratoryjnym (10 000 obr/min, 30 s.). Preparat enzymatyczny Ultrazym AFP-L (w formie roztworu, wykazujący główne aktywności pektynaz i celulaz) dodawano bezpośrednio do przecierów bez uprzedniego rozcieńczenia. Gotowe przecier rozlewano do szklanych słoiczków (150 cm³), pasteryzowano (łaźnia wodna, 95°C, 20 min) i przechowywano w pomieszczeniu gastronomicznym bez dostępu światła (zamknięta szafka) lub w obecności światła (przeciętne natężenie światła 200-250 lx/m²) przez 1, 4, 8 i 16 tygodni (temperatura 20-23°C). Koncentrat pomidorowy o stężeniu 30°Bx otrzymano po zagęszczaniu w wyparce próżniowo-rotacyjnej (40-42°C, podciśnienie 0,9 atm) przecierów wytworzonych z użyciem preparatu Ultrazym AFP-L przez rozparzanie przez 10 lub 20 min, jak opisano wyżej. Koncentrat rozlewano do szklanych słoiczków (150 cm³), pasteryzowano (łaźnia wodna, 95°C, 20 min) i przechowywano bez dostępu światła (zamknięta szafka) lub w obecności światła (przeciętne natężenie światła 200-300 lx/m²) przez 1, 4, 8 i 16 tygodni (temperatura 20-23°C). Przetwory zamrażano zaraz po ich wytworzeniu i po osiągnięciu założonych okresów przechowywania (-20°C). Wszystkie próbki analizowano równocześnie bezpośrednio po rozmrożeniu.

Oznaczanie zawartości likopenu metodą spektrofotometryczną przeprowadzono według FISHA i IN. (2002). 0,5-gramowe próbki (z dokładnością do 0,0001 g) wprowadzano do wialki ekstrakcyjnej, dodawano 5 cm³ acetonu (zawierającego 0,05% (w/v)

BHT), 5 cm³ 95-procentowego etanolu i 10 cm³ heksanu. Wialki zamykano korkiem teflonowym i ekstrahowano w wytrząsarce przy prędkości obrotowej 150 obr/min przez 15 min w lodzie. Po tym czasie dodawano 3 cm³ wody dejonizowanej i próbki wytrząsano ponownie przez 5 min. Następnie pozostawiano próbki na 5 min w temperaturze pokojowej w celu rozseparowania faz, po czym mierzono absorbancję fazy heksanowej przy długości fali 503 nm wobec heksanu. Zawartości likopenu wyliczono, korzystając z molowego współczynnika ekstynkcji wynoszącego $17,2 \times 10^4$ M/cm. Każdą próbkę analizowano w sześciu powtórzeniach. Na podstawie wyników oznaczeń wyliczono średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe.

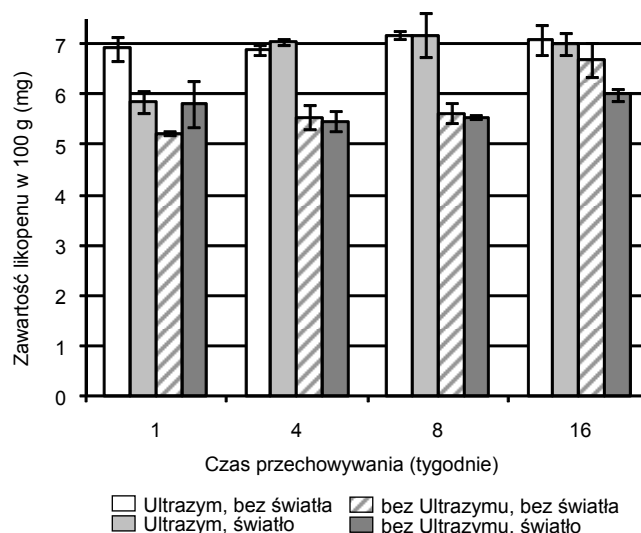
Aktywności przeciwrodnikowe przetworów pomidorowych z kationorodnikami ABTS⁺⁺ mierzono zgodnie z metodą podaną przez MILLER i IN. (1993) z modyfikacjami zaproponowanymi przez RE i IN. (1999). W celu sporządzenia roztworu kationorodników ABTS⁺⁺ odpowiednią naważkę odczynnika rozpuszczono w niewielkiej objętości wody, a następnie rozcieńczono do roboczego stężenia za pomocą wody dejonizowanej lub etanolu (98-procentowego). Wodny lub etanolowy roztwór ABTS (7 mmol/dm³) z nadsiarczanem potasowym (2,45 mmol/dm³) po przygotowaniu pozostawiono na 24 h w temperaturze pokojowej. Bezpośrednio przed analizami absorbancję roztworu ABTS⁺⁺ mierzono przy 743 nm (Spekol 11, Carl Zeiss Jena, Niemcy) doprowadzono do wartości $0,70 \pm 0,02$. Do kuwety pomiarowej spektrofotometru wprowadzono 0,02 g badanej próbki, 1,5 cm³ roztworu ABTS⁺⁺ i 0,13 cm³ wody dejonizowanej i mierzono zmiany absorbancji przy 734 nm po upływie 60 s. Pomiar prowadzono w temperaturze 20°C. W przypadku każdej badanej próbki wykonano sześć powtórzeń oznaczenia. Aktywność przeciwrodnikową próbek wyrażono w równoważnikach Troloxu (syntetyczny analog witaminy E) po sporządzeniu krzywej wzorcowej. Jako jednostkę równoważnika Troloxu przyjęto 1 mmol Troloxu zawarty w 1 dm³ roztworu.

Aktywności przeciwrodnikowe przetworów pomidorowych z rodnikami DPPH^{*} mierzono zgodnie z metodą podaną przez BRAND-WILLIAMS i IN. (1995). Do 0,02 g badanej próbki dodano 1,95 cm³ roztworu DPPH^{*} w metanolu (0,060 mmol/dm³), a następnie mierzono zmiany absorbancji roztworu przy 515 nm (Spekol 11, Carl Zeiss Jena, Niemcy, 20°C) co minutę do momentu osiągnięcia stanu równowagi rodników DPPH^{*} w roztworze. Aktywność przeciwrodnikową próbek wyrażono w równoważnikach Troloxu po sporządzeniu krzywej wzorcowej z użyciem tego wzorcowego przeciwutleniacza. Jako jednostkę równoważnika Troloxu przyjęto 1 mmol Troloxu zawarty w 1 dm³ roztworu. W przypadku każdej badanej próbki wykonano sześć powtórzeń oznaczenia. W toku prezentowanych oraz poprzednich badań autorów niniejszej pracy wykluczono wpływ dodatku preparatu enzymatycznego Ultrazym na wyniki oznaczania aktywności przeciwrodnikowej za pomocą metod z kationorodnikami ABTS⁺⁺ i rodnikami DPPH^{*}.

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie za pomocą oprogramowania Statistica 8.0 firmy StatSoft, Polska. Zastosowano rutynowe techniki statystyczne, jak: obliczenie średniej, odchylenie standardowe, analiza wariancji w układzie z powtórzonymi pomiarami w wersji jedno- i wielowymiarowej oraz analiza korelacji (Pearsona, R Spearmana). W ocenie istotności otrzymanych wyników posłużono się poziomem istotności, którego wartość dla wiarygodnych rezultatów przyjęto jako $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

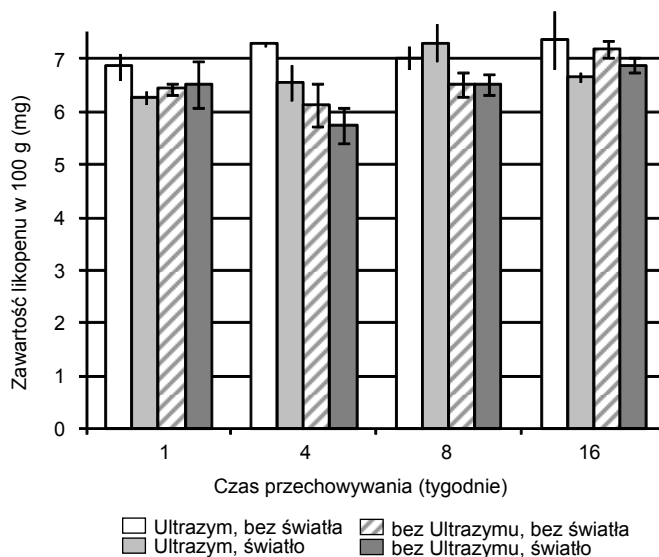
Rysunki 1 i 2 przedstawiają zawartości likopenu w próbach przecierów rozparzanych przez 10 lub 30 min, które zmierzono bezpośrednio po wytworzeniu oraz po 1, 4, 8 i 16 tygodniach przechowywania.



Rys. 1. Zmiany zawartości likopenu w czasie przechowywania przecierów z pomidorów rozparzanych przez 10 min

Fig. 1. Changes in lycopene concentrations during storage of tomato pastes heated for 10 min

Zastosowanie preparatu enzymatycznego Viscozym w czasie 10-minutowego rozparzania pomidorów na przecier (rys. 1) spowodowało istotne ($p < 0,05$) zwiększenie stężenia likopenu w stosunku do przecieru wytworzonego bez dodatku preparatu i przechowywanego przez okres 1-8 tygodni. Zaobserwowano wzrost stężenia likopenu w próbach wytworzonych bez Ultrazymu po 16 tygodniach przechowywania ($p < 0,05$) i wynik ten wymaga dokładniejszego zbadania w przyszłości. Nie stwierdzono istotnego statystycznie ($p > 0,05$) wpływu obecności światła na zawartości likopenu (rys. 1) w przypadku użycia preparatu enzymatycznego, jak i jego braku. Nie stwierdzono również wpływu zastosowania preparatu Viscozym na zawartości likopenu po wydłużeniu czasu rozparzania pomidorów z 10 do 30 min (rys. 2). Niezależnie od tego, czy w czasie wytwarzania przecieru stosowano preparat Viscozym czy nie, jak również bez względu na to, czy próbki przecierów rozparzanych przez 30 min przechowywano przez 16 tygodni przy dostępie światła czy bez niego (rys. 2), nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian zawartości likopenu ($p > 0,05$), niemniej jednak, podobnie jak w przypadku przecierów rozparzanych przez 10 min (rys. 1), stwierdzono istotny na poziomie $p = 0,07$ wzrost stężenia likopenu w próbach wytworzonych bez Ultrazymu po 8 i 16 tygodniach przechowywania. Podsumowując powyższe wyniki, można stwierdzić, że Ultrazym



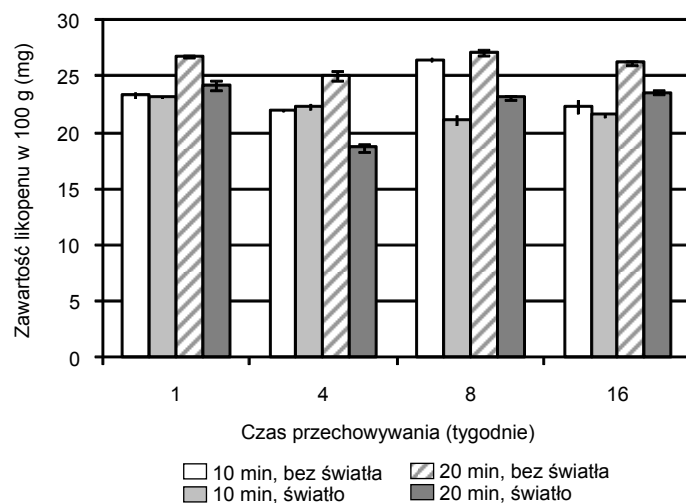
Rys. 2. Zmiany zawartości likopenu w czasie przechowywania przecierów z pomidorów rozparzanych przez 30 min

Fig. 2. Changes in lycopene concentrations during storage of tomato pastes heated for 30 min

pozwalał na zwiększenie stężenia likopenu jedynie w przecierach, które poddano ogrzewaniu w krótszym czasie. Stwierdzono nikłą korelację ($0 < r < 0,1$) między zawartością likopenu w przecierach przechowywanych przez 1 tydzień i czasem rozparzania pomidorów, jak również między zastosowaniem preparatu Ultradym i niezastosowaniem go oraz między przechowywaniem przetworów przez tydzień w obecności światła i bez niego. Podobnie nie stwierdzono korelacji między zmianami zawartości likopenu we wszystkich przecierach pomidorowych i czasem przechowywania przetworów.

Pośród koncentratów uzyskanych z przecierów pomidorowych rozparzanych wyłącznie z Ultradymem (rys. 3) największą zawartość likopenu stwierdzono w przypadku koncentratu uzyskanego bezpośrednio po zagęszczeniu przecieru wyprodukowanego z pomidorów rozparzanych przez 20 min ($p < 0,05$). Po porównaniu czterech rodzajów analizowanych próbek w poszczególnych okresach kontrolnych (1-16 tygodni) można stwierdzić, że we wspomnianej próbce wystąpiła największa zawartość likopenu. Należy podkreślić, że w przypadku żadnego badanego koncentratu nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w zawartościach likopenu między próbkami przechowywanymi przez 1 tydzień i odpowiadającymi im próbkami przechowywanymi przez 16 tygodni. Stwierdzono, że zawartość likopenu w koncentratyach przechowywanych przez 1, 4, 8 i 16 tygodni nie była skorelowana ani z czasem rozparzania pomidorów, ani z przechowywaniem przetworów w obecności światła czy bez niego.

Aktywności przeciwrodnikowe przetworów z pomidorów wyznaczono z użyciem wolnych rodników trzema metodami: dwiema modyfikacjami metody z kationrodnikami ABTS^{•+} i jedną z rodnikami DPPH[•], a wyniki wyrażono w równoważnikach Troloxu.

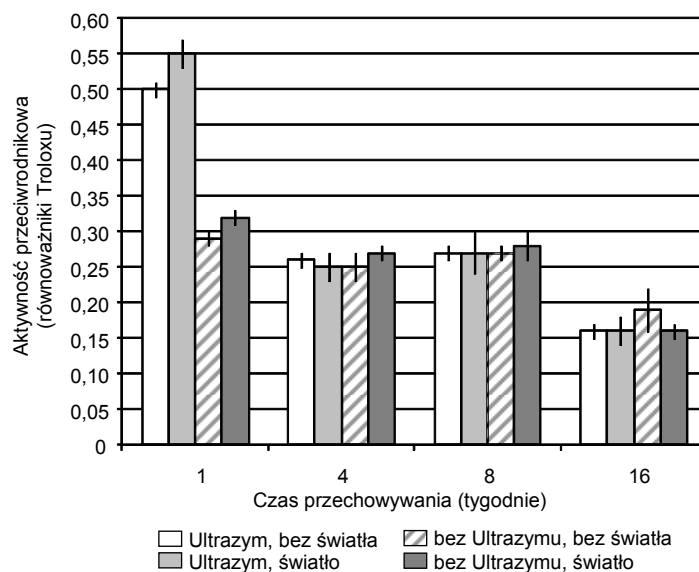


Rys. 3. Zmiany zawartości likopenu w czasie przechowywania koncentratów z pomidorów rozparzanych przez 10 lub 20 min w obecności preparatu Viscozym

Fig. 3. Changes in lycopene concentrations during storage of tomato paste concentrates heated for 10 or 20 min with enzyme preparation Viscozym

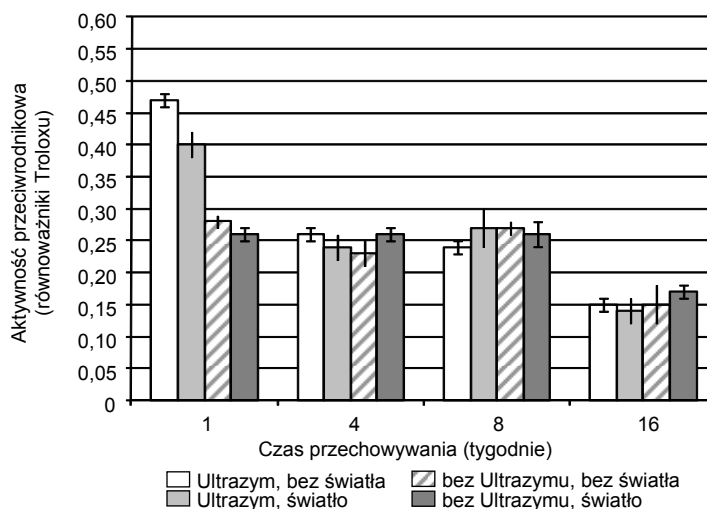
W przypadku metody z kationorodnikami ABTS⁺ w roztworze wodnym (rys. 4-6) istotnie większe ($p < 0,05$) aktywności antyrodnikowe wykazały przecieiry ogrzewane przez 10 i 20 min (rys. 4, 5) w obecności preparatu Ultrazym i przechowywane przez 1 tydzień, zarówno przy dostępie światła, jak i przy jego braku (rys. 4, 5). Przedłużenie rozparzania pomidorów do 30 min (rys. 3) wywołało osłabienie aktywności antyrodnikowych przetworów, największą zaś aktywność wykazał przecier przygotowany z preparatem Ultrazym i przechowywany przez 1 tydzień bez dostępu światła. Stwierdzono, że aktywności przeciwrodnikowe mierzone wymienioną metodą były przeciętnie skorelowane ($0,3 < r < 0,5$) z czasem przechowywania przecierów, a nie były skorelowane wcale ani z czasem rozparzania pomidorów, ani z przechowywaniem przetworów w obecności światła lub jego braku.

Niezależnie od sposobu przetwarzania pomidorów na przecier wartości aktywności przeciwrodnikowych wszystkich próbek po 4 i 8 tygodniach nie różniły się istotnie statystycznie ($p > 0,05$). Ponadto aktywności przeciwrodnikowe mierzone omawianą metodą zmniejszyły się po dalszych 8 tygodniach przechowywania (rys. 4-6) i nie różniły się statystycznie niezależnie od sposobu przygotowania prób przecierów ($p > 0,05$). W celu weryfikacji powyższych wyników wykonano pomiary aktywności antyrodnikowych za pomocą zmodyfikowanej metody z ABTS⁺ w roztworze etanolu. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ($p > 0,05$) aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 10, 20 i 30 min (rys. 7-9) i przechowywanych przez 1, 4 i 8 tygodni. Należy zauważyć, że podobnie jak w przypadku wyników uzyskanych poprzednią metodą – z kationorodnikami ABTS⁺ – aktywności przeciwrodnikowe



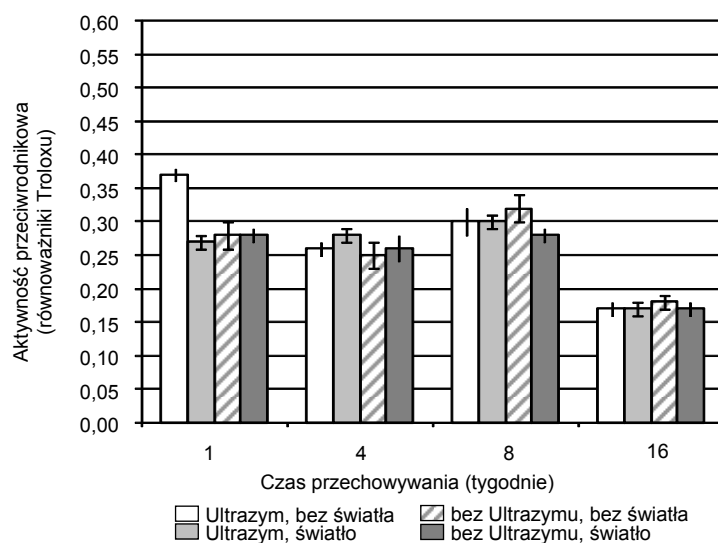
Rys. 4. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 10 min (mierzone z kationorodnikami ABTS^{•+} w roztworze wodnym)

Fig. 4. Changes of antiradical activities of tomato pastes heated for 10 min (measured with ABTS^{•+} radicals in water solution)



Rys. 5. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 20 min (mierzone z kationorodnikami ABTS^{•+} w roztworze wodnym)

Fig. 5. Changes of antiradical activities of tomato pastes heated for 20 min (measured with ABTS^{•+} radicals in water solution)



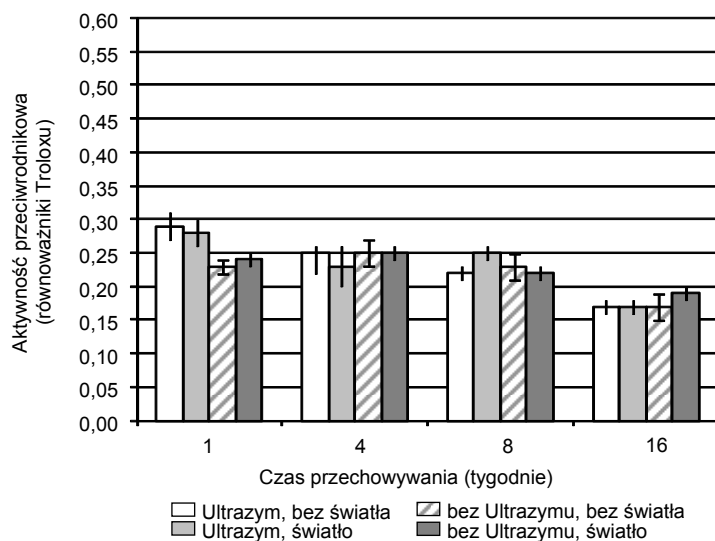
Rys. 6. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 30 min (mierzone z kationorodnikami ABTS^{•+} w roztworze wodnym)

Fig. 6. Changes of antiradical activities of tomato pastes heated for 30 min (measured with ABTS^{•+} radicals in water solution)

zmniejszyły się istotnie statystycznie ($p < 0,05$) po 16 tygodniach przechowywania wszystkich przecierów, niezależnie od sposobu ich przygotowania. Niezależnie też od czasu rozparzania pomidorów, nie stwierdzono różnic w aktywnościach przeciwrodnikowych żadnej z próbek analizowanych po 16 tygodniach przechowywania (rys. 7-9). Stwierdzono, że aktywności przeciwrodnikowe mierzone wymienioną metodą były przeciętnie skorelowane ($0,3 < r < 0,5$) z czasem przechowywania przecierów.

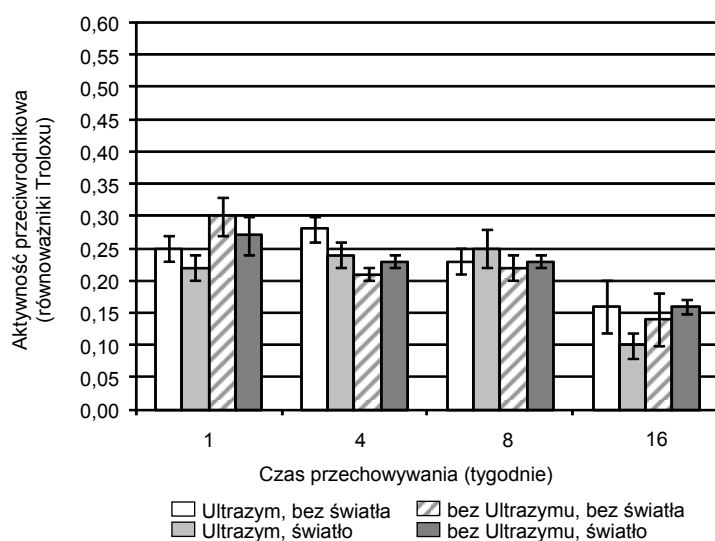
Wyniki analiz aktywności przeciwrodnikowych próbek przecierów z rodnikami DPPH[•] wykazały, że nie jest możliwe jednoznaczne wskazanie sposobu przetwarzania pomidorów na przecier, aby charakteryzowały się one zwiększonymi wartościami aktywności przeciwrodnikowych (rys. 10-12), niemniej jednak można stwierdzić statystycznie istotne wyższe wartości aktywności przeciwrodnikowych przecierów rozparzanych 10 lub 30 min bez preparatu Ultradym i przechowywanych przez tydzień bez dostępu światła (rys. 10, 12). Stwierdzono dużą wartość korelacji ($0,5 < r < 0,7$) czasu przechowywania przetworów i aktywności przeciwrodnikowych mierzonych z rodnikami DPPH[•] oraz brak korelacji aktywności przeciwrodnikowych zarówno z czasem rozparzania pomidorów, jak i z warunkami świetlnymi przechowywania przetworów.

W czasie przechowywania przecierów obserwowano niewielkie zmniejszenie lub stabilizację wartości aktywności przeciwrodnikowych (z rodnikami DPPH[•]) wszystkich przecierów (niezależnie od czasu rozparzania) w ciągu 8 tygodni ich przechowywania i istotnie statystycznie ($p < 0,05$) zmniejszenie aktywności przeciwrodnikowych po 16 tygodniach przechowywania. Podsumowując, można stwierdzić, że sposób przetwarzania pomidorów na przecier nie miał wpływu na wartości aktywności przeciwrodnikowych



Rys. 7. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 10 min (mierzone z kationorodnikami ABTS^{•+} w roztworze etanolu)

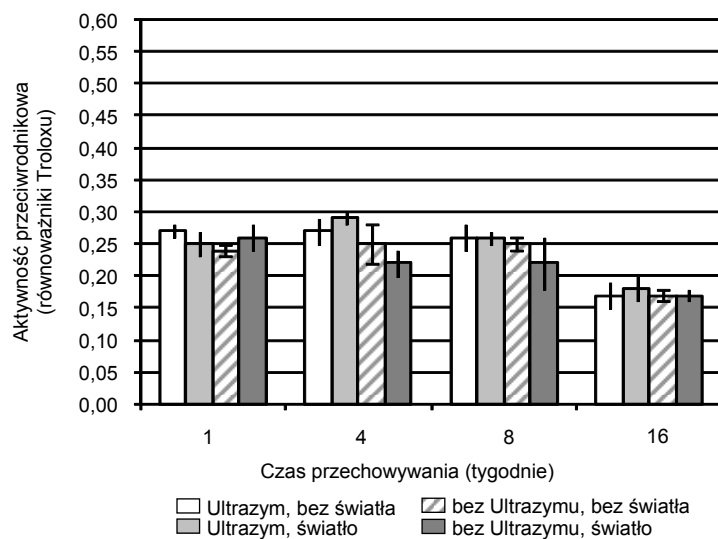
Fig. 7. Changes of antiradical activities of tomato pastes heated for 10 min (measured with ABTS^{•+} radicals in ethanol solution)



Rys. 8. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 20 min (mierzone z kationorodnikami ABTS^{•+} w roztworze etanolu)

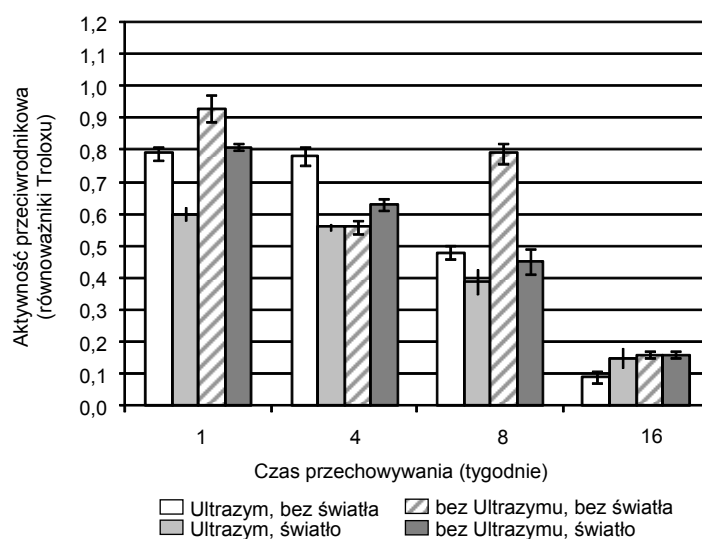
Fig. 8. Changes of antiradical activities of tomato pastes heated for 20 min (measured with ABTS^{•+} radicals in ethanol solution)

Szwajgier D., Czernecki T., Czernecka M., Targoński Z., 2009. Zmiany zawartości likopenu oraz aktywności przeciwrodnikowej w czasie przechowywania przetworów pomidorowych. Nauka Przyr. Technol. 3, 4, #133.



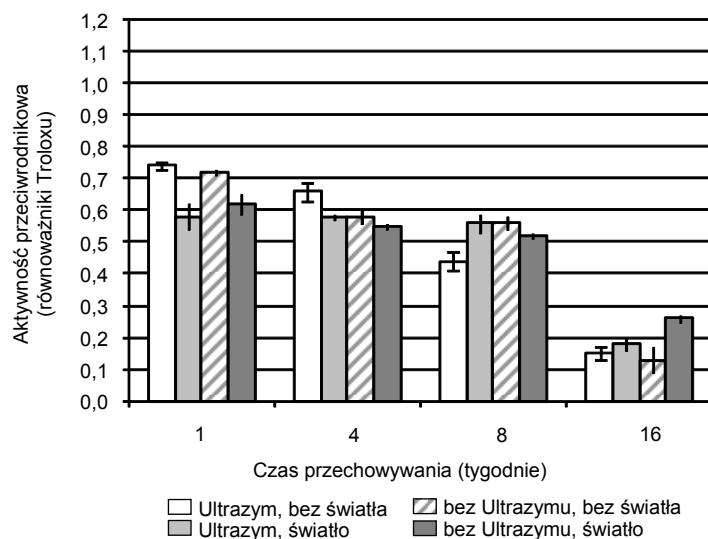
Rys. 9. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 30 min (mierzone z kationrodnikami ABTS^{•+} w roztworze etanolu)

Fig. 9. Changes of antiradical activities of tomato pastes heated for 30 min (measured with ABTS^{•+} radicals in ethanol solution)



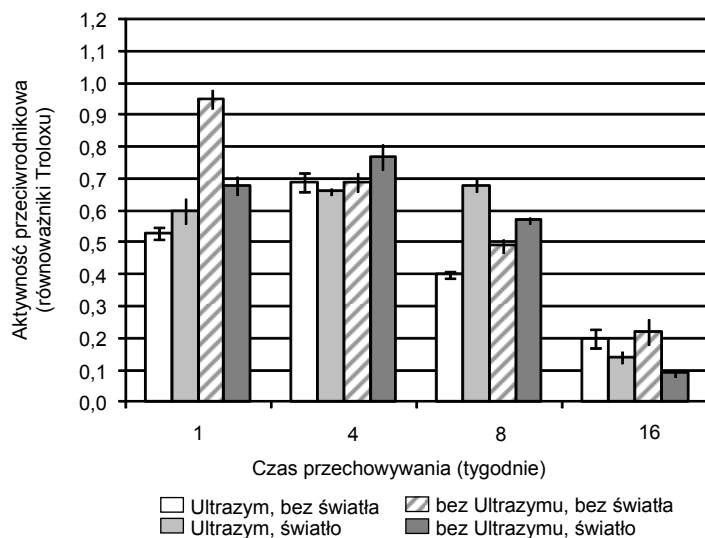
Rys. 10. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 10 min (mierzone z rodnikami DPPH[•])

Fig. 10. Changes of antiradical activities of tomato pastes heated for 10 min (measured with DPPH[•] radicals)



Rys. 11. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 20 min (mierzone z rodnikami DPPH')

Fig. 11. Changes of antiradical activities of tomato pastes heated for 20 min (measured with DPPH' radicals)

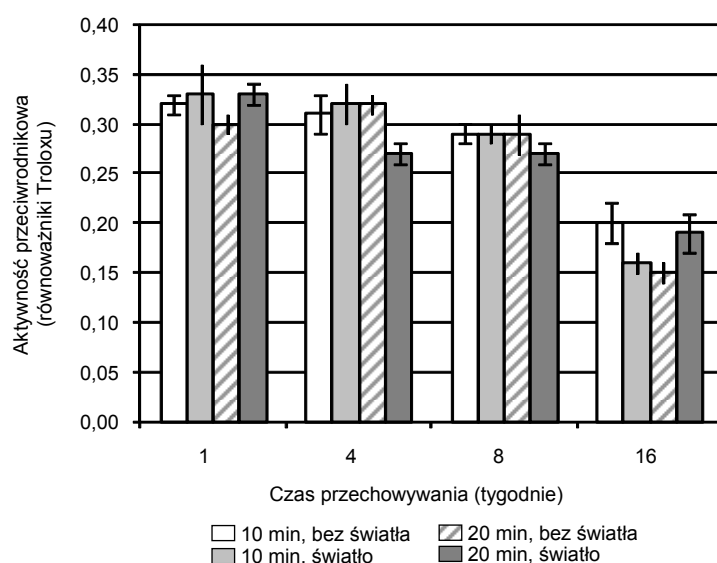


Rys. 12. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych przecierów z pomidorów rozparzanych przez 30 min (mierzone z rodnikami DPPH')

Fig. 12. Changes of antiradical activities of tomato pastes heated for 30 min (measured with DPPH' radicals)

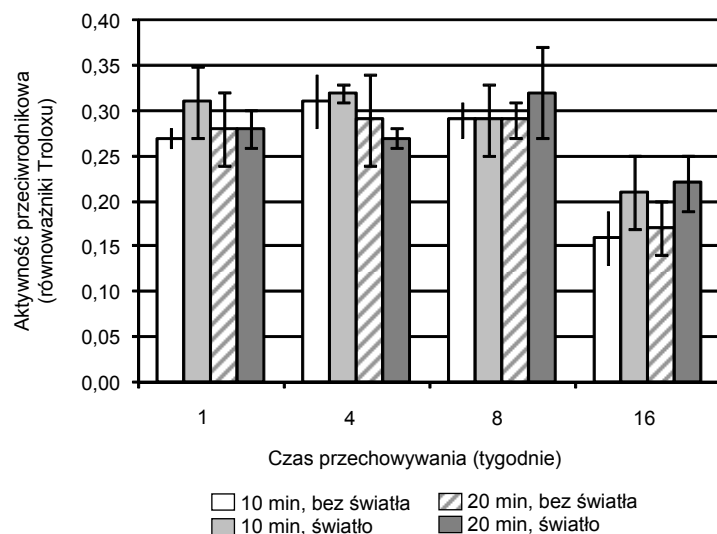
tych przetworów w przypadku ich przechowywania przez okres 4-16 tygodni. W przyszłości należy rozszerzyć omawiane badania o inne metody oznaczania aktywności przeciwrodnikowych i przeciwutleniających, ponieważ wyniki uzyskane w niniejszej pracy były uzależnione od zastosowanej metody badawczej.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic aktywności przeciwrodnikowych ($p > 0,05$) (mierzonych z kationorodnikami ABTS^{•+} w roztworze wodnym i etanolu – rys. 13 i 14) koncentratów z przecierów pomidorowych po 1, 4 i 8 tygodniach przechowywania. Istotne statystycznie zmniejszenie aktywności przeciwrodnikowych wystąpiło w obu przypadkach po ostatnich 8 tygodniach przechowywania, przy czym na wyniki oznaczeń aktywności nie wpływał zastosowany typ metody badawczej z kationorodnikiem ABTS^{•+}.



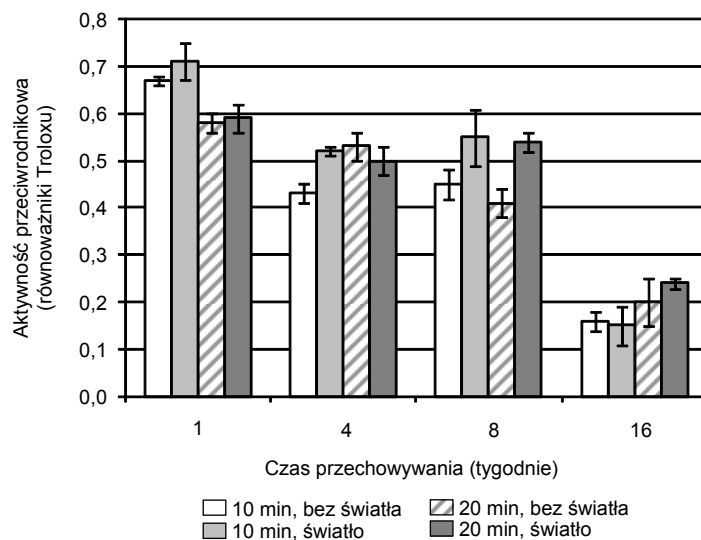
Rys. 13. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych koncentratów pomidorowych (mierzone z kationorodnikami ABTS^{•+} w roztworze wodnym)
Fig. 13. Changes of antiradical activities of tomato paste concentrates (measured with ABTS^{•+} radicals in water solution)

Odmienne wyniki uzyskano, gdy zastosowano metodę z DPPH[•]. Wolne rodniki były najefektywniej „zmiotane” przez koncentraty z pomidorów rozparzanych przez 10 min przechowywane przez 1 tydzień, lecz po 4 tygodniach przechowywania zaobserwowano istotne statystycznie ($p < 0,05$) zmniejszenie wartości aktywności przeciwrodnikowych (rys. 15). Po kolejnych 4 tygodniach przechowywania nie stwierdzono zmian aktywności wolnorodnikowych (z wyjątkiem przecierów z pomidorów rozparzanych przez 20 min i przechowywanych bez dostępu światła). Po zakończeniu ostatniego okresu przechowywania (kolejne 8 tygodni) obserwowano istotne statystycznie ($p < 0,05$) zmniejszenie aktywności wolnorodnikowych wobec DPPH[•]. Podsumowując tę część wyników, należy zwrócić uwagę na brak różnic między próbami koncentratów w wartościach



Rys. 14. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych koncentratów pomidorowych (mierzone z kationorodnikami ABTS^{•+} w roztworze etanolu)

Fig. 14. Changes of antiradical activities of tomato paste concentrates (measured with ABTS^{•+} radicals in ethanol solution)



Rys. 15. Zmiany aktywności przeciwrodnikowych koncentratów pomidorowych (mierzone z rodnikami DPPH•)

Fig. 15. Changes of antiradical activities of tomato paste concentrates (measured with DPPH• radicals)

aktywności przeciwrodnikowych zmierzonych użytymi metodami badawczymi, niezależnie od tego, czy koncentraty wyprodukowano z pomidorów rozparzanych na przecier przez 10, czy przez 20 min oraz czy przechowywano koncentraty w obecności światła czy bez niego. Stwierdzono przeciętną korelację ($0,3 < r < 0,5$) czasu przechowywania przetworów i aktywności przeciwrodnikowych mierzonych wszystkimi trzema metodami badawczymi z wolnymi rodnikami oraz brak korelacji aktywności przeciwrodnikowych zarówno z czasem rozparzania pomidorów, jak i z warunkami świetlnymi przechowywania przetworów.

Znanych jest wiele badań wskazujących na korzyści płynące ze spożycia pomidorów, istotne jest więc badanie wpływu obróbki technologicznej na zawartości likopenu w przetworach pomidorowych. Często podnoszonym tematem prac badawczych jest stabilność likopenu podczas ogrzewania pomidorów. Wielu autorów informowało o znaczącej degradacji likopenu podczas ogrzewania pulpy pomidorowej, zwłaszcza jeśli procesowi towarzyszyło zagęszczanie (DHARMA i LE MAGUER 1996). SHI i IN. (1999) badali wpływ osmotycznego odwadniania, suszenia próżniowego, suszenia powietrznego i ich kombinacji na zawartość likopenu w produkcie. Badacze zwrócili uwagę na przekształcenie form *trans*- do *cis*- niezależnie od zastosowanej metody zagęszczania, a zawartość formy *cis*- wzrastała w stosunku do formy *trans*- likopenu wraz z długością czasu prowadzenia procesu i wzrostem temperatury obróbki. Obróbka osmotyczna nie powodowała zmniejszenia stężenia likopenu ogółem, lecz jego przekształcenie do formy *cis*-. Suszenie powietrzne wywołało znaczące straty autooksydacyjne likopenu i jego przekształcenie do formy *cis*-, która ma zdecydowanie mniejsze znaczenie dla organizmu człowieka niż forma likopenu *trans*-. GOULA i ADAMOPOULOS (2005) stwierdzili straty likopenu w czasie rozpyłowego suszenia pulpy pomidorowej w granicach 8,07-20,93%, przy czym wraz ze wzrostem temperatury powietrza suszącego oraz prędkości powietrza rozpylającego pulpę stwierdzano wzrost strat likopenu. Stwierdzono większe straty zawartości likopenu w czasie suszenia rozpyłowego pulpy pomidorowej w porównaniu z zagęszczaniem pulpy za pomocą wyparki; wyniki te autorzy argumentowali większą ekspozycją powierzchni suszonego rozpyłowo ekstraktu na działanie tlenu (GOULA i IN. 2006). LEE i CHEN (2002) badali wpływ ogrzewania i naświetlania likopenu na jego degradację i stwierdzili, że degradacja związku miała charakter reakcji pierwszego rzędu zarówno w przypadku zastosowania podwyższonej temperatury (do 150°C), jak i naświetlania w temperaturze 25°C. W temperaturze 50°C przez pierwsze 8 h naświetlania dominowała izomeryzacja do formy *cis*- likopenu, a w następnych godzinach przeważała degradacja związku. W temperaturach 100°C i 150°C od początku procesu przeważała degradacja likopenu, naświetlanie zaś w temperaturze 25°C wywołało wyłącznie izomeryzację formy *trans*- likopenu do mniej barwnej formy *cis*-. CHEN i IN. (2009) badali degradację likopenu w modelowym środowisku wodnym oraz w środowisku oleju roślinnego. Stwierdzono ochronne działanie oleju w stosunku do likopenu w czasie ogrzewania przetworów pomidorowych w temperaturach 80°C i 100°C. W wyższych temperaturach (120°C i 140°C) zdecydowanie przeważała degradacja likopenu niezależnie od środowiska, w jakim ogrzewano przetwory, przy czym degradacja przebiegała zawsze wolniej, jeśli w środowisku reagującym był olej. Obecność światła przyspieszała izomeryzację formy *trans*- do *cis*- i degradację oksydacyjną likopenu. KAUR i IN. (2008) wyznaczyli optymalne parametry ekstrakcji likopenu ze skórek pomidorowych. Ekstrakcja przebiegała najefektywniej przy stosunku rozpuszczalnika do skórek jak 30:1, po czterokrotnej ekstrakcji w tempe-

ratuře 50°C i po 8 min ekstrakcji. Z drugiej strony w innych badaniach stwierdzono izomeryzację likopenu podczas obróbki purée pomidorowego do formy *cis*- w temperaturach 60°C i 80°C, ogrzewanie zaś temperaturach 100°C i 120°C zwiększało tempo ekstrakcji likopenu z purée. Naświetlanie purée typowym dla wnętrza domu światłem przez 1-6 dni nie spowodowało zmian stężenia formy *trans*- likopenu, jednak stwierdzono znaczące straty formy *cis*- (SHI i IN. 2008). BUGIANESI i IN. (2004) badali biodostępność wybranych przeciwutleniaczy po spożyciu przez człowieka pomidorów wiśniowych. Badacze stwierdzili, że nie nastąpił wzrost stężenia likopenu i β -karotenu w plazmie osób spożywających pomidory w porównaniu z grupą kontrolną, podczas gdy stężenie naringeniny i kwasu chlorogenowego było zwiększone, lecz tylko wtedy, kiedy badane osoby spożyły gotowane, a nie surowe pomidory.

Często stosowanym sposobem zwiększania wydajności przetwarzania warzyw i owoców jest zastosowanie preparatów enzymatycznych. Na przykład użycie preparatu enzymatycznego o głównej aktywności celulazy (Celluclast-1.5 L) i pektynazy (Pectinex Ultra SP-L) pozwoliło na wzrost uzysku likopenu z nasion i skórek pomidorów, przy czym preparat pektynolityczny był efektywniejszy niż celulolityczny i pozwolił na wzrost stężenia likopenu o 224%, podczas gdy po zastosowaniu Celluclastu stężenie likopenu w próbach całych pomidorów poddawanych procesowi przetwarzania wzrosło o 198% (CHOU DHARI i ANANTHANARAYAN 2007). W prezentowanej pracy ustalono optymalne warunki zastosowania preparatu enzymatycznego Ultrazym w czasie rozparzania pomidorów. Stwierdzono zwiększenie stężenia likopenu w przecierze w przypadku, gdy pomidory poddawano rozparzaniu przez 10 min, a nie stwierdzono wzrostu stężenia likopenu po 30 min rozparzania. Ponadto wzrost stężenia likopenu w przecierach wytworzonych z udziałem preparatu Ultrazym w porównaniu z przecierami wytworzonymi bez udziału preparatu nie był tak widoczny jak w cytowanej pracy. Podsumowując, można stwierdzić, że najbardziej rozpowszechnionymi procesami jednostkowymi wykorzystywanymi do przetwarzania pomidorów na przetwory są: ogrzewanie połączone z rozparzaniem, obróbka enzymatyczna, zagęszczanie w podwyższonej temperaturze i suszenie powietrzem suszącym. Wymienione procesy w połączeniu z przechowywaniem gotowych przetworów często przy dostępie światła (np. w opakowaniach szklanych) wiążą się z niekorzystnymi zmianami struktury likopenu, a przede wszystkim jego degradacją. Powoduje to zmniejszenie aktywności przeciwrodnikowej, zawartości cennych składników pomidorów i w rezultacie wartości odżywczej. Istotne jest, aby zidentyfikować etapy przetwarzania pomidorów, w czasie których następują te niekorzystne zmiany. W niniejszej pracy wskazano wpływ zastosowania podwyższonej temperatury w czasie rozparzania i zagęszczania pulpy pomidorowej, preparatu pektynolitycznego oraz czasu i warunków przechowywania na wybrane wyróżniki jakościowe przetworów z pomidorów, takie jak zawartość likopenu oraz aktywność przeciwrodnikowa.

Wnioski

1. Zastosowanie preparatu enzymatycznego Viscozym pozwoliło na zwiększenie stężenia likopenu w przecierze (z pomidorów rozparzanych przez 10 min) i w koncentracie (z pomidorów rozparzanych przez 20 min), natomiast użycie preparatu enzymatycznego w czasie 30-minutowego rozparzania pomidorów nie spowodowało wzrostu stężenia likopenu.

2. Nie stwierdzono zmniejszenia stężenia likopenu po 16 tygodniach przechowywania przecierów oraz koncentratów pomidorowych, niezależnie od tego, czy próbki przechowywano przy dostępie światła, czy bez.

3. Zróżnicowane wyniki oznaczania aktywności przeciwrodnikowych przetworów z pomidorów w przeliczeniu na równoważniki Troloxu wynikały z zastosowanej metody badawczej.

4. Największe wartości aktywności przeciwrodnikowej mierzone metodami z kationorodnikami ABTS⁺ i DPPH[•] stwierdzono w przypadku przetworów bez przechowywania, przechowywanie zaś zawsze powodowało zmniejszenie wartości aktywności niezależnie od zastosowanej metody badawczej.

5. Niezależnie od sposobu wytwarzania we wszystkich przetworach pomidorowych obserwowano zmniejszenie wartości aktywności przeciwrodnikowej w całym okresie przechowywania (16 tygodni).

6. Przedłużenie czasu przechowywania z 8 do 16 tygodni wywołało w przypadku wszystkich przetworów zdecydowane zmniejszenie wartości aktywności przeciwrodnikowej mierzonej wszystkimi metodami badawczymi z użyciem wolnych rodników.

Literatura

- AGARWAL S., VENKATESHWER R.A., 1998. Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation: a human dietary intervention study. *Lipids* 33: 981-984.
- AHUJA K.D.K., PITTAWAY J.K., BALL M.J., 2006. Effects of oil and tomato lycopene combination on serum lycopene, lipid profile, and lipid oxidation. *Nutrition* 22: 259-265.
- AUST O., ALE-AGHA N., HANG L., WOLLERSEN H., SIES H., STAHL W., 2003. Lycopene oxidation product enhances gap junctional communication. *Food Chem. Toxicol.* 41: 1399-1407.
- BALESTRIERI M.L., DE PRISCO R., NICOLAS B., PARI P., SCHLANO MORIELLO V., STRAZZULLO G., IORIO E.L., SERVILLO L., BALESTRIERI C., 2004. Lycopene in association with α -tocopherol or tomato lipophilic extracts enhances acyl-platelet-activating factor biosynthesis in endothelial cells during oxidative stress. *Free Radic. Biol. Med.* 36: 1058-1067.
- BÖHM F., EDG R., BURKE M., TRUSCOTT T.G., 2001. Dietary uptake of lycopene protects human cells singlet oxygen and nitrogen dioxide-ROS components from cigarette smoke. *J. Photochem. Photobiol. Ser. B.* 64: 176-178.
- BRAND-WILLIAMS W., CUVELIER M.E., BERSET C., 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 28: 25-30.
- BUGIANESI R., SALUCCI M., LEONARDI C., FERRACANE R., CANASTA G., APINI E., MAIANI G., 2004. Effect of domestic cooking on human bioavailability of naringenin, chlorogenic acid, lycopene and β -carotene in cherry tomatoes. *Eur. J. Nutr.* 43: 360-366.
- CHEN J., SHI J., XUE S.J., MA Y., 2009. Comparison of lycopene stability in water- and oil-based food model systems under thermal- and light-irradiation treatments. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 42: 740-747.
- CHOUDHARI S.M., ANANTHANARAYAN L., 2007. Enzyme aid extraction of lycopene from tomato tissues. *Food Chem.* 102: 77-81.
- DE STEFANI E., OREGGIA F., BOFFETTA P., DENEOPELLEGRINI H., RONCO A., MENDILAHARSU M., 2000. Tomatoes, tomato-rich foods, lycopene and cancer of the upper aerodigestive tract: a case-control in Uruguay. *Oral Oncol.* 36: 47-53.
- DHARMA S.K., LE MAGUER M., 1996. Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. *Food Res. Int.* 29: 309-315.

- FISH W.W., PERKINS-VEAZIE P., COLLINS J.K., 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *J. Food Comp. Anal.* 15: 309-317.
- FORNELLI F., LEONE A., VERDESCA I., MINERVINI F., ZACHEO G., 2007. The influence of lycopene on the proliferation of human breast cell line (MCF-7). *Toxicol. in Vitro* 21: 217-223.
- GITENAY D., LYAN B., RAMEAU M., MAZUR A., ROCK E., 2007. Comparison of lycopene and tomato effects on biomarkers of oxidative stress in vitamin E deficient rats. *Eur. J. Nutr.* 46: 468-475.
- GOULA A.M., ADAMOPOULOS K.G., 2005. Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 38: 479-487.
- GOULA A.M., ADAMOPOULOS K.G., CHATZITAKIS P.C., NIKAS V.A., 2006. Prediction of lycopene degradation during a drying spray process of tomato pulp. *J. Food Eng.* 74: 37-46.
- HSIAO G., WANG Y., TZU N.-H., FONG T.-H., SHEN M.-Y., LIN K.-H., CHOU D.-S., SHEU J.-R., 2005. Inhibitory effect of lycopene on *in vitro* platelet activation and *in vivo* prevention of thrombus formation. *J. Lab. Clin. Med.* 146: 216-226.
- HU M.Y., LI Y.L., JIANG C.H., LIU Z.Q., QU S.L., HUANG Y.M., 2008. Comparison of lycopene and fluvastatin effects on atherosclerosis induced by a high-fat diet in rabbits. *Nutrition* 24: 1030-1038.
- IVANOV N.I., COWELL S.P., BROWN P., RENNIE P.S., GUNS E.S., COX M.E., 2007. Lycopene differentially induces quiescence and apoptosis in androgen-responsive and-independent prostate cancer cell lines. *Clin. Nutr.* 26: 252-263.
- JAIN CH.K., AGARWAL S., RAO A.V., 1999. The effect of dietary lycopene on bioavailability, tissue distribution, *in vivo* antioxidant properties and colonie preneoplasia in rats. *Nutr. Res.* 19: 1383-1391.
- KAUR D., WANI A.A., OBEROI D.P.S., SOGI D.S., 2008. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. *Food Chem.* 108: 711-718.
- KIM D.J., TAKASUKA N., KIM J.M., SEKINE K., OTA T., ASAMOTO M., MURAKOSHI M., NISHINO H., NIR Z., TRUDA H., 1997. Chemoprevention by lycopene of mouse lung neoplasia after combined initiation treatment with DEN, MNU and DMH. *Cancer Lett.* 120: 15-22.
- LEE M.T., CHEN B.H., 2002. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. *Food Chem.* 78: 425-432.
- MATOS H.R., CAPELOZZI V.L., GOMEZ O.F., DiMASCIO P., MEDEIROS M.H.G., 2001. Lycopene inhibits DNA damage and liver necrosis in rats treated with ferric nitrilotriacetate. *Arch. Biochem. Biophys.* 396: 171-177.
- MILLER N.J., RICE-EVANS C., DAVIES M.J., GOPINATHAN V., MILNER A., 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci. (Lond.)* 84: 407-412.
- RAO A.V., SHEN H., 2002. Effect of low dose lycopene intake on lycopene bioavailability and oxidative stress. *Nutr. Res.* 22: 1125-1131.
- RE R., PELLEGRINI N., PROTEGGENTE A., PANNALA A., YANG M., RICE-EVANS C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS^{•+} radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol. Med.* 26: 1231-1237.
- SALMAN H., BERGMAN M., DJALDETTI M., BESLER H., 2007. Lycopene affects proliferation and apoptosis of four malignant cell lines. *Biomed. Pharmacother.* 61: 366-369.
- SCOLASTICI C., ALVES DE LIMA R.O., BARBISAN L.F., FERREIRA A.L., RIBEIRO D.A., SALVADORI D.M.F., 2007. Lycopene activity against chemically induced DNA damage in Chinese hamster ovary cells. *Toxicol. in Vitro* 21: 840-845.
- SCOLASTICI C., ALVES DE LIMA R.O., BARBISAN L.F., FERREIRA A.L., RIBEIRO D.A., SALVADORI D.M.F., 2008. Antigenotoxicity and antimutagenicity of lycopene in HepG2 cell line evaluated by the comet assay and micronucleus test. *Toxicol. in Vitro* 22: 510-514.
- SHI J., DAI Y., KAKUDA Y., MITKAL G., XUE S.J., 2008. Effect of heating and exposure to light on the stability of lycopene in tomato puree. *Food Control.* 19: 514-520.

Szwajgier D., Czernecki T., Czernecka M., Targoński Z., 2009. Zmiany zawartości likopenu oraz aktywności przeciwrodnikowej w czasie przechowywania przetworów pomidorowych. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 4, #133.

- SHI J., LE MAGUER M., KAKUDA Y., LIPTAY A., NIEKAMP F., 1999. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Res. Int.* 32: 15-21.
- TANG L., GUAN H., DING X., WANG J.S., 2007. Modulation of aflatoxin toxicity and biomarkers by lycopene in F344 rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 219: 10-17.
- WEISBURGER J.H., DOLAN L., PITTMAN B., 1998. Inhibition of PhIP mutagenicity by caffeine, lycopene, daidzein and genistein. *Mutat. Res.* 416: 125-128.
- XU Y., LEO M.A., LIBER C.S., 2003. Lycopene attenuates alcoholic apoptosis in HepG2 cell expressing CYP2E1. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 308: 614-618.
- YAPING Z., WELIN Y., WEILE H., YING Y., 2003. Anti-inflammatory and anticoagulant activities of lycopene in mice. *Nutr. Res.* 23: 1591-1595.

CHANGES IN LYCOPENE CONCENTRATIONS AND TOTAL ANTIOXIDANT ACTIVITIES DURING THE STORAGE OF TOMATO PRODUCTS

Summary. In the presented work, the influence of tomato processing and storage of tomato products on lycopene content, as well as antiradical activities were studied. In the case of all products, the lycopene levels were not decreased during the storage of tomato pastes and concentrates for 16 weeks. The use of enzyme preparation Viscozym caused the increase of the lycopene concentration in pastes (in the case of tomatoes heated for 10 min) and in concentrates (in the case of tomatoes heated for 20 min); no increase in the lycopene content was seen after the heating of tomatoes for 30 min. The highest antiradical activities measured using ABTS^{•+} and DPPH[•] free radicals were obtained for non-stored products. It must be underlined that the results of antiradical activities determinations were different depending on the method used. In the case of all tomato products, the significant decrease of antiradical activities after 4 weeks of storage was observed (independently of the storage conditions) followed by the further decrease of antiradical activities of the products after 16 weeks of storage.

Key words: lycopene, tomato, antiradical activity, DPPH[•] radical, ABTS^{•+} radical

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Dominik Szwajgier, Katedra Biotechnologii, Żywności Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, Poland, e-mail: dszwajgier@hotmail.com

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

7.10.2009

Do cytowania – For citation:

*Szwajgier D., Czernecki T., Czernecka M., Targoński Z., 2009. Zmiany zawartości likopenu oraz aktywności przeciwrodnikowej w czasie przechowywania przetworów pomidorowych. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 4, #133.*