

Anna J. KEUTGEN¹, Jarosław POBEREŻNY¹, Elżbieta WSZELACZYŃSKA¹,
Barbara MURAWSKA², Ewa SPYCHAJ-FABISIAK²

e-mail: akeutgen@utp.edu.pl

¹ Zakład Technologii Żywności, Katedra Mikrobiologii i Technologii Żywności, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii,
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

² Zakład Chemii Rolnej, Katedra Chemii Środowiska, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Wpływ przechowywania na procesy ciemnienia bulw ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) i ich właściwości prozdrowotne

Wstęp

Ziemniaki zaliczane są do najpowszechniejszych roślin uprawnych na świecie (4 miejsce). Stanowią ważne źródło energii oraz składników pokarmowych w diecie. Wartość odżywcza ziemniaków jest przede wszystkim ceniona ze względu na obecność aminokwasów egzogennych (w szczególności lizyny), wysoką zawartość skrobi, błonnika pokarmowego oraz kwasu askorbinowego jak również niską zawartość tłuszczów.

W skład ziemniaków wchodzi także znaczne ilości składników bioaktywnych i antyutleniaczy, takich jak kwasy fenolowe, karotenoidy czy flawonoidy [Reddivari i in., 2007], które pozwalają na obniżenie ryzyka występowania licznych chorób u człowieka, włącznie z chorobami sercowo-naczyniowymi (CSN) i rakiem.

Jednakże niektóre z nich jak związki polifenolowe, a w szczególności kwas chlorogenowy mogą spowodować negatywne zmiany jakościowe w bulwach ziemniaka w postaci enzymatycznego i nieenzymatycznego ciemnienia: przebarwień miąższu surowego oraz jego ciemnienia enzymatycznego jak i również nieenzymatycznego brunatnienia po ugotowaniu bulw.

Zawartość polifenoli i ich antagonistów w reakcjach (np. kwasu askorbinowego i cytrynowego) stanowi bardzo ważną cechę jakościową ze względu na skłonność do przebarwień i w konsekwencji do bardzo dużych strat podczas przetwarzania i przygotowania do spożycia. Badania nad polifenolami w bulwach ziemniaka wykazały obecność kwasu chlorogenowego, kawowego, waniliowego, p-kumarynowego, galusowego i rutyny [Reddivari i in., 2007; Nara i in., 2006], gdzie kwas chlorogenowy stanowi około 90% wszystkich związków fenolowych obecnych w bulwach [Wang-Pruski i Nowak 2004]. Pozostałe związki fenolowe stanowią flawonoidy występujące u typowych odmian ziemniaka w zakresie od 200÷300 mg·kg⁻¹ ś.m. [Brown, 2005], przy czym zaliczyć tutaj można takie związki jak: katechinę, epikatechinę, eriodioktyol, kemferol i naringeninę, które również przyczyniają się do zwiększenia pojemności antyoksydacyjnej bulw.

Zawartość kwasu chlorogenowego, ale i również stężenie flawonoidów, podobnie jak w przypadku karotenoidów zależy od szeregu czynników, między innymi od genotypu oraz czasu przechowywania. Zaznaczyć należy, że zmienność związana z genotypem i czasem przechowywania w stosunku do związków bioaktywnych (z wyjątkiem kwasu askorbinowego) nie została do tej pory wystarczająco przebadana. Celem pracy jest zweryfikowanie wpływu przechowywania bulw ziemniaków przez okres 6 miesięcy na jakość prozdrowotną bulw ziemniaków oraz na zachodzące w nich procesy ciemnienia w zależności od zastosowanej odmiany.

Materiał i metody

Odmiany ziemniaka. Badania obejmowały dwuletnie doświadczenia polowe i przechowalnicze z uwzględnieniem 2 odmian ziemniaka: wczesnej *Augusty* przeznaczonej do produkcji chipsów oraz średnio-wczesnej *Victorii* z przeznaczeniem na frytki i sałatki.

Doświadczenia polowe przeprowadzone zostały w Stacji Badawczej WRiB UTP w Mochełku, a zebrane bulwy ziemniaka składowane były

w przechowalni Zakładu Technologii Żywności przez okres 6 miesięcy w temperaturze +8°C oraz wilgotności względnej 95%.

Oznaczenia. Oznaczenie właściwości prozdrowotnych, zawartości skrobi i suchej masy oraz podatności na ciemnienie bulw surowych i ugotowanych przeprowadzane zostało bezpośrednio po zbiorze jak i po 6-miesięcznym okresie przechowywania.

Skłonność do ciemnienia bulw surowych oznaczona została kolorymetrycznie jako potencjał oksydacyjny przy użyciu spektrofotometru UV-Vis SP8001 firmy Metertech, Taiwan przy długości fali 475 nm [Delgado i in., 2001] oraz wg 9-stopniowej skali (1 – prawie czarne, 9 – nieciemniejące) po 10 min i 4 godzinach od przekrojenia bulw surowych oraz po ugotowaniu 10 bulw ziemniaków.

Zawartość kwasu askorbinowego oznaczono metodą miareczkową wg Tillmansa, substancji fenolowych ogółem fotometrycznie z użyciem odczynnika *Folina-Ciocalteus* wykorzystując zmodyfikowaną metodę Keutgen i Pawelzik [2008] przy długości fali 736 nm, a potencjał antyoksydacyjny wyrażony jako FRAP przy użyciu zmodyfikowanej przez Keutgen i Pawelzik [2008] metody Benzie i Strain za pomocą spektrofotometru przy długości fali 593 nm, zawartość suchej masy metodą suszarkową oraz zawartość skrobi polarymetrycznie metodą Ewersa.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały, że na zawartość suchej masy istotny wpływ miały uwarunkowania genetyczne (Tab. 1). Odmiana wczesna *Augusta* odznaczała się istotnie wyższą zawartością suchej masy w porównaniu do średnio wczesnej odmiany *Victoria* (Tab. 1). Wyniki te potwierdzają badania innych autorów [Zarzyńska i Goliszewski, 2006]. Odmienne wyniki otrzymali Krzysztofik i Skonieczny [2010], którzy zauważyli, że odmiany wczesne charakteryzowały się niższą zawartością suchej masy aniżeli odmiany średnio wczesne.

Pomimo zachodzących w bulwach ziemniaka w czasie długotrwałego przechowywania procesów metabolicznych jak transpiracja i oddychanie nie stwierdzono istotnych zmian w zawartości suchej masy. Wyniki wskazują na odpowiednie dobranie warunków składowania bulw ziemniaków w komorze chłodniczej o kontrolowanych warunkach obejmujących temperaturę +8°C oraz wilgotność względną rzędu 95%. Podobne warunki przechowywania zaleca również [Zgórska, 2012]. Warunki te przede wszystkim nie spowodowały utraty wody przez bulwy, a w rezultacie nie doszło do względnego wzrostu zawartości suchej masy jakie zaobserwowali w swoich badaniach [Zgórska i in., 2006]. W badanych bulwach stwierdzono utratę średnio 5,65 g·kg⁻¹ s.m., co wskazuje na zachowanie walorów konsumpcyjnych bulw ziemniaków. Zgórska [2012] w swoich badaniach twierdzi, że do pogorszenia atrakcyjności w oczach konsumenta wystarczy już 7-procentowy ubytek wody, natomiast przy wyższych wartościach dochodzi do uszkodzeń bulw i pojawiania się plamistości.

Zmiana koncentracji suchej masy wiąże się jednocześnie ze zmianą zawartości skrobi [Pobereżny i Wszelaczyńska, 2011]. Liczne badania potwierdzają iż zawartość tego polisacharydu roślinnego jest również uzależniona od odmiany [Bogucka i in., 2006]. Badania wykazały, że odmiana *Augusta* charakteryzowała się istotnie wyższą zawartością skrobi w porównaniu z odmianą *Victoria*, co wskazuje również na ich

Tab. 1. Skłonność do ciemnienia bulw surowych i ugotowanych oraz właściwości prozdrowotne bulw ziemniaka odmian *Augusta* i *Victoria* po zbiorze i po 6-miesięcznym okresie przechowywania ($n = 6$, istotność różnic wg testu *Duncana* przy $p \leq 0,005$)

Cecha	Odmiana			
	zbiór		po przechowywaniu	
	<i>Augusta</i>	<i>Victoria</i>	<i>Augusta</i>	<i>Victoria</i>
Sucha masa [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	224,6 ± 1,11 a	204,9 ± 3,35 b	222,7 ± 1,61 a	204,3 ± 4,74 b
Skrobia [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.]	163,5 ± 0,15 a	141,8 ± 1,16 c	159,7 ± 1,18 b	139,0 ± 2,46 d
Kwas askorbinowy [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.]	240,8 ± 6,01 b	264,3 ± 1,16 a	209,1 ± 5,31 c	161,3 ± 3,02 d
Polifenole ogółem [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.]	111,6 ± 5,17 a	104,3 ± 4,10 b	27,5 ± 2,28 c	15,9 ± 1,15 d
Potencjał antyoksydacyjny FRAP [$\text{mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.]	2,4 ± 0,07 a	1,4 ± 0,07 b	1,5 ± 0,51 b	1,4 ± 0,10 b
Potencjał oksydacyjny [jedn. umowne]	0,33 ± 0,003 b	0,29 ± 0,003 c	0,38 ± 0,027 a	0,32 ± 0,016 b
Ciemnienie bulw surowych po 10 min [stopnie]	8,5 ± 0,50 ab	9,0 ± 0,00 a	8,33 ± 0,29 ab	8,1 ± 0,51 b
Ciemnienie bulw surowych po 24 godz. [stopnie]	7,8 ± 0,75 b	8,8 ± 0,25 a	8,5 ± 0,27 ab	7,6 ± 0,29 b
Ciemnienie bulw ugotowanych po 10 min [stopnie]	9,0 ± 0,00 a	8,8 ± 0,25 ab	8,2 ± 0,58 b	8,1 ± 0,51 b
Ciemnienie bulw ugotowanych po 24 godz. [stopnie]	8,5 ± 0,50 a	8,3 ± 0,25 a	8,0 ± 0,25 a	8,1 ± 0,27 a

przydatność do przetwórstwa – *Augusty* na chipsy, a *Victorii* na frytki czy sałatki. Różnica między badanymi odmianami wyniosła średnio 21,2 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Okres 6-miesięcznego przechowywania spowodował niezależnie od odmiany obniżenie zawartości skrobi o średnio 3,3 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Według badań przeprowadzonych *Świetlikowską* [2006] oraz *Adamickiego i Czerko* [2002] ubytki skrobi wynikają z przekształcania tego węglowodanu złożonego w cukry redukujące na skutek procesu oddychania, wpływając tym samym niekorzystnie na bulwy ziemniaka. Zaobserwowane różnice odmianowe po zbiorze pod względem zawartości skrobi występowały również po długotrwałym okresie przechowywania (Tab. 1).

Z przeprowadzonych badań wynika, że zarówno po zbiorze jak i po przechowywaniu odmiana ziemniaków determinowała zawartość kwasu askorbinowego (Tab. 1). Wyniki te potwierdzają badania przeprowadzone przez innych autorów jak *Wroniak* [2006] czy *Zarzyńska i Goliśzewski* [2005], którzy twierdzą, że zawartość kwasu askorbinowego mieści się w granicach 30–300 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., a wahania te wynikają z cech odmianowych. Zgodnie z tymi doniesieniami badane odmiany należą do zasobnych w badany składnik. Niezależnie od odmiany stwierdzono istotny spadek zawartości kwasu askorbinowego na skutek 6-miesięcznego przechowywania. W przypadku odmiany *Victoria* stwierdzono istotne i bardzo wysokie straty kwasu askorbinowego rzędu 38, 97%. Według *Zimnoch-Guzowskiej i Flisa* [2006] redukcja kwasu askorbinowego w czasie przechowywania jest zależna od jej zawartości początkowej. W przypadku bulw o niskiej zawartości tego kwasu straty po okresie składowania są niższe aniżeli w bulwach o wysokiej początkowej jego zawartości. Występowanie tej zależności, potwierdziły badania własne.

Porównując odmiany pod względem zawartości związków polifenolowych stwierdzono ich istotnie większą zawartość w bulwach odmiany *Augusta*, która zawierała ich o średnio 9,45 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. więcej w porównaniu do drugiej z badanych odmian (Tab. 1). Zależność zawartości związków polifenolowych w bulwach ziemniaków od odmiany stwierdzono również w badaniach innych autorów [*Hamouz i in.*, 2006]. *Grudzińska i Zgórska* [2011] w swoich badaniach wykazały, że czas przechowywania nie wpłynął istotnie zmiany badanego parametru w badanym materiale roślinnym. W badaniach własnych stwierdzono jednak, że okres 6-miesięcznego przechowywania bulw spowodował znaczną redukcję związków polifenolowych ogółem, sięgającą średnio 81,01 %. Większe straty dotyczyły odmiany *Victoria*, gdzie ubytki polifenoli wyniosły 88,4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (Tab. 1).

Rozpatrując pojemność antyoksydacyjną (FRAP) stwierdzono istotnie wyższe właściwości przeciwutleniające bulw odmiany *Augusta* bezpośrednio po zbiorze (Tab. 1). Różnicy tej nie stwierdzono po 6 miesiącach przechowywania. Spowodowane to było znacznym spadkiem

pojemności antyoksydacyjnej rzędu 37,5% u tej odmiany. W przypadku odmiany *Victoria* nie stwierdzono istotnych zmian (Tab.1).

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ przechowywania na procesy ciemnienia, które po części związane były z zawartością kwasu askorbinowego, związków polifenolowych ogółem jak i suchej masy czy skrobi, w zależności od sposobu pomiaru tego procesu jak i przyczyn jego powstawania (ciemnienie enzymatyczne bulw surowych i nieenzymatyczne bulw ugotowanych).

Barwa miąższu ziemniaków jest jedną z istotnych cech warunkujących ich zbyt jak i przydatność do przetwarzania. Rolnicy zwracając szczególną uwagę na to, aby uprawiane przez nich odmiany były w jak najmniejszym stopniu podatne na procesy ciemnienia miąższu [*Urbanowicz*, 2010]. Badania własne wykazały iż barwa miąższu w przypadku bulw surowych jest uwarunkowana genetycznie (Tab. 1), przy czym obie odmiany niezależnie od czasu przechowywania odznaczały się niską skłonnością do ciemnienia enzymatycznego bulw surowych oznaczonego jako potencjał oksydacyjny [*Delgado i in.*, 2001] jak również bulwy obu odmian należały do bulw nieciemniejących. Do podobnych wniosków doszli *Zgórska i in.* [2006], *Ciečko i in.* [2005] oraz *Zarzecka i Gąsiorowska* [2002]. Z badań *Zgórskiej* [2005] wynika, że ze względu na to iż ciemnienie enzymatyczne jest spowodowane czynnikami fizjologicznymi nie można go całkowicie wyeliminować z procesu przechowywania. Badania własne potwierdzają tę zależność tylko w przypadku potencjału oksydacyjnego, wskazując na zwiększenie podatności bulw surowych na ciemnienie po okresie 6-miesięcznego składowania, jednakże bulwy te nadal wykazują częściową odporność na ciemnienie. Podobne zależności stwierdzili również *Delgado i in.* [2001] po 6-miesięcznym okresie przechowywania bulw ziemniaków. Zwiększoną podatność na ciemnienie nieenzymatyczne, spowodowane utlenianiem żelaza (II) do żelaza (III) stwierdzono w przypadku oceny barwy bulw po 10 min od ich ugotowania, w szczególności u odmiany *Augusta*.

Ponadto w badaniach stwierdzono istotną, choć niską zależność procesu ciemnienia bulw surowych po 10 min od ich przekrojenia a zawartością kwasu askorbinowego ($R^2 = 0,46$, $p \leq 0,015$), bulw ugotowanych i ocenianych po 10 min od czasu ich ugotowania a zawartością kwasu askorbinowego ($R^2 = 0,45$, $p \leq 0,017$) i związków polifenolowych ogółem ($R^2 = 0,46$, $p \leq 0,005$). W przypadku potencjału oksydacyjnego bulw surowych stwierdzono istotną ale bardzo słabą zależność od zawartości suchej masy ($R^2 = 0,27$, $p \leq 0,049$) oraz skrobi ($R^2 = 0,35$, $p \leq 0,043$). Badania te wskazują na udział tych związków w przebiegu reakcji ciemnienia. Wpływ kwasu askorbinowego na potencjał oksydacyjny związany jest z hamowaniem przez niego reakcji ciemnienia poprzez redukcję produktów rozpadu związków fenolowych, które z kolei nie mogą zostać przekształcone do melanin powodujących przebarwienia bulw [*Haase*, 2002].

Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że niezależnie od odmiany przechowywanie spowodowało obniżenie zawartości suchej masy, skrobi, kwasu askorbinowego, związków fenolowych ogółem jak również obniżyło pojemność antyoksydacyjną bulw ziemniak. Jednocześnie zwiększeniu uległa skłonność bulw do ciemnienia, jednakże obie odmiany nadal zaliczane są do częściowo odpornych na ciemnienie.

Uwarunkowania genetyczne determinowały wykształcenie cech u bulw ziemniaków, jak również ich zmiany podczas przechowywania, przy czym wczesna odmiana *Augusta* odznaczała się nieco lepszym zachowaniem jakości po okresie przechowywania w porównaniu ze średnio wczesną odmianą *Victoria*.

Ponadto stwierdzić należy, że po przechowywaniu obie odmiany nadal odznaczały się dobrą jakością i nadawały się zarówno do konsumpcji jak i produkcji wyrobów uszlachetnionych.

LITERATURA

- Adamicki F., Czerko Z., 2002. *Przechowalnictwo warzyw i ziemniaka*. PWRiL. Poznań, 16-55, 274-281
- Bogucka B., Wróbel E., Sienkiewicz S., 2006. Wpływ nawożenia na plon i cechy jakościowe ziemniaka przeznaczonego na chipsy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **511**, 197-208
- Brown C. R., 2005. Antioxidants in potato. *Am. J. Potato Re.* **82**, 163-172. DOI: 10.1007/BF02410107
- Ciecko Z., Rogozińska I., Żołnowski A. C., Wyszowski M., 2005. Oddziaływanie nawożenia potasem przy zróżnicowanych dawkach N i P na cele kulinarne bulw ziemniaka. *Biul. IHAR*, **237-238**, 151-159
- Delgado E., Sulaiman M.I., Pawelzik E., 2001. Importance of chlorogenic acid on the oxidative potential of potato tubers of two German cultivars. *Potato Research* **44**, 207-218. DOI: 10.1007/BF02410107
- Grudzinska M., Zgórska K., 2006. Ciemnienie miążgi bulw ziemniaka w zależności od odmiany. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **511**, 579-584
- Haase N.U., 2002. Veränderung der Inhaltsstoffe durch Lagerung und Verarbeitung. *Kartoffelbau* **7**, 284-289
- Hamouz K., Lachman J., Dvořák P., Juzl M., Pivec V., 2006. The effect of site conditions, variety and fertilization on the content of polyphenols in potato tubers. *Plant Soil Environ.* **52**, 407-412
- Keutgen A.J., Pawelzik E., 2008. Quality and nutritional value of strawberry fruit under long term salt stress. *Food Chemistry* **107**, 1413-1420. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.09.071
- Krzysztofik B., Skonieczny P., 2010. Wpływ okresu przechowywania na zmiany właściwości fizycznych bulw ziemniaka. *Inż. Rol.* **4(122)**, 135-140
- Nara K., Miyoshi T., Honma T., Koga H., 2006. Antioxidative activity of bound-form phenolics in potato peel. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **70**, 1489-1491. DOI: 10.1271/bbb.50552
- Pobereźny J., Wszelaczyńska E., 2011. Effect of bioelements (N, K, Mg) and long-term storage of potato tubers on quantitative and qualitative losses. Part II. Content of dry matter and starch. *Journal of Element.*, **16**, nr 2, 237-246
- Reddivari L., Hale A.L., Miller J.C., 2007. Genotype, location, and year influence antioxidant activity, carotenoid content, phenolic content, and composition in specialty potatoes. *J. Agr. Food Chem.*, **55**, 8073-8079. DOI: 10.1021/jf071543w
- Świetlikowska K., 2006. *Surowce spożywcze pochodzenia roślinnego*. Wyd. SGGW, 176-190
- Urbanowicz J., 2010. Fitotoksyczna reakcja pięciu odmian ziemniaka na powszechne stosowanie metrybuzyny. Część II. Wpływ na wybrane cechy jakości bulw. *Biul. IHAR*, **257-258**, 197-205
- Wang-Pruski G., Nowak J., 2004. Potato after-cooking darkening. *Am J. Potato Res.*, **81**, 7-16. DOI: 10.1007/BF02853831
- Wroniak J., 2006. Walory żywieniowe ziemniaka jadalnego. *Ziem. Pol.* **2**, 17-20
- Zarzecka K., Gąsiorowska B., 2002. Zawartość wybranych składników w bulwach ziemniaka w warunkach pielęgnacji mechaniczno-chemicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **489**, 301-308
- Zarzyńska K., Goliszewski W., 2005. Jakość plonu i problemy ekologicznej uprawy ziemniaków na różnych typach gleb. *Ziem. Pol.* **1**, 25-27
- Zarzyńska K., Goliszewski W., 2006. Uprawa ziemniaka w systemie ekologicznym i integrowanym a jakość plonu bulw. *Pam. Pul.* **142**, 617-626
- Zgórska K., 2005. Zmiany cech technologicznych bulw ziemniaka w czasie przechowywania. *Ziem. Pol.* **4**, 26-28
- Zgórska K., 2012. Wpływ inhibitorów kiełkowania na zmiany zawartości suchej masy i skrobi w bulwach ziemniaka. *Ziem. Pol.* **1**, 34-37
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzinska M., 2006. Wpływ warunków przechowywania na niektóre cechy kulinarne i technologiczne bulw wybranych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **511**, 567-578
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B., 2006. Genetyczne podstawy cech jakościowych ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **511**, 23-36

CZASOPISMO NAUKOWO-TECHNICZNE

INŻYNIERIA I APARATURA CHEMICZNA

ukazuje się od 1961 roku

Czasopismo jest poświęcone problemom obliczeń procesowych i zagadnieniom projektowo-konstrukcyjnym aparatury i urządzeń stosowanych w przemysłach przetwórczych, w tym szczególnie w przemyśle chemicznym, petrochemicznym, rolno-spożywczym, jak również w energetyce, gospodarce komunalnej i w ochronie środowiska.

Przeznaczone jest zarówno dla pracowników badawczych, projektantów, konstruktorów, jak i dla menadżerów oraz inżynierów ruchomych.

W czasopiśmie publikowane są artykuły o szerokim spektrum tematycznym, obejmującym problematykę procesów i operacji jednostkowych inżynierii chemicznej, bio- i nanotechnologie, inżynierię biomedyczną, recykling, bezpieczeństwo procesowe oraz obliczenia i projektowanie aparatów w aspekcie poprawy wydajności, lepszego wykorzystania surowców, oszczędności energii i ochrony środowiska.

Publikowane prace są recenzowane przez specjalistów. Autorzy artykułów opublikowanych w „Inżynierii i Aparaturze Chemicznej” uzyskują 6 punktów do oceny parametrycznej Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Czasopismo jest regularnie abstraktowane w CAS (Chemical Abstracts Service – a division of the American Chemical Society, Columbus, Ohio, USA) i jest indeksowane na platformie SciFinder®:

<http://www.cas.org/products/scifindr/index.html>

oraz w Bazie Polskich Czasopism Technicznych – BazTech:

<http://baztech.icm.edu.pl/wysz.html>