

DOBRAWA KWAŚNIEWSKA, DARIA WIECZOREK

OCENA WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCYCH CYDRÓW

Streszczenie

Cydr jest napojem alkoholowym szczególnie popularnym w Europie Zachodniej, otrzymywanym metodą tradycyjną w następujących po sobie dwóch procesach fermentacji: alkoholowej i jabłkowomlekowej. Również wśród polskich konsumentów obserwuje się wzrost zainteresowania tym napojem. Skłoniło to autorów do podjęcia próby oceny właściwości przeciwutleniających kilku dostępnych na polskim rynku cydrów. W ramach prowadzonych badań oznaczono ogólną zawartość polifenoli. Aktywność przeciwrodnikową badanych cydrów oznaczono metodą spektrofotometryczną z wykorzystaniem rodnika DPPH. Prowadzone badania miały na celu także ocenę potencjału przeciwutleniającego TEAC. Do określenia zależności pomiędzy parametrami związanymi z właściwościami przeciwutleniającymi zastosowano analizę składowych głównych PCA.

Uzyskane wyniki wskazują na różnicowanie cydrów dostępnych na polskim rynku pod względem zawartości polifenoli ogółem ($239,54 \div 582,44$ mg/l). Potwierdzeniem tej zawartości były wartości siły redukującej FRAP i potencjału przeciwutleniającego TEAC. Wartości parametru EC_{50} oraz AP_{DPPH} były zróżnicowane i nieproporcjonalne do uzyskanych pozostałymi metodami. W rezultacie prowadzonych badań stwierdzono, że właściwości przeciwutleniające cydrów są słabsze w porównaniu np. z właściwościami win.

Słowa kluczowe: właściwości przeciwutleniające, polifenole, cydr, metoda FRAP, metoda DPPH, metoda Folina-Ciocalteu'a

Wprowadzenie

Cydr jest popularnym napojem alkoholowym w Europie Zachodniej, szczególnie w regionach, w których uprawa winorośli jest ograniczona ze względu na uwarunkowania klimatyczne. Tradycyjne metody wytwarzania cydru są bardzo proste. Początkowo miażdży się owoce za pomocą prasy mechanicznej w celu wyciśnięcia soku. Zachodząca następnie fermentacja odbywa się w sposób naturalny przy udziale mikro-

Dr D. Kwaśniewska, dr inż. D. Wieczorek, Katedra Technologii i Analizy Instrumentalnej, Wyzd. Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań. Kontakt: dobrawa.kwasniewska@ue.poznan.pl

flory zasiedlającej owoce, elementy prasy lub beczki fermentacyjne. Cydr uzyskany metodami tradycyjnymi charakteryzuje się różnorodnością aromatów, nierzadko jednak tradycyjne metody wytwarzania tego trunku obarczone są zagrożeniami wynikającymi z niekontrolowanej fermentacji [22]. Tradycyjny proces wyrobu cydru składa się z dwóch następujących po sobie procesów fermentacji. Pierwszy z nich stanowi konwersja cukrów do etanolu przy udziale drożdży w ramach fermentacji alkoholowej. Drugim natomiast jest proces fermentacji mlekowo-jabłkowej polegający na przekształceniu kwasu jabłkowego w mlekowy. Skutkiem tego etapu jest także zmniejszenie kwasowości cydru [32]. Większość dostępnych na rynku cydrów wytwarzana jest jednak metodą przemysłową, która obejmuje jedynie etap fermentacji alkoholowej.

Na jakość cydru, poza przebiegiem fermentacji, duży wpływ ma zawartość polifenoli. Związki te odpowiedzialne są za barwę, cierpkość oraz aromat cydru. Dowiedzono także, że inhibują działanie mikroorganizmów, np. *Zymomonas mobilis*, odpowiedzialnych za psucie cydru [2, 9, 17].

Polifenole są grupą związków, wśród których wyróżnia się kilka klas, a mianowicie: kwasy fenolowe, flawonoidy (flawonole, flawony, flawanony, flawanonole, izoflawony i antocyjanidyny), stylbeny oraz lignany. Poza wpływem na profil sensoryczny owoców, warzyw i produktów ich przerobu dowiedziono, że polifenole działają jako przeciwutleniacze, a tym samym zapobiegają procesom utleniania LDL-lipoprotein, agregacji płytek krwi oraz uszkodzeniu czerwonych krwinek. Polifenolom przypisuje się także działanie antykancerogenne, antymutagenne, przeciwbakteryjne, a także chelatujące metale [5, 11]. Dane te wskazują, że warto świadomie sięgać po produkty bogate w związki zaliczane do polifenoli.

Profil polifenolowy jabłek, a tym samym cydru, zależy od: odmiany jabłek, klimatu, stopnia dojrzałości, przechowywania oraz przetwarzania. Przyjmuje się, że spośród różnych klas polifenoli w jabłkach najwięcej jest procyanidów – 40 ÷ 89 %, kolejnym pod względem zawartości jest kwas hydroksycynamonowy, następnie dihydrochalkony, flawonole, antocyjany oraz flawon-3-ole [23].

Celem niniejszej pracy była ocena właściwości przeciwutleniających pięciu dostępnych na rynku cydrów.

Material i metody badań

Badaniom poddano pięć cydrów zakupionych w handlu detalicznym. Były to, z wyjątkiem cydru nr 2, napoje wyprodukowane w Polsce. Zgodnie z deklaracją producenta cydru charakteryzowały się taką samą zawartością alkoholu, tj. 4,5 %. Każdy z produktów poddanych badaniom był gazowany, czyli zawierał dodany dwutlenek węgla.

Ogólną zawartość związków fenolowych w cydrach oznaczano metodą spektrofotometryczną z zastosowaniem odczynnika Folina-Ciocalteu'a [13, 24, 25]. Jako wzo-

rzec stosowano kwas galusowy. Wykorzystano procedurę analityczną opisaną w literaturze [15, 21]. Pomiar wykonywano trzykrotnie, za wynik przyjmowano wartość średnią. Zawartość związków fenolowych ogółem, w przeliczeniu na kwas galusowy, wyznaczano z krzywej wzorcowej, wykreślonej na podstawie równania $y = 0,1238x$.

Wszystkie analizy spektrofotometryczne w niniejszych badaniach wykonywano przy użyciu spektrofotometru Metertech UV/VIS SP- 8001 (Metertech, Taiwan).

Siłę redukującą oznaczano metodą FRAP. Z każdego badanego cydru przygotowano po pięć roztworów o doświadczalnie dobranym stężeniu. Jako rozpuszczalnika używano alkoholu metylowego. W celu wykonania oznaczenia zastosowano procedurę analityczną opisaną w literaturze [6, 15, 19, 21, 26]. Krzywą wzorcową stanowiła zależność absorbancji wodnego roztworu ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) od jego stężenia. Na podstawie porównania kątów nachylenia krzywej doświadczalnej i krzywej wzorcowej wyznaczano wartość FRAP roztworów cydrów.

W cydrach oznaczano potencjał przeciwutleniający TEAC. Metoda polega na określeniu zmiany wartości absorbancji zachodzącej podczas redukcji kationorodnika $\text{ABTS}^{+\cdot}$ do ABTS w wyniku działania związków redukujących zawartych w produkcie [4, 18]. Oznaczenie wykonywano zgodnie z procedurą opisaną w literaturze [30]. Uwzględniono pięć rozcieńczeń cydrów o eksperymentalnie dobranym stężeniu. Przygotowano także krzywą wzorcową, którą stanowiła zależność absorbancji roztworu metanolowego troloksu (TE) od jego stężenia. Iloraz współczynników kierunkowych odpowiednio krzywej doświadczalnej oraz krzywej wzorcowej stanowią końcową wartość FRAP.

Aktywność przeciwrodnikową cydrów oznaczano metodą spektrofotometryczną z wykorzystaniem rodnika DPPH^{\cdot} , według procedur opisanych w literaturze [8, 19]. Czas rejestracji absorbancji wynosił 15 min, z częstością próbkowania wynoszącą 2 s. Na podstawie zarejestrowanych krzywych kinetycznych oraz krzywej wzorcowej o równaniu $y = 0,0104x$, przedstawiającej zależność absorbancji metanolowego roztworu DPPH^{\cdot} od jego stężenia, wyznaczano stężenie rodnika DPPH^{\cdot} w układzie reakcyjnym, a następnie zawartość pozostałego rodnika z równania:

$$\% \text{DPPH}^{\text{POZ}} = \frac{[\text{DPPH}^{\cdot}]_{t=15}}{[\text{DPPH}^{\cdot}]_{t=0}} \cdot 100 \%,$$

w którym:

$\% \text{DPPH}^{\text{POZ}}$ – procentowa zawartość pozostałego, niezredukowanego rodnika DPPH^{\cdot} ,
 $[\text{DPPH}^{\cdot}]_{t=15}$ – zawartość rodnika DPPH^{\cdot} w układzie reakcyjnym z dodatkiem badanej próbki po 15 min,
 $[\text{DPPH}^{\cdot}]_{t=0}$ – początkowa zawartość rodnika DPPH^{\cdot} w układzie reakcyjnym bez dodatku badanej próbki.

Na podstawie zawartości pozostałego rodnika DPPH w układzie reakcyjnym dla każdego stężenia badanej próbki wyznaczano parametr EC_{50} , czyli zawartość badanej próbki potrzebnej do zmniejszenia początkowej zawartości DPPH o 50 %. Następnie, podobnie jak Maisuthisakul i wsp. [20], określano aktywność przeciwutleniającą AP_{DPPH} cydrów zdefiniowaną jako $1/EC_{50}$.

Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 12. Do analizy statystycznej zastosowano technikę wielowymiarową PCA oraz statystykę podstawową – macierz korelacji przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Wyniki badań i analiza

Literatura dostarcza stosunkowo dużo informacji na temat właściwości przeciwutleniających napojów alkoholowych, w szczególności win [14, 16] oraz piw [10, 28], natomiast dane dotyczące cydrów dostępnych na polskim rynku są bardzo ograniczone. Cydrylic badane w pracy charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością polifenoli ogółem ($239,54 \div 582,44$ mg/l). Cydrylic 1., 2. i 3. zawierały dwukrotnie mniej polifenoli niż cydrylic 4. i 5. (tab. 1). Dysproporcja taka jest naturalna, ponieważ na zawartość polifenoli wpływa wiele czynników. Alonso-Salces i wsp. [3] wskazują na znaczne różnice pod względem zawartości polifenoli, np. w cydrach otrzymanych z jabłek pochodzących z Francji było ich $0,28 \div 217$ mg/l, z kolei cydrylic baskijskie otrzymywane z jabłek galicyjskich charakteryzowały się większą zawartością polifenoli – $21 \div 512$ mg/l. Dostępne są także dane dotyczące porównania zawartości polifenoli cydrów baskijskich i francuskich oznaczonych metodą chromatograficzną [1, 12]. W cydrach baskijskich zawartość polifenoli wynosiła $24 \div 331$ mg/l, a w cydrach francuskich – $143 \div 2488$ mg/l. Podkreślono równocześnie, że wyniki uzyskane metodą Folina-Ciocalteu'a są zawyżone w stosunku do wyników uzyskanych metodami chromatograficznymi. Autorzy niniejszego artykułu nie znają odmian jabłek, z których były wyprodukowane badane przez nich cydrylic, stąd nie mogą ocenić wpływu odmiany na zawartość polifenoli.

Na podstawie porównania zawartości polifenoli w cydrach z danymi literaturowymi można stwierdzić, że wina czerwone charakteryzują się znacznie wyższym stężeniem tych związków i w przeliczeniu na kwas galusowy jest to zakres $1390 \div 1600$ mg/l. W jednej z najbardziej cenionych odmian winorośli właściwej, jaką jest odmiana Cabernet Sauvignon, zawartość polifenoli wynosi 1412 mg kwasu galusowego w jednym kilogramie owoców. Znacznie mniejsza zawartość polifenoli występuje w winogronach białych, np. w odmianie Chardonnay – 575 mg/kg [27, 31]. Z kolei w piwach zawartość polifenoli wynosi $150 \div 300$ mgGA/l.

Siłę redukującą FRAP cydrów określono na podstawie zdolności do redukcji związku Fe^{3+} TPTZ do Fe^{2+} TPTZ. Przyjmuje się, że im wyższa wartość FRAP badanej

substancji, tym większa jest jej siła redukująca. Spośród przebadanych próbek największą siłą redukującą charakteryzował się cydr 5., a następnie 4. (tab. 1).

Potencjał przeciwutleniający TEAC badanych cydrów wynika z ich zdolności do redukcji kationorodnika ABTS^{•+}. Podobnie jak w przypadku metody FRAP, przyjmuje się, że wyższy potencjał przeciwutleniający odpowiada wyższym wartościom TEAC. Wykazano, że najwyższą wartością TEAC charakteryzował się cydr 4., a następnie 5. Wartości ABTS badanych cydrów były znacząco niższe niż win czerwonych, w których wskaźnik ten według danych literaturowych wynosi średnio 14,1 mM TE/ml [27].

Należy podkreślić, że wyniki uzyskane metodą FRAP, jak i TEAC, uwidaczniają znaczne różnice pomiędzy analizowanymi próbkami cydrów. Równocześnie można zauważyć występowanie korelacji pomiędzy siłą redukującą i potencjałem przeciwutleniającym. Najwyższe wartości obu parametrów oznaczono bowiem w cydrach 4. i 5. i były one 2- lub 3-krotnie wyższe niż w cydrach 1., 2. i 3. (tab. 1).

Zdolność do wygaszania rodnika DPPH[•] przez badane cydrylicy wyrażono za pomocą dwóch parametrów: EC₅₀ oraz AP_{DPPH}. Im niższą wartość uzyskuje parametr EC₅₀, tym wyższą aktywność przejawia dany przeciwutleniacz. Badane cydrylicy wykazywały zróżnicowaną zdolność wygaszania rodnika DPPH[•]. Wartości EC₅₀ cydrów 2. i 3. wynosiły odpowiednio [% v/v]: 0,39 i 0,64 (tab. 1). Aktywność przeciwutleniająca AP_{DPPH} cydrów zdefiniowana jako 1/EC₅₀ [20] to wartość będąca odwrotnością EC₅₀, stąd im jest ona wyższa, tym wyższą aktywnością przeciwrodnikową charakteryzuje się dany przeciwutleniacz. Zatem najwyższą wartość tego parametru spośród analizowanych cydrów stwierdzono w próbce 3. (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość polifenoli ogółem oraz wartości parametrów opisujących właściwości przeciwutleniające cydrów

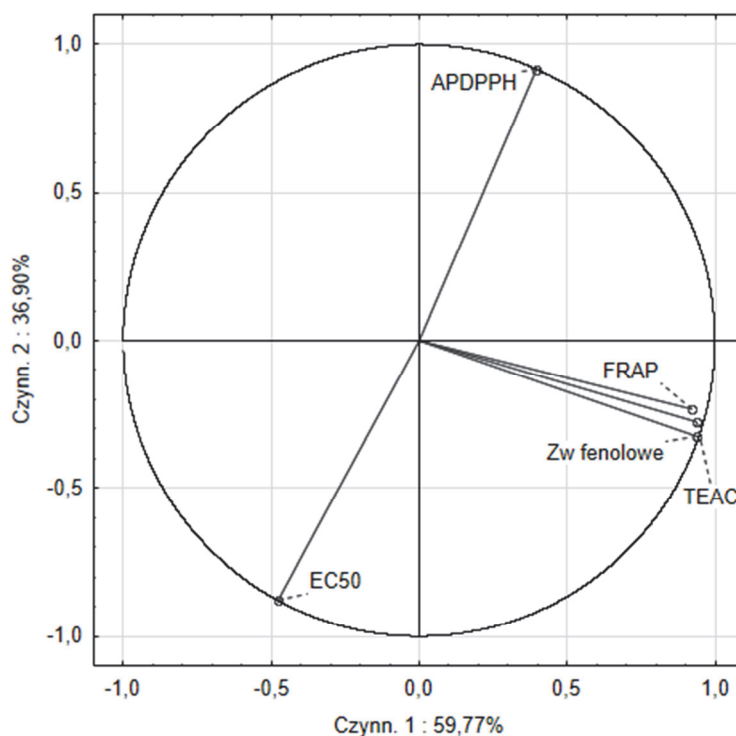
Table 1. Content of total polyphenols and values of parameters that describe antioxidant properties of cides

Cydr Cider	Polifenole ogółem Total polyphenols[mgGA/l] $\bar{X} \pm s / SD$	FRAP [mmol Fe ³⁺ /ml] $\bar{X} \pm s / SD$	ABTS [μmol TE/ml]	EC ₅₀ [%]	AP _{DPPH} (1/EC ₅₀)
1	243 ± 15,8	1010 ± 7,9	0,26	0,43	2,33
2	239 ± 17,3	930 ± 8,7	0,20	0,37	2,70
3	273 ± 21,4	600 ± 10,3	0,27	0,64	1,56
4	574 ± 11,6	1950 ± 12,0	0,82	0,39	2,56
5	582 ± 24,5	2910 ± 11,7	0,72	0,48	2,08

Objaśnienia / Explanatory notes:

\bar{X} – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation.

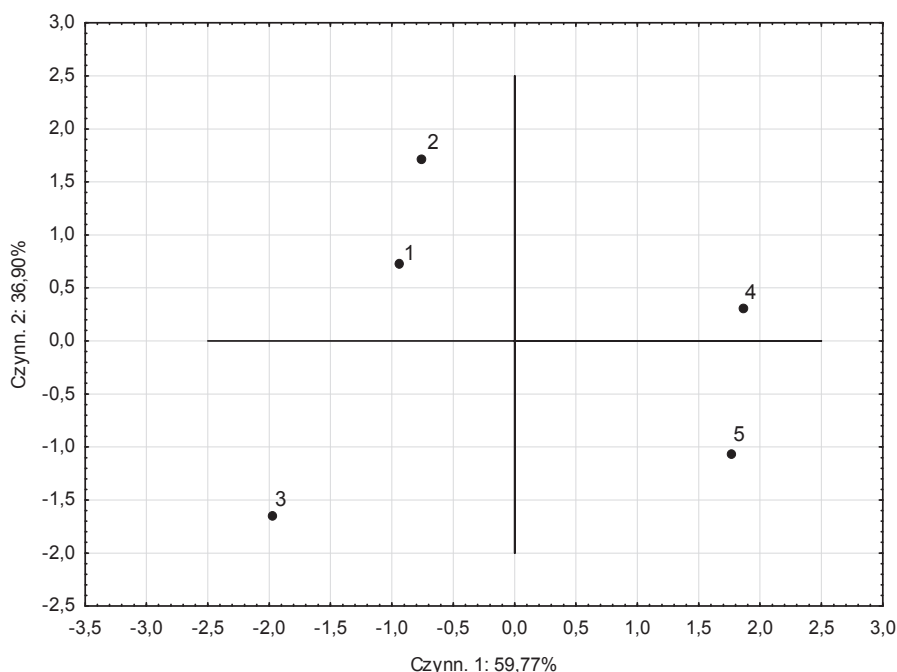
Niewątpliwie istotnym elementem kompleksowej oceny parametrów związanych z właściwościami przeciwutleniającymi jest ich wzajemna korelacja. W celu redukcji liczby wymiarów oraz wyjaśnienia struktury zmienności i korelacji danych zastosowano analizę składowych głównych PCA. Obliczanie składowych głównych wykonano na podstawie macierzy korelacji, a redukcji wymiaru do 2 dokonano zgodnie z kryterium Kaisera. Dwie składowe główne opisują 96,7 % wariacji. Zarówno z kierunku i długości wektora (rys. 1), jak i z wartości obliczeniowych współrzędnych czynnikowych zmiennych wynika jednoznacznie, że pierwsza składowa koreluje silnie ze zmiennymi FRAP, TEAC i zawartością polifenoli, natomiast składowa druga ze zmiennymi EC_{50} oraz AP_{DPPH} . Wartości zasobów zmienności wspólnej dla dwóch czynników wynoszącej odpowiednio $FRAP = 0,989$, $TEAC = 0,899$, polifenole = $0,953$, $EC_{50} = 0,996$ oraz $AP_{DPPH} = 0,995$ wskazują, że najpełniej opisywaną przez nowe czynniki zmienną rzeczywistą jest zmienna EC_{50} . Wzajemne ułożenie wektorów względem siebie wskazuje na silne dodatnie skorelowanie zmiennych FRAP, TEAC i polifenoli. Oczywista jest natomiast silna ujemna korelacja pomiędzy EC_{50} a AP_{DPPH} .



Rys. 1. Projekcja zmiennych na płaszczyznę składowych głównych

Fig. 1. Projection of variables onto principal component plane

Z kolei brak jest korelacji pomiędzy zmiennymi FRAP, TEAC i polifenolami a zmiennymi EC_{50} oraz AP_{DPPH} . Podobne powiązania przedstawiono w literaturze przedmiotu. Stratil i wsp. [26] oraz Casco i wsp. [29] wykazali brak korelacji pomiędzy zawartością związków fenolowych a zdolnością wygaszania wolnego rodnika DPPH, a ci sami autorzy oraz Benzie i Strain [6] stwierdzili istnienie silnej dodatniej korelacji pomiędzy zawartością polifenoli a wartościami TEAC i FRAP. W badaniach własnych potwierdzono występowanie statystycznie istotnych ($p < 0,05$) korelacji pomiędzy zmiennymi: związki fenolowe a FRAP ($r = 0,909$), związki fenolowe a TEAC ($r = 0,988$) oraz EC_{50} a AP_{DPPH} . ($r = -0,998$). Wykazano, że przy założonym poziomie istotności pozostałe korelacje parami były statystycznie nieistotne. Na rys. 2. przedstawiono rzut przypadków na płaszczyznę składowych głównych, który obrazuje podobieństwo pomiędzy badanymi cydrami. Wzajemne ułożenie analizowanych przypadków względem siebie wskazuje, że całkowicie odmiennymi właściwościami stanowiącymi przedmiot rozważań charakteryzował się cydr 3. Zauważyć można natomiast podobieństwo pomiędzy cydrami 1. i 2. oraz 4. i 5.



Rys. 2. Rzut przypadków na płaszczyznę składowych głównych

Fig. 2. Projection of data onto principal component plane

Wnioski

1. Cydrylicy dostępne na polskim rynku są zróżnicowane pod względem zawartości polifenoli ogółem.
2. Zwiększona zawartość polifenoli była skorelowana z wyższą siłą redukującą FRAP i wyższym potencjałem przeciwutleniającym TEAC cydrów.
3. Wartości parametrów EC_{50} oraz AP_{DPPH} były zróżnicowane i nieproporcjonalne do tych uzyskanych pozostałymi metodami.
4. Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że cydrylicy są źródłem związków fenolowych, lecz w porównaniu z innymi napojami alkoholowymi, np. winami, wykazują dość słabe właściwości przeciwutleniające.

Literatura

- [1] Alonso-Salces R.M., Guyot S., Herrero C., Berrueta L.A., Drilleau J.F., Gallo B., Vicente F.: Chemometric characterisation of Basque and French ciders according to their polyphenolic profiles. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2004, **379** (3), 464-475.
- [2] Alonso-Salces R.M., Guyot S., Herrero C., Berrueta L.A., Drilleau J.-F., Gallo B., Vicente F.: Chemometric classification of Basque and French ciders based on their total polyphenol contents and CIE Lab parameters. *Food Chem.*, 2005, **91**, 91-98.
- [3] Alonso-Salces R.M., Herrero C., Barranco A., López-Márquez D.M., Berrueta L.A., Gallo B., Vicente F.: Polyphenolic compositions of Basque natural ciders: A chemometric study. *Food Chem.*, 2006, **97** (3), 438-446.
- [4] Arumugam P., Ramamurthy P., Santhiya S.T., Ramesh A.: Antioxidant activity measured in different solvent fractions obtained from *Mentha spicata* Linn.: An analysis by ABTS.+ decolorization assay. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.*, 2006, **15** (1), 119-124.
- [5] Bartosz G.: Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2004.
- [6] Benzie I.F., Strain J.J.: The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Anal Biochem*, 1996, **239** (1), 70-76.
- [7] Cai Y., Luo Q., Sun M., Corke H.: Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, 2004, **74**, 2157-2184.
- [8] Cieszyńska A., Michocka K., Wieczorek D., Wieloch A.: Antioxidant activity of green tea available in the Polish market. *Zesz. Nauk. UE w Poznaniu*, 2011, **212**, 180-188.
- [9] Coton M., Laplace J.M., Auffray Y., Coton E.: "Framboisé" spoilage in French ciders: *Zymomonas mobilis* implication and characterization. *LWT-Food Sci. Technol.*, 2006, **39** (9), 972-979.
- [10] De Gaetano G., Costanzo S., Di Castelnuovo A., Badimon L., Bejko D., Alkerwi A.A., Pounis G.: Effects of moderate beer consumption on health and disease: A consensus document. *Nutr., Met. Cardiovasc. Dis.*, 2016, **26** (6), 443-467.
- [11] El Gharras H.: Polyphenols: food sources, properties and applications – A review. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2009, **44**, 2512-2518.
- [12] Escarpa A., González M.C.: Approach to the content of total extractable phenolic compounds from different food samples by comparison of chromatographic and spectrophotometric methods. *Analytica Chimica Acta*, 2001, **427** (1), 119-127.
- [13] García Y.D., Valles B.S., Lobo A.P.: Phenolic and antioxidant composition of by-products from the cider industry: Apple pomace. *Food Chem.*, 2009, **117** (4), 731-738.

- [14] Gawlik M.B., Nowak Ł., Baran M.: Analiza właściwości win produkcji polskiej. Bromat. Chem. Toksykol., 2008, **XLI (1)**, 15-20.
- [15] Gliszczyńska-Świgło A.: Przeciwutleniające i proutleniające właściwości wybranych składników żywności jako wyróżnik jej jakości. Wyd. UE w Poznaniu, Poznań 2010.
- [16] Heinonen I.M., Lehtonen P.J., Hopia A.I.: Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquors. J. Agric. Food Chem., 1998, **46 (1)**, 25-31.
- [17] Jakubowska M., Sordon W., Ciepela F.: Unsupervised pattern recognition methods in ciders profiling based on GCE voltammetric signals. Food Chem., 2016, **203**, 476-482.
- [18] Koksal E., Bursal E., Dikici E., Tozoglu F., Gulcin I.: Antioxidant activity of *Melissa officinalis* leaves. J. Med. Plants Res., 2011, **5 (2)**, 217-222.
- [19] Lobo A.P., García Y.D., Sánchez J.M., Madrera R.R., Valles B.S.: Phenolic and antioxidant composition of cider. J. Food Comp. Anal., 2009, **22 (7)**, 644-648.
- [20] Maisuthisakul P., Suttajit M., Pongsawatmanit R.: Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. Food Chem., 2007, **100 (4)**, 1409-1418.
- [21] Malinowska P.: Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów roślinnych stosowanych w emulsjach kosmetycznych. Praca doktorska. Wydz. Towaroznawstwa, UE w Poznaniu, Poznań 2009.
- [22] Mangas J., Gonzalez M.P., Blanco D.: Influence of cider-making technology on low-boiling-point volatile compounds. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und – Forschung, 1993, **197**, 522-524.
- [23] Riekstina-Dolge R., Kruma Z., Dimins F., Straumite E., Karklina D.: Phenolic composition and sensory properties of ciders produced from Latvian apples. Proc. Latv. Univ. Agr. 2014, **31**, 326, 39-45.
- [24] Sanoner P., Guyot S., Marnet N., Molle D., Drilleau J.F.: Polyphenol profiles of French cider apple varieties (*Malus domestica* sp.). J. Agric. Food Chem., 1999, **47 (12)**, 4847-4853.
- [25] Singleton V.L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic – phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Viticult., 1965, **16**, 144-158.
- [26] Stratil P., Klejdus B., Kuban V.: Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables – Evaluation of spectrophotometric methods. J. Agric. Food Chem., 2006, **53 (3)**, 607-616.
- [27] Szajdek A., Borowska J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2004, **4 (41) Supl.**, 5-28.
- [28] Śledziński T., Kwaśniewska D., Zieliński, R.: Aktywność przeciwdrobnikowa piwa. Probl. Hig. Epidem., 2013, **94 (3)**, 648-652.
- [29] Vasco C., Ruales J., Kamal-Eldin A.: Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. Food Chem., 2008, **111**, 816-823.
- [30] Wieczorek D., Cieszyńska A., Michocka K.: Właściwości przeciwutleniające naparów herbat zielonych z różnymi dodatkami. Probl. Hig. Epidem., 2013, **94 (4)**, 866-868.
- [31] Ock-Sook Y., Meyer A.S., Frankel E.N.: Antioxidant activity of grape extracts in a lecithin liposome system. J. Am. Oil Chem. Soc., 1997, **74 (10)**, 1301-1307.
- [32] Zhao H., Zhou F., Dziugan P., Yao Y., Zhang J., Lv Z., Zhang B.: Development of organic acids and volatile compounds in cider during malolactic fermentation. Czech J. Food Sci., 2014, **32**, 1, 69-76.

ASSESSMENT OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF CIDERS

S u m m a r y

Cider is an alcoholic beverage that is particularly popular in Western Europe where a traditional method is applied to produce it, i.e. two consecutive fermentation processes: alcoholic and malolactic. Among Polish consumers, there is a growing interest in this beverage. This fact encouraged the authors to attempt to assess the antioxidant properties of several ciders available in the Polish market. Under the research project, the total content of phenolic compounds was determined. The antioxidant activity of the ciders analysed was determined by a spectrophotometric method using a DPPH· radical. A further objective of the research study was to assess the TEAC antioxidant potential. A Principal Components Analysis (PCA) was applied to determine the correlation degree amidst the parameters linked with the antioxidant properties.

The results obtained showed that the ciders available in the Polish market are differentiated as regards the content of total polyphenols therein ($239.54 \div 582.44$ mg/l). This was also confirmed by the values of FRAP reducing power and TEAC antioxidant potential. The values of EC50 and APDPPH parameters varied and were disproportionate to those obtained by other methods. Based on the results of the analysis performed, it was found that the antioxidant properties of ciders were weaker compared to, for example, that of wines.

Key words: antioxidant properties, polyphenols, cider, FRAP method, DPPH method, Folin-Ciocalteu method ☒