

GRZEGORZ ZAGUŁA, CZESŁAW PUCHALSKI

ZMIANY GLUKOZOWO-FRUKTOZOWE W JABŁKACH PODDANYCH ODDZIAŁYWANIU STAŁYCH I WOLNOZMIENNYCH PÓL MAGNETYCZNYCH

Streszczenie

Oddziaływanie pól magnetycznych na układy biologiczne nie jest do końca poznane. W literaturze przedmiotu opisany jest wpływ pola magnetycznego na nasiona (przedsiewna stymulacja) i organizmy zwierzęce. Nieliczne są badania dotyczące wpływu takich pól na wegetację roślin, w tym na kształtowanie owoców w czasie ich wzrostu i dojrzewania. Dlatego też celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu stałych i wolnozmiennych pól magnetycznych na wybrane cechy jabłek. Zastosowano zmienne pola magnetyczne z przedziału indukcji magnetycznej od 5 do 100 mT, przy częstotliwości 50 Hz oraz od 50 do 150 μ T w połączeniu z częstotliwością od 10 do 100 Hz, jak również pola magnetyczne stałe z przedziału 5 - 100 mT. W wyniku trzyletnich badań polowych uzyskano 7-procentowe zwiększenie zawartości ekstraktu ogólnego w owocach stymulowanych zmiennym polem magnetycznym o indukcji 100 μ T. Ze względów praktycznych pole to uznano za optymalne. Najistotniejsze zmiany, jakie stwierdzono po magnetostymulacji, dotyczyły zawartości dwóch podstawowych cukrów prostych: glukozy i fruktozy.

Słowa kluczowe: jabłka, pola magnetyczne, ekstrakt, glukoza, fruktoza

Wprowadzenie

Produkcja owoców wysokiej jakości o cechach spełniających oczekiwania konsumentów jest przedmiotem zainteresowania sadowników. Uważa się, że sukces rynkowy w tej branży mogą zapewnić innowacje odmianowe lub specjalizacja produkcji [6].

W kształtowaniu jakości owoców należy wyróżnić fazę wzrostu i rozwoju oraz fazę następującą już po zbiorze. Na jakość owoców w fazie wzrostu wpływają: sposób uprawy i nawożenia gleby oraz zabiegi pielęgnacyjne, jak również warunki klimatyczne i pogodowe występujące w różnych fazach rozwoju, tj. temperatura, wilgotność, nasłonecznienie, ilość opadów itp. Czynniki te decydują o jakości owoców w momen-

cie zbioru i mają wpływ na zmiany ich właściwości w trakcie przechowywania i dystrybucji. Jakość owoców po zbiorze określa się różnymi parametrami fizykochemicznymi, które często nie uwzględniają przebiegu fazy rozwojowej i tylko w sposób pośredni informują o procesie wzrostu [3].

Rozwój rolnictwa wiąże się ze znacznym wykorzystaniem zasobów środowiska przyrodniczego, ale też zmusza do poszukiwania nowych, bezpiecznych metod zwiększania wielkości i jakości plonów roślin uprawnych [18]. W tym celu wykorzystuje się metody niekonwencjonalne, do których zalicza się [8, 13, 16, 24]:

- oddziaływanie na rośliny organizmów niższych, np. grzybów czy bakterii,
- chemiczną syntezę składników odżywczych,
- inżynierię genetyczną,
- oddziaływanie na rośliny bodźcami fizycznymi w formie promieniowania jonizującego, światła laserowego, ultradźwięków czy stałych i zmiennych pól magnetycznych.

Jedną z metod poprawy jakości owoców jest oddziaływanie na nie polami: magnetycznym, elektromagnetycznym i elektrycznym. Ich wpływ na organizmy żywe nie jest jeszcze wyczerpująco opisany. Dotychczasowe badania dotyczyły oddziaływania tych pól na organizmy, jednak brakowało możliwości uzyskania selektywnego oddziaływania pól magnetycznych na komórki lub tkanki, stąd wnioskowanie o przydatności takich zabiegów było utrudnione [11].

Dowodzono, że pole magnetyczne, zmieniając przebieg niektórych procesów fizjologicznych i biochemicznych, oddziałuje na kiełkowanie i rozwój roślin [21]. Badania magnetostymulacji nasion i jej wpływu na późniejszy wzrost i rozwój roślin są najczęstsze wśród osób zajmujących się tą problematyką [1, 5, 12, 13, 16, 17, 20, 22, 23]. Do nielicznych prac nad wpływem magnetostymulacji na właściwości owoców należą badania Esitkena [7], który poddawał działaniu pola magnetycznego truskawki szklarniowe w okresie ich wegetacji. Przyczyną niepodejmowania badań w tym zakresie są: utrudnienia w prowadzeniu magnetostymulacji, brak mobilności używanego sprzętu do stymulacji czy wreszcie trudności z umieszczaniem owoców (czy całych roślin) w obrębie działania jednorodnego pola magnetycznego.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu pola magnetycznego na wybrane cechy jabłek, takie jak: zawartość ekstraktu ogólnego oraz stężenie glukozy i fruktozy, stymulowanych w czasie ich wzrostu i dojrzewania na drzewie, a badanych po osiągnięciu przez nie dojrzałości zbiorczej.

Material i metody badań

Material do badań stanowiły jabłka czterech odmian: ‘Gloster’, ‘Jonagold’, ‘Ligol’ i ‘Rubin’, rosnące na podkładkach półkarłowych M26. Oddziaływania polem magnetycznym prowadzono w latach 2008 - 2010 na terenie Sadowniczo-

Szkółkarskiego Doświadczalnego Zakładu w Albigowej na Podkarpaciu, a badania laboratoryjne – w laboratoriach Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Ważnym zagadnieniem służącym metodycznej poprawności przeprowadzanych testów było określenie koniecznej, minimalnej liczby sztuk owoców poddawanych stymulacji magnetycznej w każdej z grup stymulacyjnych, tj. liczby powtórzeń dla danej grupy magnetostymulacyjnej. W wyliczeniu tej liczby skorzystano z wyrażenia t-Studenta:

$$l \geq 2 \cdot \left[\frac{t_{\alpha} \cdot V}{d} \right]^2,$$

gdzie:

l – poszukiwana liczba powtórzeń;

t_{α} – wartość t-Studenta na poziomie istotności $p = 0,05$, przy liczbie stopni swobody mierzonej liczbą obserwacji, równa 2,030;

d [%] – precyzja oceny określona przez odchylenie standardowe wyników pomiarów, uzyskanych z serii powtórzeń tego samego materiału – przyjęto 2 %;

V [%] – wartość współczynnika zmienności dla 35 sztuk owoców w próbie pilotażowej – równa 2,7 %.

Z wyliczenia wynika, że poszukiwana minimalna liczba powtórzeń stymulacyjnych dla każdego z rodzajów pola magnetycznego powinna wynosić:

$$l \geq 2 \cdot \left[\frac{2,12 \cdot 2,7\%}{2\%} \right]^2 \approx 16.$$

Jest to liczba powtórzeń, która każdorazowo była stosowana przy magnetostymulacji. Z drugiej strony, liczba kombinacji zastosowanych indukcji pól magnetycznych, w zestawieniu z ich częstotliwościami, również wynosiła 16. Przedstawione doświadczenie można było wpisać w układ tzw. kwadratu łacińskiego.

Ostatecznie wybrano po 16 owoców przeznaczonych do oddziaływania każdej z zastosowanych kombinacji pól magnetycznych oraz dodatkowo 16 owoców kontrolnych niepoddawanych magnetostymulacji. Jabłka poddawano 6-krotnej, 5-minutowej stymulacji polami magnetycznymi w odstępach tygodniowych, począwszy od około 6 tygodni przed potencjalnym terminem dojrzałości zbiorczej owoców [14].

Do indukowania pól stałych używano magnesów neodymowych na ruchomych podstawach. Pola wolnozmiennie z przedziału 5 - 100 mT wytwarzano za pomocą cewki indukcyjnej 12-warstwowej, zasilanej z autotransformatora prądu przemiennego 50 Hz, natomiast do magnetostymulacji polem wolnozmiennym z przedziału 50 – 150 μ T stosowano moduł prądowy dwukanałowy sterowany mikroprocesorowo z możliwością dobierania częstotliwości od 10 do 100 Hz [15].

Zawartość glukozy i fruktozy oznaczano w zhomogenizowanych próbkach owoców przy użyciu spektrofotometru bliskiej podczerwieni z transformacją Fouriera Bruker FT-NIR MPA i z zastosowaniem materiałów odniesienia uzyskanych metodą HPLC (zgodnie z PN-EN12630:2002 [19]). Z kolei zawartość ekstraktu ogólnego oznaczano refraktometrem ATAGO (zgodnie z PN90/A-75101/02 [18]).

Wyniki i dyskusja

Wyniki z tab. 1 są średnimi otrzymanymi dla poszczególnych odmian jabłek.

Tabela 1

Zawartość ekstraktu ogólnego w jabłkach w zależności od zastosowanego pola magnetycznego.
Total extract level in apples depending on magnetic field applied.

Pole magnetyczne Magnetic field	Zawartość ekstraktu / Extract Level [%] $\bar{x} \pm SD$			
	'Gloster'	'Rubin'	'Ligol'	'Jonagold'
Próba kontrolna Control sample	16,34 ± 0,10	14,22 ± 0,19	13,94 ± 1,04	13,64 ± 0,86
5 mT	16,28 ± 0,11	14,38 ± 0,12	13,81 ± 0,11	13,60 ± 0,29
50 mT	16,46 ± 0,15	13,94 ± 0,21	14,00 ± 0,31	13,54 ± 0,24
100 mT	16,38 ± 0,26	13,74 ± 0,19	14,03 ± 0,18	13,90 ± 0,19
50 μT, 10 Hz	17,38 ± 0,14	14,10 ± 0,18	13,86 ± 0,21	13,67 ± 0,18
50 μT, 50 Hz	17,30 ± 0,27	14,18 ± 0,16	13,88 ± 0,21	13,87 ± 0,15
50 μT, 100 Hz	16,16 ± 0,32	13,70 ± 0,14	13,64 ± 0,22	14,08 ± 0,24
100 μT, 10 Hz	17,32 ± 0,17	14,58 ± 0,08	14,22 ± 0,30	14,50 ± 0,35
100 μT, 50 Hz	17,06 ± 0,26	14,62 ± 0,11	14,13 ± 0,28	14,52 ± 0,36
100 μT, 100 Hz	17,05 ± 0,17	14,50 ± 0,14	14,33 ± 0,17	14,58 ± 0,31
150 μT, 10 Hz	16,56 ± 0,08	14,07 ± 0,13	13,58 ± 0,24	14,05 ± 0,25
150 μT, 50 Hz	16,20 ± 0,20	13,22 ± 0,20	14,44 ± 0,54	14,16 ± 0,39
150 μT, 100 Hz	16,08 ± 0,31	12,88 ± 0,28	13,83 ± 0,14	14,04 ± 0,29
5 mT, 50 Hz	15,98 ± 0,24	13,48 ± 0,20	13,58 ± 0,29	13,78 ± 0,27
50 mT, 50 Hz	16,08 ± 0,11	14,12 ± 0,21	13,87 ± 0,11	13,97 ± 0,19
100 mT, 50 Hz	16,06 ± 0,13	14,24 ± 0,17	13,75 ± 0,21	13,78 ± 0,19

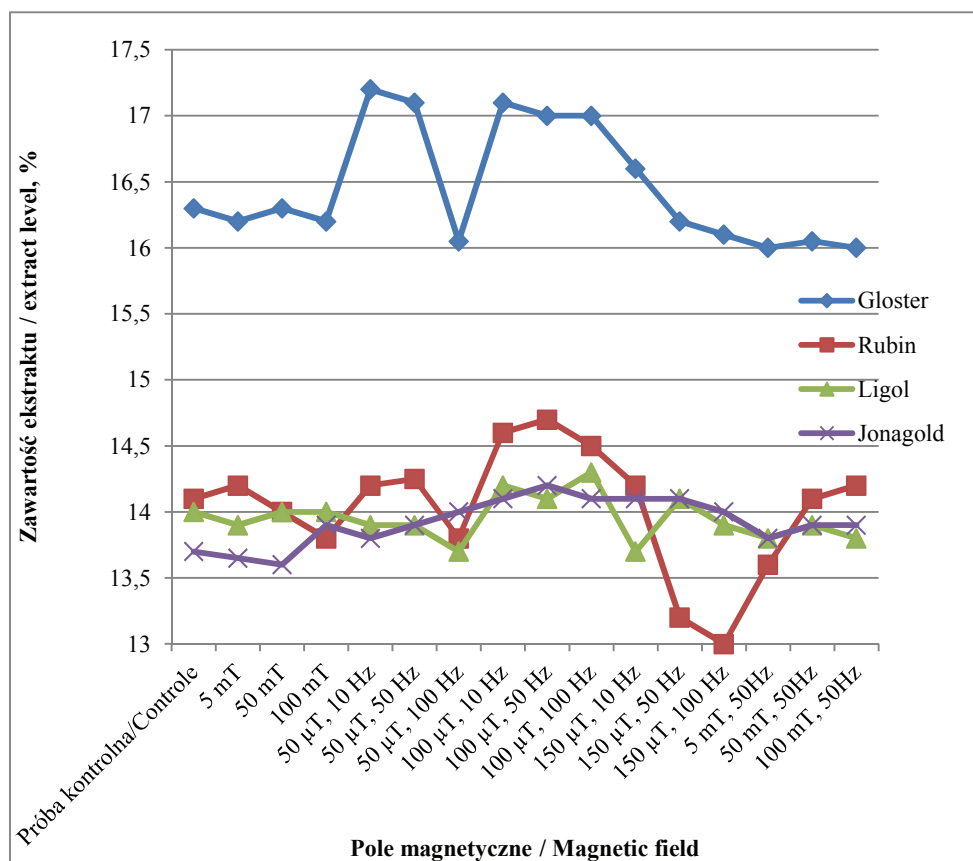
Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x} \pm SD$ – wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation; n = 16.

Zastosowanie indukcji pola magnetycznego na poziomie 100 μT do stymulowania owoców skutkowało zwiększeniem zawartości ekstraktu ogólnego, niezależnie od zastosowanej częstotliwości tego pola. Zaobserwowano też tendencję do braku wpływu

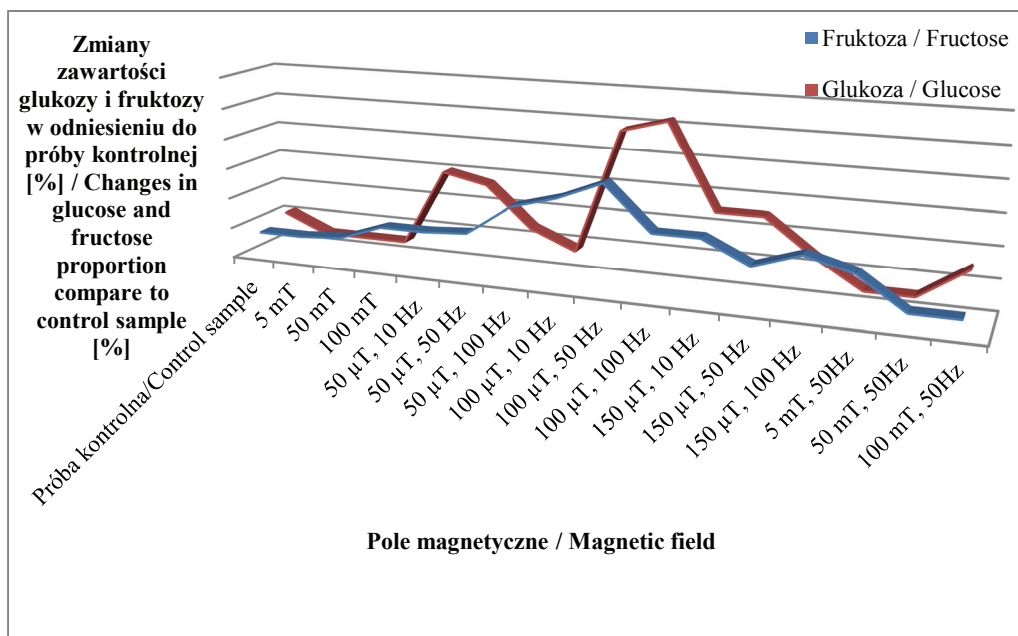
pól magnetycznych stałych i zmiennych o indukcjach przekraczających 5 mT na analizowany parametr jakościowy.

Różnice w reakcjach poszczególnych odmian jabłek na zastosowane pola magnetyczne zilustrowano na rys. 1. Tendencją był przyrost ekstraktu ogólnego po zastosowaniu pól magnetycznych o indukcji 100 μ T w połączeniu z częstotliwością 50 i 100 Hz, zwłaszcza w jabłkach ‘Rubin’. Podobne doświadczenie, lecz z nasionami buraka cukrowego przeprowadzili Wójcik i wsp. [25]. Po elektrostymulacji nasion polem o indukcji 75 mT wymienieni autorzy osiągnęli zwiększenie zawartości cukru w korzeniach buraka średnio o około 0,6 %. Odmianą jabłek, która odbiegała od pozostałych był ‘Gloster’. W owocach tej odmiany stwierdzono największą zawartość ekstraktu ogólnego zarówno po stymulacji polem magnetycznym 100 μ T, jak i 50 μ T (rys. 1).



Rys. 1. Zmiany zawartości ekstraktu ogólnego w poszczególnych odmianach jabłek w zależności od wielkości parametrów pola magnetycznego.

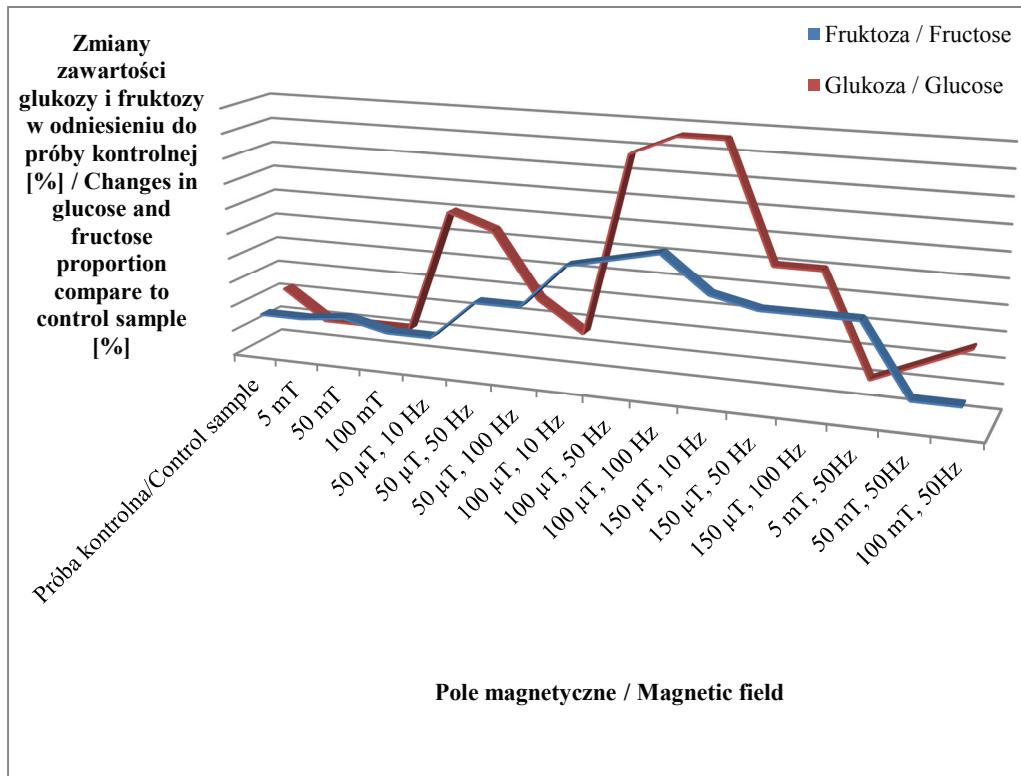
Fig. 1. Changes in total extract level in individual apple cultivars depending on parameter values of magnetic field.



Rys. 2. Zmiany zawartości glukozy i fruktozy w jabłkach odmiany 'Gloster' stymulowanych magnetycznie, w odniesieniu do próby kontrolnej.

Fig. 2. Changes in glucose and fructose levels in apples of 'Gloster' cultivar after stimulation by magnetic field and compared to control sample.

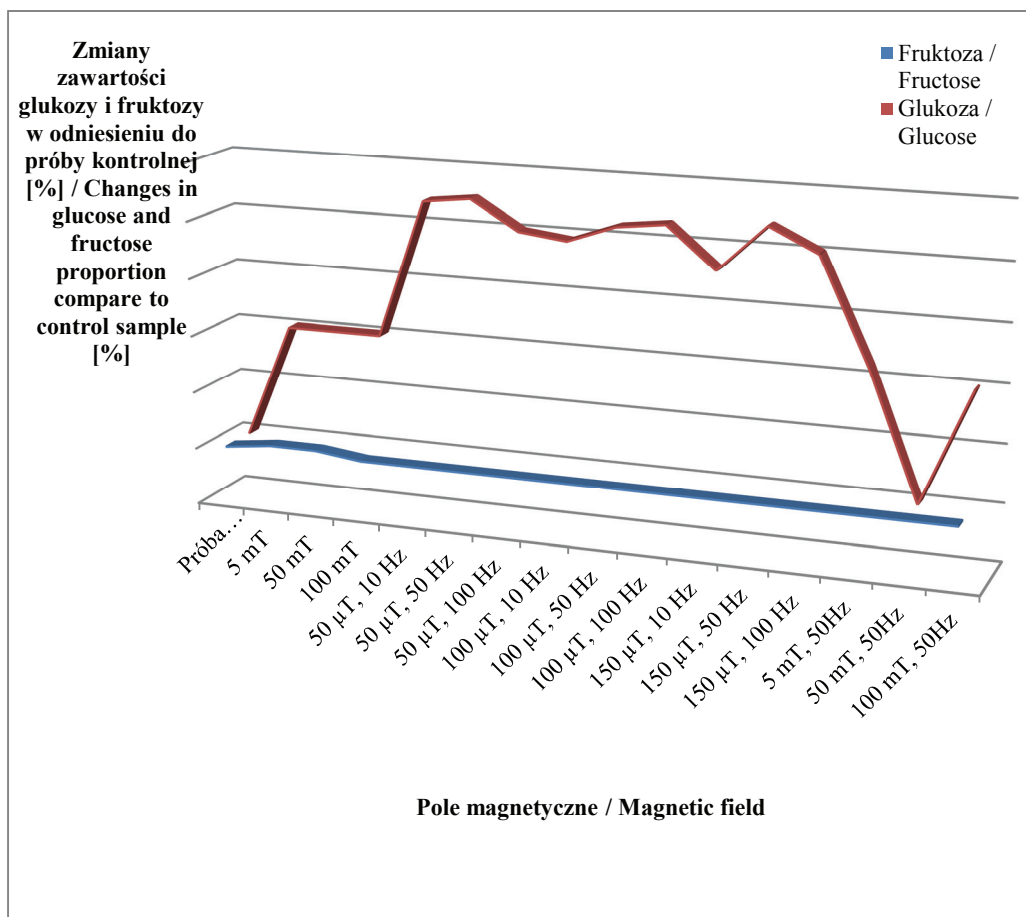
Na rys. 2 - 5 przedstawiono wyniki zmian zawartości cukrów prostych tj. glukozy i fruktozy w jabłkach poddanych działaniu pól magnetycznych o przyjętych parametrach. W przypadku odmiany 'Gloster' (rys. 2) wyraźny wzrost zawartości glukozy wystąpił po zastosowaniu pola magnetycznego o indukcji 100 μ T zwłaszcza w połączeniu z częstotliwością 50 Hz oraz 100 Hz. Następstwem zastosowania pola magnetycznego o takich parametrach okazała się przeszło dwukrotnie większa kumulacja glukozy w porównaniu z fruktozą. Podobny przebieg krzywych uzyskano po doświadczeniach z jabłkami 'Rubin' (rys. 3). W tym przypadku przyłożenie pola 100 μ T spowodowało blisko dwukrotny wzrost zawartości glukozy w porównaniu z fruktozą. Jedynie w jabłkach 'Jonagold' (rys. 4) nie zaobserwowano istotnych zmian zawartości fruktozy, natomiast znaczące różnice pojawiły się w przypadku drugiego z analizowanych cukrów prostych. Zawartość glukozy, niezależnie od zastosowanego pola magnetycznego, wzrastała, a jej największe wartości stwierdzono po zastosowaniu wszystkich pól magnetycznych wolnozmiennych tzw. małych o indukcjach z przedziału 50 - 150 μ T. W jabłkach 'Ligol' zaobserwowano tendencję do równoczesnego zwiększenia zawartości obu analizowanych cukrów prostych. W stosunku do próby kontrolnej zawartość obu cukrów w jabłkach wzrosła o przeszło 30 %.



Rys. 3. Zmiany zawartości glukozy i fruktozy w jabłkach odmiany 'Rubin' stymulowanych elektromagnetycznie, w odniesieniu do próby kontrolnej.

Fig. 3. Changes in glucose and fructose level in apples of 'Rubin' cultivar after stimulation by magnetic field and compared to control sample.

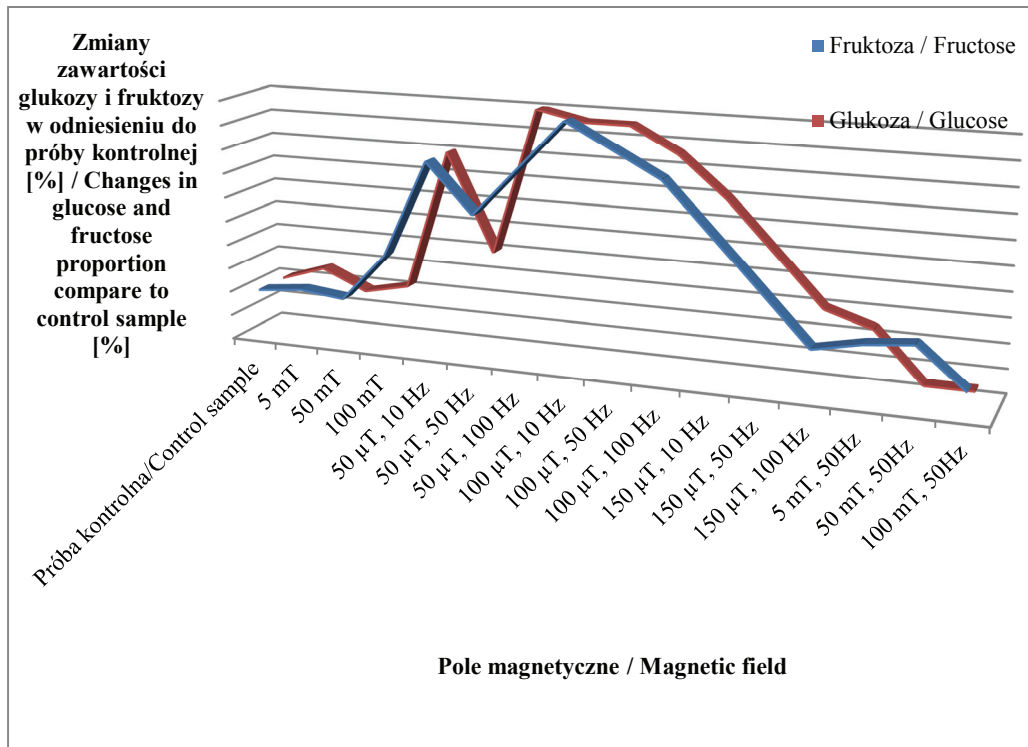
Najefektywniej na stymulację polem magnetycznym zareagowała odmiana 'Ligol'. W jej owocach zawartość fruktozy zwiększyła się o 14 %, a glukozy o 18 %. Dwie kolejne odmiany, tj. 'Gloster' i 'Rubin' reagowały podobnie. Zawartość glukozy w stosunku do fruktozy kształtowała się na poziomie 2 : 1 i przyrost tych związków w jabłkach odmiany 'Gloster' wyniósł odpowiednio 22 i 10 %. Natomiast w przypadku odmiany 'Rubin' ilość glukozy zwiększyła się o 16 %, a fruktozy o 8 %. Odmianowa była reakcja odmiany 'Jonagold' na stymulację. W jabłkach tej odmiany wzrost zawartości fruktozy był niewielki (2 %) przy 44-procentowym wzroście stężenia glukozy.



Rys. 4. Zmiany zawartości glukozy i fruktozy w jabłkach odmiany 'Jonagold' stymulowanych elektromagnetycznie, w odniesieniu do próby kontrolnej.

Fig. 4. Changes in glucose and fructose level in apples of 'Jonagold' cultivar after stimulation by magnetic field and compared to control sample.

Jabłka wszystkich analizowanych odmian wykazały wzrost stężenia cukrów prostych po zastosowaniu pola magnetycznego o indukcji 100 μ T, szczególnie w połączeniu z częstotliwością 50 i 100 Hz. Jednocześnie obserwowano intensywniejszy wzrost zawartości glukozy w porównaniu z fruktozą (średnio o kilkanaście procent). Jest to zjawisko korzystne ze względu na szlak metaboliczny glukozy i fruktozy w organizmie ludzkim. Fruktoza ma niższy indeks glikemiczny, jednak niekorzystnie wpływa na gospodarkę lipidową organizmu, powodując większe obciążenie wątroby [9].



Rys. 5. Zmiany zawartości glukozy i fruktozy w jabłkach odmiany 'Ligol' stymulowanych elektromagnetycznie, w odniesieniu do próby kontrolnej.

Fig. 5. Changes in glucose and fructose level in apples of 'Ligol' cultivar after stimulation by magnetic field and compared to control sample.

Wnioski

1. Wykazano znaczący wpływ pola magnetycznego o indukcji 100 μT na zawartość ekstraktu w jabłkach stymulowanych tym polem. W porównaniu z próbą kontrolną w owocach eksperymentalnych było średnio o 7 % więcej ekstraktu.
2. W jabłkach poddanych magnetostymulacji wzrost poziom ekstraktu był zbliżony niezależnie od odmiany.
3. W owocach stymulowanych podczas dojrzewania polem magnetycznym o indukcji 100 μT wytworzyło się o 8 % więcej fruktozy i o 25 % – glukozy.
4. Do praktycznego użytku zaleca się magnetostymulację jabłek polem o indukcji 100 μT .
5. Metoda stymulacji polem magnetycznym owoców podczas ich dojrzewania może mieć praktyczne zastosowanie do kształtowania wybranych parametrów jakościowych owoców takich, jak zawartość: ekstraktu ogólnego, glukozy i fruktozy.

Badania zrealizowano w ramach projektu Stypendia dla doktorantów pt. „Podkarpacki fundusz stypendialny dla doktorantów”

Literatura

- [1] Balyavskaya N.A.: Biological effects due to weak magnetic fields on plants. *Advances in Space Research*, 2004, **34**, 1566-1574.
- [2] Baranowski P., Lipecki J., Mazurek W., Walczak R.T.: Detekcja uszkodzeń mechanicznych jabłek z wykorzystaniem termografii. *Acta Agrophysica*, 2005, **6 (1)**, 19-29.
- [3] Baranowski P.: Temperatura radiacyjna wybranych owoców i nasion jako parametr oceny ich jakości. *Acta Agrophysica. Rozprawy i Monografie*, 2008, **159(2)**, 6-10.
- [4] Bieniasz M., Małodobry M., Lech W.: Ocena plonowania i jakości owoców dziewięciu odmian truskawki. *Rocznik Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 2007, **383**, 269-273.
- [5] Bujak K., Frant M.: Wpływ przedsięwziętej stymulacji nasion zmiennym polem magnetycznym na plonowanie pszenicy jarej. *Acta Agrophysica*, 2009, **15 (1)**, 19-29.
- [6] Czernyszewicz E.: Jakość owoców w ocenie konsumenckiej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **5 (78)**, 173-187.
- [7] Esitken A., Turan M.: Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria x ananassa cv. camarosa*). *Acta Agric. Scand. (Section B - Soil & Plant Science)*, 2004, **54**, 135-139.
- [8] Funk R.H.W., Monsees T., Ozkucur N.: Electromagnetic effect – from cell biology to medicine. *Progress Histochem. Cytochem.*, 2009, **43**, 177-264.
- [9] Hames B.D., Hooper N.M.: *Metabolizm węglowodanów. Biochemia. Krótkie wykłady.* Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2004, ss. 305-351.
- [10] Kader A.: The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce. *FAO Agric. Services Bull.*, 2004, **152**, 2-4.
- [11] Kornarzyński K., Pietruszewski S., Segit Z., Szwed-Urbaś K., Łacek R.: Wstępne badania wpływu stałego i zmiennego pola magnetycznego na szybkość wzrostu kielków pszenicy. *Acta Agrophysica*, 2004, **3 (3)**, 521-528.
- [12] Kornarzyński K., Pietruszewski S.: Wpływ zmiennego pola magnetycznego na kiełkowanie nasion o niskiej zdolności kiełkowania. *Acta Agrophysica*, 2008, **11 (2)**, 429-435.
- [13] Matsuda T., Asou H., Kobayashi M., Yonekura M.: Influences of magnetic fields on growth and fruit production of strawberry. *Acta Horticultura*, 1993, **348**, 378-380.
- [14] Patent nr P.399412: Sposób poprawy jakości owoców poprzez stosowanie magnetostymulacji.
- [15] Patent nr P.399624: Urządzenie generujące zmienne sygnały magnetyczne do stymulacji materiału biologicznego.
- [16] Piacentini M.P., Fraternali D., Piatti E., Ricci D., Vetrano F., Dacha M., Accorsi A.: Senescence delay and change of antioxidant enzyme levels in *Cucumis sativus* L. etiolated seedlings by ELF magnetic fields. *Plant Science*, 2001, **161 (1)**, 45-53.
- [17] Pietruszewski S., Kornarzyński K., Gładyszewska B.: Zastosowanie modelu analitycznego i symulacyjnego do opisu procesu kiełkowania nasion gryki poddanych przedsięwziętej biostymulacji polem elektrycznym i magnetycznym. *Technica Agraria*, 2003, **2 (1)**, 3-12.
- [18] PN-90/A-75101/02. Metoda refraktometryczna oznaczania ekstraktu ogólnego w przetworach owocowych i warzywnych.
- [19] PN-EN 12630: 2002. Soki owocowe i warzywno. Oznaczanie zawartości glukozy, fruktozy, sorbitolu i sacharozy. Metoda wysokosprawnej chromatografii cieczowej.
- [20] Podleśny J., Pietruszewski S.: Rola stymulacji magnetycznej nasion w kształtowaniu odporności roślin bobiku na niedobór wody w podłożu glebowym. *Acta Agrophysica*, 2007, **9 (2)**, 449-458.

- [21] Podleśny J.: Wpływ stymulacji magnetycznej nasion na wzrost, rozwój i plonowanie roślin uprawnych. *Acta Agrophysica*, 2004, **4 (2)**, 459-473.
- [22] Rochalska M.: Wpływ zmiennego pola magnetycznego na zawartość chlorofilu w liściach roślin. *Mat. II Międz. Konf. Nauk. Agrolaser "Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze"*, 2003, Lublin 8-10.09.2003, ss. 130-131.
- [23] Rybiński W., Pietruszeski S., Kornarzyński K.: Influence of magnetic field with chemomutagen and gamma rays on variability of yielding parameters in barley. *International Agrophysics*, 2003, **17 (2)**, 85-91.
- [24] Ślawska-Waniewska A.: Wybrane zagadnienia współczesnego biomagnetyzmu. *Postęp fizyki. Wykład plenarny z XXXVII Zjazdu Fizyków Polskich w Gdańsku*, 2003, **55 (4)**, 157-161.
- [25] Wójcik S., Dziamba M., Pietruszewski S.: Wpływ promieniowania mikrofalowego na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Acta Agrophysica*, 2004, **3 (3)**, 623-630.

CHANGES IN GLUCOSE AND FRUCTOSE IN APPLES EXPOSED TO CONSTANT AND SLOWLY CHANGING MAGNETIC FIELDS

S u m m a r y

The effect of magnetic fields on biological systems has not been completely identified. In the reference literature, there is a description of the effect of magnetic field on seeds (a pre-sowing stimulation) and animal organisms. There are a few research studies referring to the effect of those fields on the plant vegetation including the development of fruits during their growth and ripening. Therefore, the objective of the present research was to determine the impact of constant and slowly changing magnetic fields on some selected characteristics of apples. Variable magnetic fields were applied; their magnetic induction was between 5 mT to 100 mT at a frequency of 50 Hz and between 50 μ T and 150 μ T at a frequency ranging from 10 Hz to 100 Hz. Also, constant magnetic fields were applied that ranged between 5 and 100 mT. The three year field experiments resulted in a 7 % increase in the content of total extract in fruits stimulated by a slowly changing magnetic field that showed an induction level of 100 μ T. Owing to practical reasons, this magnetic field was found to be optimal. The most significant changes found after the stimulation performed referred to the levels of two basic monosaccharides: fructose and glucose.

Key words: apples, magnetic fields, extract, glucose, fructose ☒