

SPEKTROFOTOMETRYCZNA METODA OCENY WPŁYWU PÓL MAGNETYCZNYCH STAŁYCH I WOLNOZMIENNYCH STOSOWANYCH W CZASIE WZROSTU I DOJRZEWANIA NA RÓWNOWAGĘ GLUKOZOWO-FRUKTOZOWĄ WYBRANYCH ODMIAN JABŁEK

Grzegorz Zagała, Czesław Puchalski, Józef Gorzelany
Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rzeszowski

Streszczenie. Spektroskopia w bliskiej podczerwieni jest jedną z coraz powszechniej używanych metod badania jakości owoców. Prezentowane w pracy wyniki opierały się na analizie czterech podstawowych parametrów owoców, po zastosowaniu zewnętrznego pola magnetycznego, a mianowicie zawartości wody, kwasowości ogólnej oraz zawartości dwóch podstawowych cukrów prostych występujących w soku owocowym jabłek, a więc glukozy i fruktozy. Zaobserwowane zmiany w proporcji glukozy do fruktozy oraz ogólną tendencję do wzrostu stężenia cukrów ogółem, w analizowanych owocach po zastosowaniu odpowiednio dobranej indukcji oraz częstotliwości pola magnetycznego co pozwala mieć nadzieję na szersze zastosowanie powyższej metody w poprawie jakości prezentowanych odmian jabłek.

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne wolnozmiennie, jakość owoców, spektroskopia, jabłka

Wstęp

Wpływ pola magnetycznego na żywe organizmy nie ulega dzisiaj wątpliwości. Zależy on (streszczając w jednym zdaniu) od wartości natężenia pola magnetycznego oraz od cech organizmu żywego [Wadas 1978, Terlecki 2001].

Pole magnetyczne, szczególnie o niskiej częstotliwości ma w większości przypadków korzystny wpływ na rośliny. Istnieją wprawdzie przypadki wpływu na zmniejszenie liczby wytwarzanych gamet, jednak nie ma wystarczających dowodów na ich mutagenne czy teratogenne działanie. Korzystne działanie dotyczy głównie stymulacji tkanek roślinnych, ale także zwiększenia w glebie zawartości korzystnych dla rośliny substancji. Powiązanie roślin z polem magnetycznym wyraża się w magneto tropizmie (rośliny rozwijają się lepiej kiedy ich zarodki skierowane są ku północnemu biegunowi magnetycznemu Ziemi). Za każdym razem najkorzystniej działa pole o niskim natężeniu. Jeżeli wartość indukcji magnetycznej jest właściwa i odpowiednia, stałe pole magnetyczne w całym okresie wegetacji daje bardzo korzystny wpływ min.: na szybsze kiełkowanie nasion, bujniejszy wzrost i plon oraz skrócenie okresu wegetacji [Rochalska 2007].

Pole magnetyczne działa na błony komórkowe i sieci neuronalne. Pod wpływem pola magnetycznego wytwarzają się prądy wirowe, wywołujące efekt rezonansowy, co powoduje, że otwierają się kanały jonowe błon komórkowych, przez które mogą przedostawać się pierwiastki w postaci jonów. Po oddziaływaniu zewnętrznym polem magnetycznym znajdujące się w komórce jony magnetyczne oraz otaczające je jony diamagnetyczne i inne związki, pełniące określone funkcje w procesach życiowych, mogą zmieniać swój stan, co powoduje zmiany funkcjonalne w komórce. Dostające się przez błony komórkowe pierwiastki powodują zmianę stężenia soku komórkowego, a do wnętrza komórki dostaje się woda. Przez otwarte kanały jonowe dostają się także reszty organiczne w tym cukrowe co sprawia, że ich zawartość w soku komórkowym może się zmieniać [Zaguła i in. 2010].

Pole magnetyczne zmienia przebieg niektórych procesów fizjologicznych i biochemicznych. Zwiększa aktywność enzymatyczną, więc intensyfikuje proces kiełkowania w nasionach i ich pęcznienie. W efekcie wschody są wcześniejsze i bardziej równomierne. Siewki które wyrosły z nasion stymulowanych mają dłuższą łodygę i korzeń. Znamienne jest tutaj to, że pole magnetyczne oddziałuje szczególnie na początkowy okres rozwoju roślin. Kolejnym istotnym i wartym uwagi efektem stymulacji magnetycznej jest przyspieszenie podziałów komórkowych, co jest ściśle związane z aktywnością enzymatyczną [Podleśny 2004].

Wśród współczesnych metod analizy jakości owoców dominują metody chromatograficzne, refraktometryczne, polarymetryczne, a także spektroskopowe.

Spektroskopia w bliskiej podczerwieni - NIR (near-infrared) jest techniką badawczą, która opiera się na interpretacji widm oscylacyjno-rotacyjnych substancji, wykorzystując trzy wielkości charakteryzujące daną substancję, takie jak zdolność: emisyjna (transmitancja), absorpcyjna (absorbancja) i odbijająca (reflaktancja) [Bakier 2005].

Technika spektrofotometrii w podczerwieni zyskuje ciągle na znaczeniu, coraz szerzej stosowana jest do jakościowej i ilościowej analizy materiałów. Dostarcza ona cennych informacji umożliwiających obliczenie szeregu stałych fizycznych oraz pozwala na ustalenie struktury związków chemicznych [Alpert 1974; Szczepaniak 1999].

Cel pracy

Celem pracy było określenie zmian jakościowych badanych parametrów pod wpływem stymulacji polem magnetycznym w zależności od jego rodzaju, indukcji magnetycznej i częstotliwości. Stymulacja magnetyczna obejmowała owoce trzech odmian jabłoni, tj.: Rubin, Ligol i Golden Delicious, a określane parametry jakościowe to: zawartość wody, kwasowość ogólna i zawartość podstawowych cukrów prostych, tj: glukozy i fruktozy za pomocą spektrofotometru bliskiej podczerwieni z transformacją Fouriera FT-NIR firmy Bruker.

Material i metody

Badania obejmowały stymulacje magnetyczną trzech odmian owoców jabłoni tj.: Rubin, Ligol i Golden Delicious w okresie wegetacyjnym (faza najintensywniejszego wzrostu i dojrzewania).

Badania prowadzone były w sadzie owocowym w Budziwoju koło Rzeszowa, a stymulacja magnetyczna rozpoczęła się na około 45 dni przed potencjalnym terminem dojrzałości konsumpcyjnej owoców.

Wybrano po 16 owoców dla każdego ze stosowanych kombinacji pól magnetycznych oraz dodatkowo 16 owoców kontrolnych, nie poddawanych biomagnetostymulacji. Ustalono po 6 dawek pięciominutowych dla każdego z 16 owoców poddawanych procesowi stymulacji magnetycznej. Liczba owoców poddawanych oddziaływaniu zewnętrznego pola magnetycznego, została ustalona z wyrażenia Studenta odnośnie liczby powtórzeń istotnych statystycznie.

Ustalono odstępy pięciodniowe między kolejnymi cyklami stymulacyjnymi, co oznaczało poddawanie owoców stymulacji nieciągłej przez okres 30 dniowy. Poddawanie działaniu pola magnetycznego odbywało się bezpośrednio na drzewach, a doświadczenie polowe złożono w formie kwadratu łacińskiego (rys. 1).

S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5
S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50
Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100
Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5
Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50
50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100
50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10
50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50
100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100
100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10
100/100	150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50
150/10	150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100
150/50	150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10
150/100	KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50
KON	S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100
S5	S50	S100	Z5	Z50	Z100	50/10	50/50	50/100	100/10	100/50	100/100	150/10	150/50	150/100	

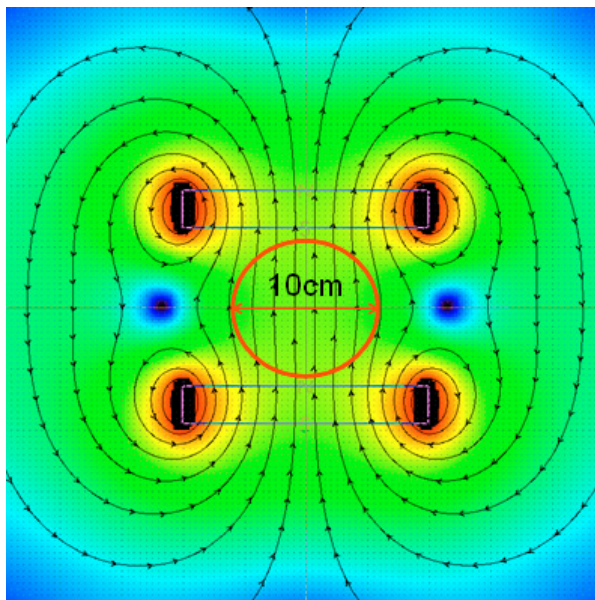
Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Model kwadratu łacińskiego dla badania polowego

Fig. 1. Model of Latin square for field research

Pola magnetyczne stałe o indukcjach: 5mT, 50mT i 100mT uzyskano w wyniku działania par magnesów neodymowych o powierzchni 100cm² i wysokości 2 cm, oddalanych od siebie na odległości od 12cm do 40cm w celu uzyskania żądanej indukcji pola magnetycznego. Bieguny par magnesów zwrócone były do siebie przeciwnie.

Modelowy rozkład pola magnetycznego notowany między parami magnesów neodymowych przedstawia rysunek 2.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Rozkład pola magnetycznego między magnesami neodymowymi
Fig. 2. View of magnetic field between two solid magnets

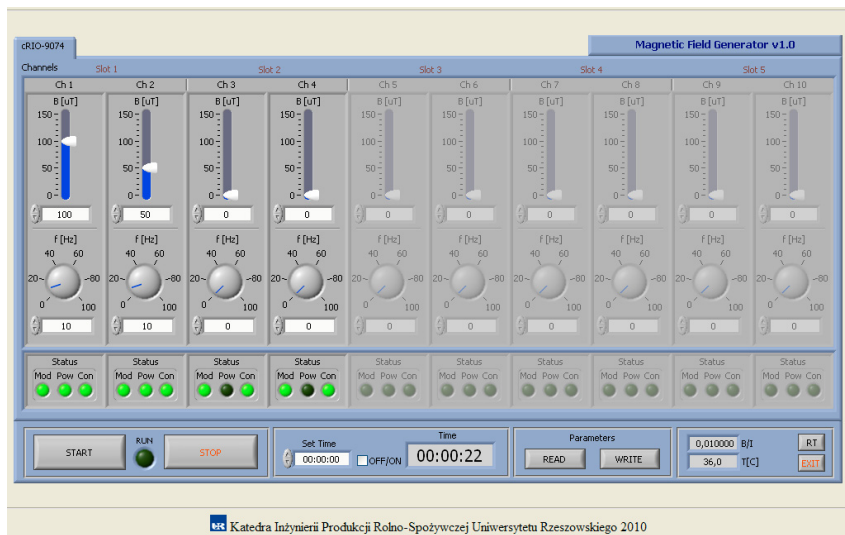
Drugą grupę stymulacyjną stanowiły pola magnetyczne wolnozmiennie o indukcjach tak zwanych dużych tj.: 5mT, 50mT i 100mT w połączeniu z częstotliwością 50Hz. Uzyskiwane one zostały przez zasilenie cewki indukcyjnej, o średnicy wewnętrznej 11cm oraz długości 15 cm, ze źródła prądu przemiennego jednofazowego. Cewka była 13 warstwowa, bezrdzeniowa o 115 zwojach przypadających na każdą z warstw nawojowych.

Stworzony zestaw indukujący pola magnetyczne o indukcji 50 μ T, 100 μ T oraz 150 μ T w kombinacji z częstotliwościami 10Hz, 50Hz i 100Hz opierał się na module prądowym sterowanym mikroprocesorowo.

Zastosowane cewki były cewkami bezrdzeniowymi, ośmiowarstwowymi o kilkusetzwojowej charakterystyce. Sterowanie odbywało się z poziomu oprogramowania Labview, w stworzonym panelu obsługiwanym z przeglądarki internetowej, dającą możliwość zdalnej, płynnej zmiany parametrów układu (rys. 3).

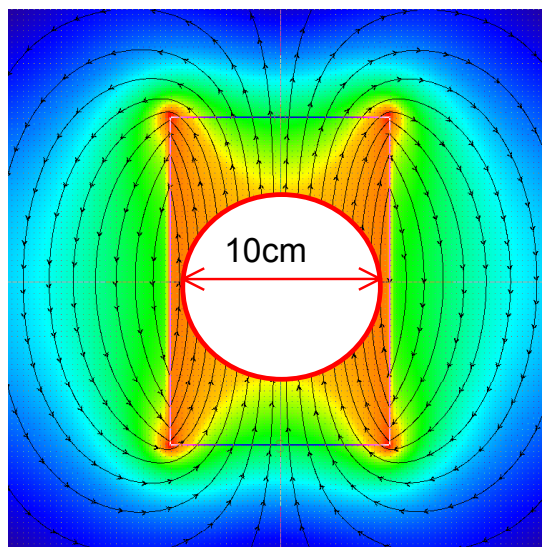
Zmiana parametrów układu odbywała się poprzez suwaki dostępne na ekranie komputera, a stabilność pracy układu zapewniał stały pomiar temperatury i kompensowanie jej ewentualnych różnic napięciowo.

Również modelowy rozkład pola magnetycznego wokół zastosowanego solenoidu potwierdza dużą stabilność pola magnetycznego szczególnie w okolicy umieszczenia owoców poddawanych stymulacji (rys. 4).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Panelowy, komputerowy system kontroli parametrów układu
Fig. 3. Panel, computer control system of parameters



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Modelowy rozkład pola magnetycznego w zastosowanym solenoidzie
Fig. 4. Model view of magnetic field in solenoid

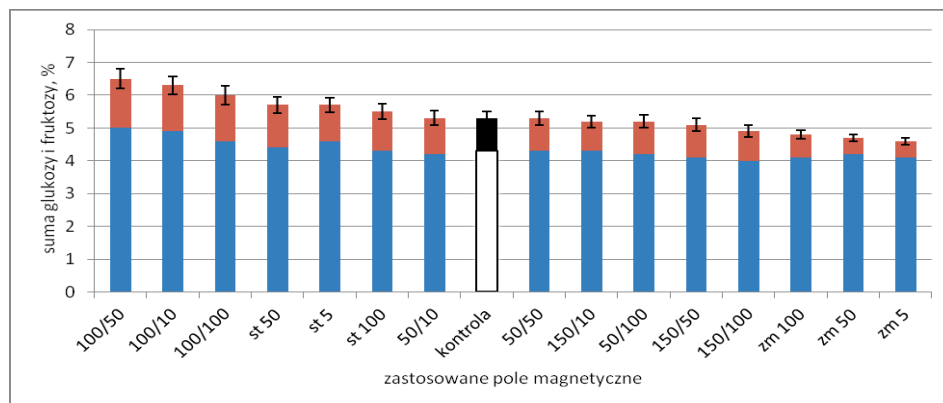
Analizy jakościowej podstawowych parametrów tj.: zawartości wody, pH oraz fruktozy i glukozy dokonano na aparacie FT-NIR firmy Bruker z 30 pozycyjnym autosamplerem po uprzedniej homogenizacji próbki.

Omówienie wyników

Poniższe wykresy (rys. 5-7) przedstawiają wyniki ilościowe podstawowych cukrów prostych, zarejestrowanych podczas analiz spektrofotometrycznych, wraz z odchyleniami standardowymi.

Oznaczenia na rysunkach:

- 150/100 - indukcja pola magnetycznego 50 μ T i częstotliwość 100Hz
- 150/50 - indukcja pola magnetycznego 150 μ T i częstotliwość 50Hz
- 150/10 - indukcja pola magnetycznego 150 μ T i częstotliwość 10Hz
- 100/100 - indukcja pola magnetycznego 100 μ T i częstotliwość 100Hz
- 100/50 - indukcja pola magnetycznego 100 μ T i częstotliwość 50Hz
- 100/10 - indukcja pola magnetycznego 100 μ T i częstotliwość 10Hz
- 50/100 - indukcja pola magnetycznego 50 μ T i częstotliwość 100Hz
- 50/50 - indukcja pola magnetycznego 50 μ T i częstotliwość 50Hz
- 50/10 - indukcja pola magnetycznego 50 μ T i częstotliwość 10Hz
- 100st - indukcja pola magnetycznego 100 mT (pole stałe)
- 50st - indukcja pola magnetycznego 50 mT (pole stałe)
- 5st - indukcja pola magnetycznego 5 mT (pole stałe)
- 100zm - indukcja pola magnetycznego 100 mT i częstotliwość 50Hz
- 50zm - indukcja pola magnetycznego 50 mT i częstotliwość 50Hz
- 5zm - indukcja pola magnetycznego 5 mT i częstotliwość 50Hz
- Próba kontrolna - owoce niepoddawane oddziaływaniu pól magnetycznych

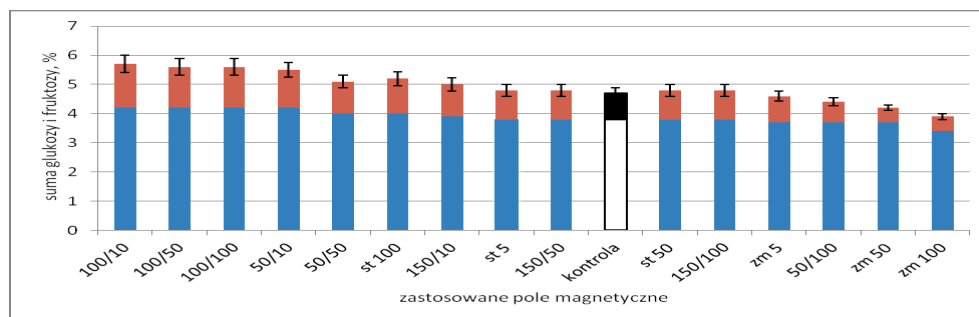


Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Wyniki zawartości podstawowych cukrów prostych dla odmiany Rubin po zastosowaniu wybranych indukcji i częstotliwości pól magnetycznych

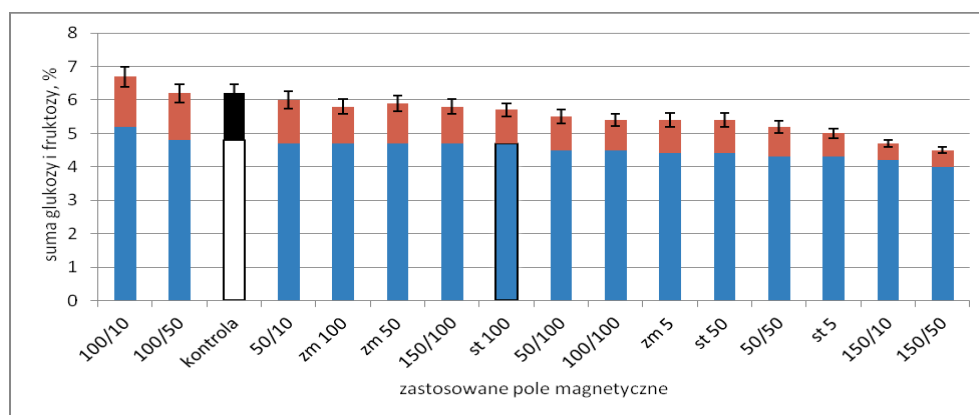
Fig. 5. Results of monosaccharide content for Rubin cultivar after application of selected induction and frequency of magnetic fields

Dla odmiany Rubin zaobserwowano istotną statystycznie tendencję, do poprawy ogólnej zawartości cukrów prostych po zastosowaniu pola magnetycznego o indukcji 100 μT , szczególnie przy częstotliwości 50 Hz. Szczególnie istotnie w tym przypadku wzrosła zawartość glukozy.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Wyniki zawartości podstawowych cukrów prostych dla odmiany Ligol po zastosowaniu wybranych indukcji i częstotliwości pól magnetycznych
 Fig. 6. Results of monosaccharide content for Ligol cultivar after application of selected induction and frequency of magnetic fields



Źródło: opracowanie własne

Rys. 7. Wyniki zawartości podstawowych cukrów prostych dla odmiany Golden Delicious po zastosowaniu wybranych indukcji i częstotliwości pól magnetycznych.
 Fig. 7. Results of monosaccharide content for Golden Delicious cultivar after application of selected induction and frequency of magnetic fields

Dla odmiany Ligol podobnie jak w poprzednim przypadku bardzo korzystne okazało się stosowanie pola magnetycznego o parametrze indukcji magnetycznej na poziomie

100 μ T. Z tym, że tym razem najkorzystniejszy wynik okazał się przy częstotliwości 10 Hz. I również w tym przypadku na wzrost ogólnej zawartości cukrów mocniej wpłynęła średnia poprawa zawartości glukozy w soku owocowym.

W przypadku odmiany Golden Delicious pola o indukcji 100 μ T okazały się jedynymi które poprawiły ten parametr, z tym, że jedynym statystycznie istotnym, biorąc pod uwagę wyniki odchyleń standardowych, okazało się pole o częstotliwości 10 Hz.

Co do wyników zawartości wody oraz ogólnej kwasowości to nie stwierdzona istotnego wpływu żadnego z pól magnetycznych, czy to pozytywnego, czy też negatywnego. Zmiany dla poszczególnych stosowanych pól magnetycznych, oscylowały w okolicy błędu statystycznego.

Ogólna odnotowana tendencja poprawy zawartości podstawowych cukrów po zastosowaniu pola magnetycznego o indukcji 100 μ T szczególnie przy częstotliwości 50 Hz oraz 10 Hz, jak również w wybranych przypadkach stwierdzenie większych procentowych przyrostów zawartości glukozy w porównaniu do fruktozy w soku owocowym, może mieć niebagatelne znaczenie żywieniowe ze względu na sposób trawienia glukozy i fruktozy przez organizm ludzki.

Fruktoza ulega metabolizmowi znacznie szybciej niż glukoza. Dzieje się tak dlatego, że omija ona pewien etap przemian biochemicznych, którym ulega glukoza. Wątroba zostaje szybko i w dużej ilości "załana" fruktozą, co prowadzi do odpowiedzi wątroby w postaci zwiększenia syntezy kwasów tłuszczowych (oraz ich estryfikację), a także powoduje zwiększone wydzielanie cholesterolu frakcji VLDL, tzw. zły cholesterol. Tak więc pomimo iż fruktoza ma niski indeks glikemiczny (co teoretycznie zalecałoby jej spożywanie), na dłuższą metę powoduje ona tycie - ponieważ jest przekształcana głównie do tłuszczu.

Ogólna tendencja co do wzrostu poziomu cukrów prostych, tłumaczona przez aktywację kanałów jonowych (ich otwieranie i zamykanie na zasadzie zmian potencjału błony komórkowej) wywołanej reakcją na pojawiające się - w wyniku stymulacji magnetycznej - prądy wirowe [Jaroszyk 2001], to szansa na stworzenie nowego, prostego i ekonomicznego systemu poprawy jakości produkowanych w sadach owoców.

Wnioski

1. Zastosowane, wybrane pola magnetyczne znacząco wpłynęło na parametry jakościowe owoców.
2. Stwierdzono ogólną tendencję do poprawy zawartości dwóch podstawowych cukrów prostych w soku owocowym jabłek tj.: glukozy i fruktozy.
3. Zaobserwowano zmianę równowagi glukozowo – fruktozowej stymulowanych magnetycznie owoców.
4. Wytypowano jedną indukcję pola magnetycznego (100 μ T) w zestawieniu z dwoma częstotliwościami tego pola (10 Hz i 50 Hz) przy których to parametrach dla każdej z badanych odmian jabłek, odnotowywano optymalnie maksymalne wzrosty zawartości kontrolowanych parametrów jakościowych.

Bibliografia

- Alpert N. L., Keiser W. E., Szymański H. A.** 1974. Spektrofotometria w podczerwieni. Teoria i praktyka. PWN. Warszawa. s. 13.
- Bakier S.** 2005. Wykorzystanie spektroskopii w bliskiej podczerwieni do określania rozpuszczalności glukozy w roztworach wodnych. Inżynieria Rolnicza. Nr 11(71). s. 17-24.
- Jaroszyk F.** 2001. Biofizyka, podrozdział: Wpływ pola elektrycznego i magnetycznego na żywy organizm. Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa. s. 668-695.
- Podleśny J.** 2004. Wpływ stymulacji magnetycznej nasion na wzrost, rozwój i plonowanie roślin uprawnych. Acta Agrophysica. 4(2). s. 459-473.
- Rochalska M.** 2007. Wpływ pól elektromagnetycznych na organizmy żywe: rośliny, ptaki, zwierzęta. Medycyna pracy. 58(1). s. 37-48.
- Szczepaniak W.** 1999. Metody instrumentalne w analizie chemicznej, Wydawnictwo PWN. Warszawa.
- Terlecki J.** 2001. Wpływ pola elektrycznego i magnetycznego na żywy organizm, Biofizyka pod redakcją F. Jaroszyka. Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa.
- Wadas R.** 1978. Biomagnetyzm. PWN. Warszawa.
- Zagała G., Puchalski Cz., Jasiński T., Tralle I., Gorzelany J.** 2010. Pole magnetyczne i elektromagnetyczne a jakość owoców. Monografia. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego. s. 19- 29.

SPECTROSCOPY METHOD OF EVALUATION OF THE INFLUENCE OF PERMANENT AND LOW-FREQUENCY MAGNETIC FIELDS APPLIED DURING THE INCREASE AND RIPENING ON THE BALANCE OF GLUCOSE AND FRUCTOSE OF SELECTED APPLE VARIETIES

Abstract. Spectroscopy in the near infrared is one of the methods, which are more universally and frequently used for examining the fruit quality. The presented results were based on the analysis of four basic fruit parameters, after application of the outside magnetic field, that is the content of water, general acidity and the content of two basic in apple fruit juice, that is glucose and fructose. The observed changes in the proportion of the glucose to the fructose, and general tendency to the increase of sugar concentration after application of the selected induction and the frequency of the magnetic field, allows for wider application of the above method for improving the qualities of the presented apple varieties.

Key words: low-frequency electromagnetic field, fruit quality, spectroscopy, apples

Adres do korespondencji:

Grzegorz Zagała; g_zagala@univ.rzeszow.pl
Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej
Uniwersytet Rzeszowski
ul. Zelwerowicza 4
35-601 Rzeszów