

## OZNACZANIE INDEKSU SKROBIOWEGO JABŁEK METODĄ KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZÓW

### Streszczenie

Rozpad skrobi na cukry proste, który dokonuje się podczas dojrzewania jabłek oznaczany indeksem skrobiowym jest jednym z najważniejszych wskaźników przewidywania optymalnego terminu zbioru tych owoców. Zaletą tej metody jest niski koszt oraz nieskomplikowana procedura analiz. Jednakże podczas oceny wzrokowej (OC) występują różnice we wskazaniach wartości indeksu skrobiowego (IS) poszczególnych oceniających. Dlatego też istnieje potrzeba znalezienia metod obiektywnego i precyzyjnego oznaczania tego ważnego wskaźnika. W pracy przedstawiono wyniki oceny IS uzyskane metodą sensoryczną oraz metodą komputerowej analizy obrazów (KAO) dla odmian Gloster oraz Ligoł. Analiza wyników wykazała, że wartości IS przyjmują wartości wyższe dla KAO niż OC. Wyniki uzyskane tą metodą porównywano z tymi, które otrzymano w oparciu o wskazania 3 osób oceniających.

**Słowa kluczowe:** jabłko, indeks skrobiowy, komputerowa analiza obrazów

### Oznaczenia:

IS - indeks skrobiowy,

OC - wzrokowa ocena indeksu skrobiowego,

KAO - komputerowa analiza obrazów,

$p_c$  - powierzchnia przekroju poprzecznego jabłka,

$p_w$  - powierzchnia wzoru skrobiowego na przekroju poprzecznym jabłka.

### Wstęp

Jakość przechowywanych jabłek jest kształtowana przez wiele czynników. Wśród nich decydującą rolę mają: warunki klimatyczne podczas wegetacji, warunki i metoda składowania owoców oraz zbiór w optymalnym dla danej odmiany terminie [Tomala 2002]. Nowoczesne metody składowania (KA oraz ULO) pozwalają na utrzymanie wysokiej jakości owoców; jednak wymagają dokładnego określenia stanu dojrzałości zbiorczej. Owoce zebrane zbyt późno nadają się tylko do krótkotrwałego przechowywania [Jobling 1995]. Termin dojrzałości zbiorczej owoców składowanych długo (6-8 mies.) najlepiej wyznacza się przez pomiar stężenia etylenu w gniazdach nasiennych [Tomala 1995]. Wymaga to dostępności chromatografu gazowego, którym dysponują specjalistyczne laboratoria. Termin zbioru można również prognozować metodą indukowanego etylenu lub przez wyznaczenie indeksu Streiffa. Metody te, choć precyzyjne wymagają kosztownej aparatury pomiarowej [Łysiak 1998].

Najprostszą i pewną metodą wyznaczania terminu zbioru jabłek jest test skrobiowy. Polega ona na wykonaniu reakcji barwnej skrobi z jodem. Podczas dojrzewania owoców jabłoni następuje pewnym okresie synteza, a następnie powolny rozkład skrobi, który zaczyna się najczęściej od gniazda nasiennego i podąża w kierunku skórki owocu aż do całkowitego jej zaniku. Ocena indeksu skrobiowego polega na obserwacji "wzoru skrobiowego" na przeciętych poprzecznie do osi i zanurzonych w roztworze jodu przekrojach owoców. Wzór skrobiowy porównuje się następnie z tablicami wzorcowymi i wystawia ocenę od 1 do 10 pkt. Uwzględniając subiektywną interpretację wzorów skrobiowych występują duże błędy w ocenie tego wskaźnika, które dochodzą nawet do 60% [Peirs i in. 2002]. Istnieje więc potrzeba modyfikacji tej metody przy użyciu nowoczesnych metod analizy obrazów.

---

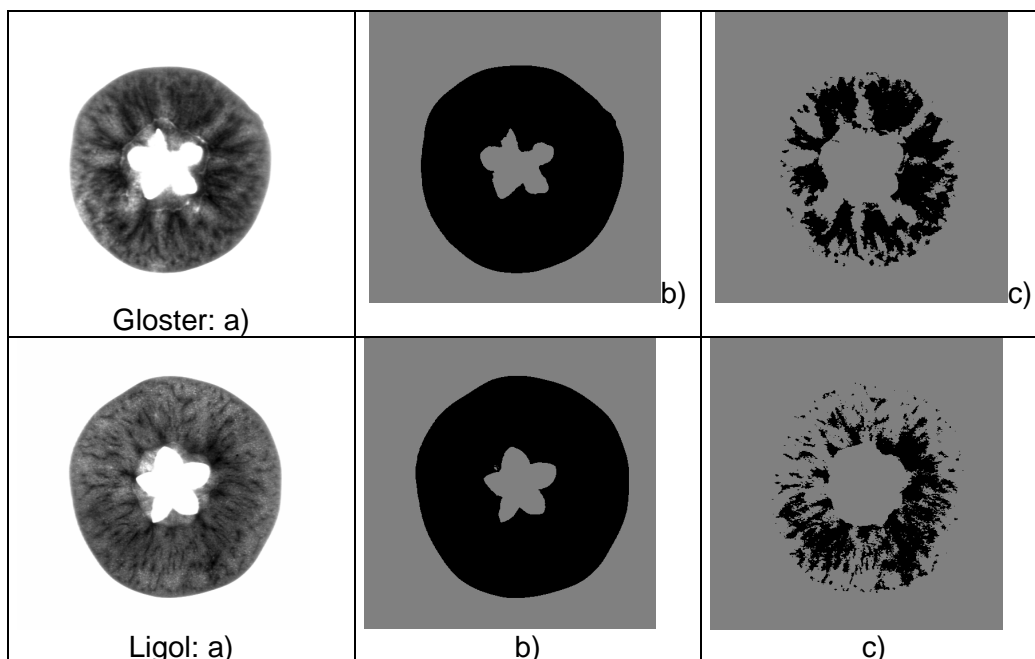
### **Cel pracy**

Celem pracy było oznaczenie indeksu skrobiowego metodą komputerowej analizy obrazów (KAO) i porównanie tych wartości z uzyskanymi metodą tradycyjną (OC).

### **Metodyka badań**

Badania przeprowadzono w dniach 5.09 - 27.10.2003 roku. Owoce jabłoni odmiany Gloster (wysokoskrobiowe) oraz odmiany Ligol (niskoskrobiowe) pochodziły z sadu doświadczalnego Akademii Rolniczej Lublin - Felin. Jako kryterium doboru odmian przyjęto zawartość skrobi. Eksperyment rozpoczęto 3 tygodnie przed kalendarzowym terminem zbioru owoców. Owoce zbierane były w odstępach 4-dniowych w godzinach przedpołudniowych. Jabłka średniej wielkości (7-8 cm) zbierano z wysokości ok. 1,5 m od powierzchni gruntu. Do pomiaru pobierano 15 owoców każdej odmiany. Po zbiorze owoców w sadzie część jabłek przechowywano w chłodniarce w celu doprowadzenia do całkowitego rozpadu skrobi.

Jabłka krojono prostopadle do osi gniazda nasiennego i zanurzano na 1 minutę w roztworze (10g J<sub>2</sub> + 40g KJ w 1l roztworu wodnego) a następnie zostawiano do wyschnięcia. Przecięte i zabarwione plastry owoców były prezentowane 3 osobom oceniającym, które porównywały je z tablicami wzorcowymi (Plantpress, Kraków 2003) i szacowały indeks skrobiowy nadając mu wartości od 1 do 10.. Plastry o grubości 3 mm wycięte za pomocą kraljownicy oświetlano na stoliku przedmiotowym światłem przechodzącym. Obrazy przeciętych plasterów były rejestrowane i przechowywane do dalszych analiz z wykorzystaniem programu SUPERVIST. Zarejestrowane obrazy podawano obróbce komputerowej (rys. 1.). Z obrazów plasterów wyodrębniono (metodą filtracji) cały przekrój owocu, a następnie jego część zajętą przez ciemnogrnatowe kompleksy jodu zawierające skrobię. Analiza komputerowa poprzedzona była wykonaniem histogramów rozkładu jasności punktów obrazów poddawanych analizie. Na tej podstawie ustalono wartości graniczne progów filtracji obrazów.



Rys. 1. Przebieg oznaczania indeksu skrobiowego metodą komputerowej analizy obrazów: a) obraz próbki, b) binarny obraz powierzchni plastra, c) binarny obraz powierzchni zajętej przez skrobię

Fig. 1. The course of starch index determination by using of computer image analysis: (a) image of a sample, (b) binary image of slice surface, (c) binary image of the surface covered by starch.

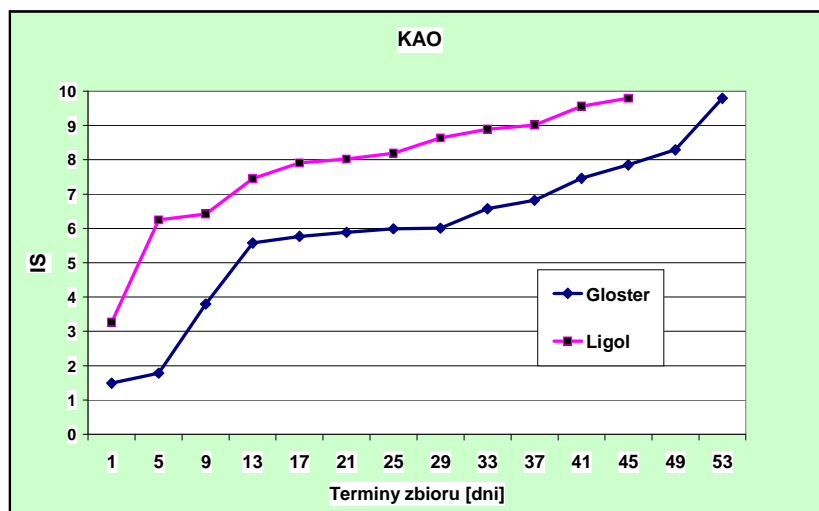
Oznaczenie indeksu skrobiowego (IS) sprowadzało się do obliczenia powierzchni całego plastra  $p_c$  oraz powierzchni wzoru skrobiowego  $p_w$ . Indeks skrobiowy obliczano ze wzoru:

$$IS = 10(1 - \frac{p_w}{p_c})$$

Oznaczenie metodą komputerowej analizy obrazów oraz metodą oceny wzrokowej wykonywano na 15 owocach każdej odmiany oraz terminu zbioru. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Oceniano istotność różnic w ocenie indeksu skrobiowego między komputerową analizą obrazów oraz oceniającymi ( $OC_1$ ,  $OC_2$ ,  $OC_3$ ) jak i wartościami średnimi oceniających (OC). Przy obliczaniu istotności różnic posłużono się testem t dla zmiennych powiązanych.

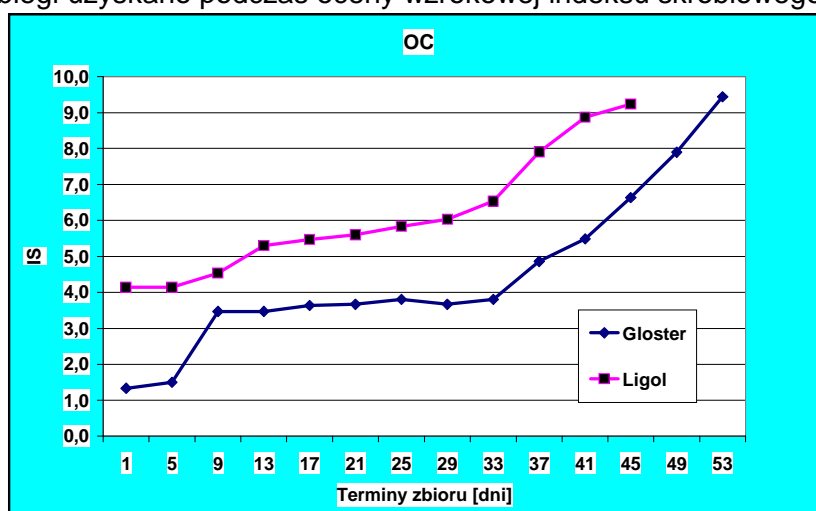
### Wyniki badań

Dynamika zmian wartości indeksu skrobiowego podczas eksperymentu była różna dla badanych odmian (rys. 2.). Rozkład skrobi w owocach Gloster zachodził wolniej niż w owocach Ligol. Zanik skrobi wykrywalnej w przyjętej metodzie oznaczenia nastąpił po 44 dniach eksperymentu w owocach odmiany Ligol oraz po 52 dniach w owocach odmiany Gloster.



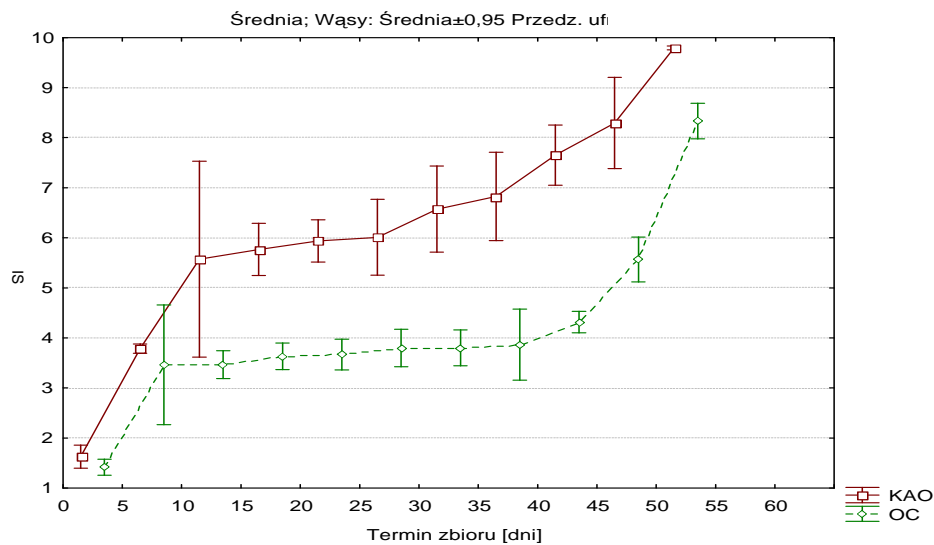
Rys 2. Zmiany wartości indeksu skrobiowego wyznaczonego metodą komputerowej analizy obrazów.

Fig. 2. Changes of starch index values determined by means of computer image processing. Similar trends were obtained during visual assessment of starch index (Fig. 3.)



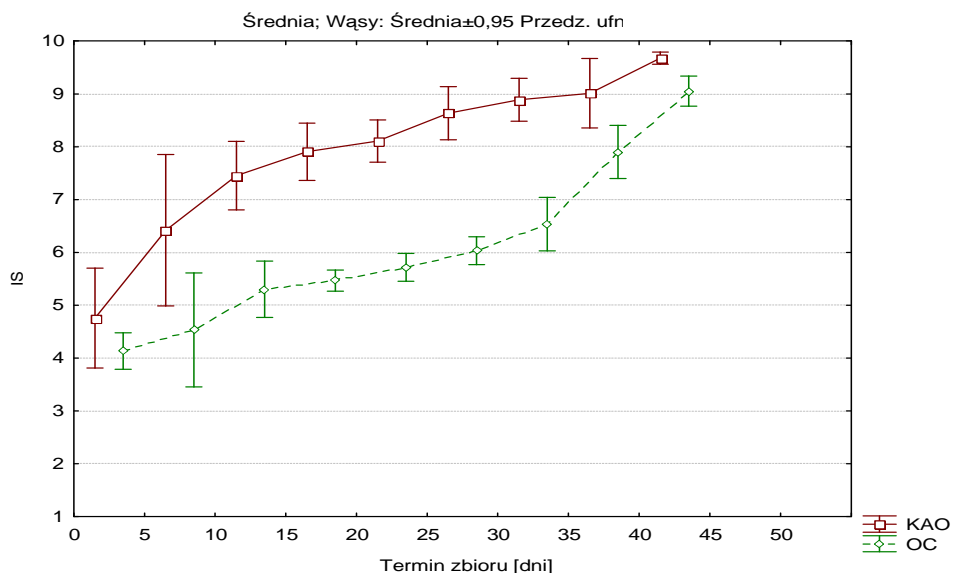
Rys. 3. Zmiany wartości indeksu skrobiowego wyznaczone przez oceniających (OC)

Fig. 3. Changes of starch index values as determined by experts' sensory assessment. Comparison of values obtained by KAO and OC (Figs. 4 and 5) indicates higher IS values obtained by KAO than OC. Differences in IS values are not significant for initial (1-3) and final (12-14) harvest dates. When IS reached values, at which fruit harvest is recommended (for Ligo variety IS=7 to 8, Gloster IS=2 to 3) an increase in the difference in IS estimation between KAO and OC was observed.



Rys. 4. Porównanie zmian wartości indeksu skrobiowego owoców odmiany Gloster wyznaczonych metodą KAO oraz OC

Fig. 4. Comparison of changes in starch index values for the apple fruit, Gloster cultivar, determined by computer image analysis and the experts' assessment



Rys. 5. Porównanie zmian wartości indeksu skrobiowego owoców odmiany Ligol wyznaczonych metodą KAO oraz OC

Fig. 5. Comparison of changes in starch index values for the apple fruits, Ligol cultivar, determined by computer image analysis and the experts' assessment.

Różnice te były istotne na poziomie  $\alpha=0,05$  a niekiedy nawet  $\alpha=0,01$ . Ze względu na skomplikowaną postać wzoru skrobiowego w ocenie wzrokowej trudno jest precyzyjnie oszacować pole powierzchni zajmowanej przez skrobię, która pozostaje przecież w ścisłej zależności z wartością IS. Przy oznaczeniu IS metodą KAO również może dochodzić do błędów wynikających z precyzji w wyznaczeniu parametrów użytych podczas filtracji. Przeprowadzone badania należy traktować jako wstępne próby opracowania modyfikacji istniejącej metody oznaczania dojrzałości jabłek.

---

## Wnioski

1. Wartości indeksu skrobiowego wyznaczone metodą komputerowej analizy obrazów różnią się istotnie od wartości oszacowanych metodą oceny wzrokowej w środkowym zakresie badanych terminów zbioru.
2. Wyższe wartości indeksu skrobiowego uzyskane metodą KAO wskazują na konieczność przeprowadzenia wcześniejszego zbioru owoców badanych odmian.
3. Na tym etapie badań nie można jednoznacznie odrzucić oceny indeksu skrobiowego z wykorzystaniem KAO.
4. Przydatność metody KAO do oznaczania indeksu skrobiowego może być oceniona po wykonaniu badań z wykorzystaniem innych technik KAO oraz porównaniu efektów przechowywania owoców, których termin zbioru wyznaczono w oparciu o metodę KAO jak i OC.

## Bibliografia

Jobling J.J., McGlasson W. B. (1995): *A comparison of ethylene production, maturity and controlled atmosphere storage life of Gala, Fuji and Lady Williams apples (Malus domestica, Borkh.)*. Postharvest Biology and Technology 6, 209-218.

Łysiak G. (1998): *Wstępna ocena pięciu metod określania terminu dojrzałości zbiorczej jabłek*. XXXVII Ogólnopolska Naukowa Konferencja Sadownicza. Skierniewice, Wydawnictwo ISiK, 296-299.

Peirs A., Scheerlinck N., Perez A. B., Jancsó P., Nicolai B. M. (2002): *Uncertainty analysis and modelling the starch index during apple fruit maturation*. Postharvest Biology and Technology 26, 199-207.

Tomala K. (1995): *Prognozowanie zdolności przechowalniczej i określenie terminu zbioru jabłek*. Fundacja Rozwój SGGW .

Tomala K.: *Przygotować jabłka do przechowania*. Hasło Ogrodnicze 9/2002.

Tablice wzorcowe - Plantpress, Kraków 2003

## DETERMINATION OF STARCH INDEX IN THE APPLES BY USING OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS

### Summary

Decomposition of the starch into monosaccharides, which occurs during ripening of the apples, is being determined by a starch index (SI). It is foreseeing the optimum term for fruits' harvest. Good points of such method consist in low costs and simple analytic procedure. However, during visual sensory evaluation (SE) some differences occur in starch index values indicated by particular experts. Therefore, there exist a necessity to find out an objective and precise method to determination of visual (sensory) evaluating and computer image analysis (CIA) for the apples of Gloster and Ligol cultivars. Analysis of the results showed that the values of starch index obtained by computer image analysis were higher than those from the sensory assessment. The CIA results were compared with SI values indicated by 3 evaluating persons.

**Key words:** apples, starch index, computer image analysis.

Recenzent – Bohdan Dobrzański