

Tomasz Guz
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Akademia Rolnicza w Lublinie

KOMPUTEROWA ANALIZA OBRAZÓW W OCENIE ROZKŁADU SKROBI PODCZAS DOJRZEWANIA JABŁEK

Streszczenie

Wyznaczanie terminu zbioru owoców ziarnkowych poprzez obserwację rozpadu skrobi (wyznaczanie indeksu skrobiowego – IS) jest uznawane za pełnoprawną i skuteczną metodę oceny dojrzałości zbiorczej. Jej zaletą jest prostota wykonania oraz niski koszt analiz. Podczas wyznaczania tego wskaźnika występują błędy w jego szacowaniu spowodowane subiektywną oceną wzrokową (OC). W pracy przedstawiono metodykę oraz wyniki oceny IS metodami komputerowej analizy obrazów (KAO) dla odmian Melrose oraz Rubin. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wartości IS przyjmują wartości wyższe przy ocenie OC niż KAO.

Słowa kluczowe: jabłka, indeks skrobiowy, komputerowa analiza obrazów

Wykaz oznaczeń

- IS – indeks skrobiowy,
- KAO – komputerowa analiza obrazów,
- CZ–B – komputerowa analiza obrazów czarno–białych,
- KOL – komputerowa analiza obrazów barwnych,
- OW – wzrokowa ocena indeksu skrobiowego,
- p_c – powierzchnia przekroju poprzecznego jabłka,
- p_w – powierzchnia wzoru skrobiowego na przekroju poprzecznym jabłka.

Wstęp

Rozwój nowych metod przechowywania owoców pozwala na utrzymanie coraz lepszej ich jakości. Aby uzyskać dobrą jakość przechowywanych surowców należy zapewnić precyzję we wszystkich fazach produkcji [Jobling 1995]. Współczesne

przechowalnie owoców z kontrolowaną atmosferą (KA i ULO) zapewniają wysoką jakość owoców po długotrwałym przechowywaniu, pod warunkiem, że owoce zebrane zostaną w precyzyjnie ustalonym terminie tak, by znajdowały się w fazie dojrzałości zbiorczej [Tomala 1995]. Owoce zebrane zbyt późno nadają się tylko do krótkotrwałego przechowywania. Zastosowanie komór KA czy ULO nie powoduje spowolnienia ich dojrzenia. Są one podatne na choroby przechowalnicze i rozpad wewnętrzny. Owoce zebrane zbyt wcześnie są narażone na oparzelizną powierzchniową, która występuje wskutek podwyższonego stężenia CO₂ w tego typu komorach [Skrzyński 2000, Rutkowski 2001]. Termin zbioru może być wyznaczany metodami, które polegają na pomiarze stężenia etylenu w gniazdach nasiennych. Są one kosztowne i wymagają stosowania specjalistycznego sprzętu. Prognozowanie terminu zbioru poprzez indukcję etylenu, czy też wskaźniki Strefa oraz De Jegra wymagają jednoczesnego pomiaru kilku parametrów takich jak jędrność, ekstrakt i stopień rozkładu skrobi. W warunkach praktyki sadowniczej metody te są trudne lub wręcz niemożliwe do zastosowania [Łysiak 1998]. Najprostszą i pewną metodą oceny dojrzałości zbiorczej owoców jabłoni oraz gruszy jest obserwacja rozkładu skrobi – test skrobiowy. Polega on na wywołaniu barwnej reakcji jodu ze skrobią oraz wyznaczenie tzw. Indeksu skrobiowego (IS). Wyznaczenie tego wskaźnika polega na porównaniu powierzchni zabarwionej przez jod z tablicami wzorcowymi. Tempo rozpadu skrobi oraz jej przebieg są różne dla poszczególnych odmian. Często zdarza się, że „wzór skrobiowy” ma charakter asymetryczny, nietypowy. Wartość IS jest funkcją pola powierzchni wolnej od skrobi, dlatego jego precyzyjne oznaczenie metodą oceny wzrokowej jest często bardzo trudne. Dostępność techniki komputerowej z odpowiednim oprogramowaniem umożliwia wykonanie bardziej precyzyjnej oceny tego ważnego wskaźnika.

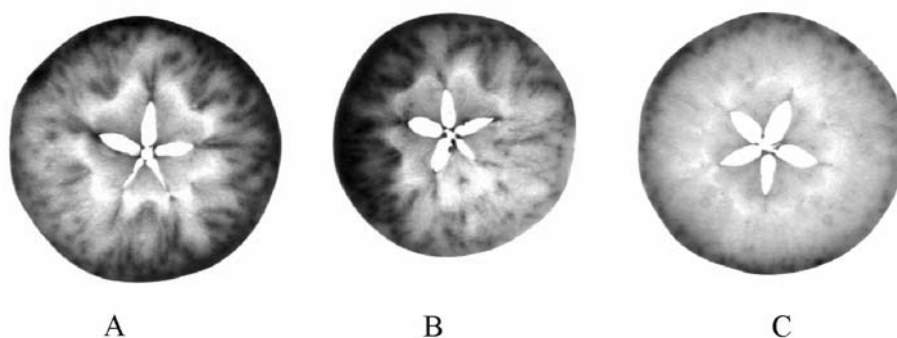
Cel pracy

Celem pracy było wyznaczenie indeksu skrobiowego metodami komputerowej analizy obrazów czarno-białych (CZ-B) oraz barwnych (KOL). Wyniki oznaczeń porównano z wartościami uzyskanymi metodą tradycyjnej oceny wzrokowej (OW).

Metodyka badań

Badania przeprowadzono w dniach 11.09 - 4.11.2004 roku. Surowiec użyty w badaniach pochodził z sadu doświadczalnego Akademii Rolniczej Lublin - Felin. Przy doborze odmian kierowano się zawartością skrobi oraz przebiegiem jej rozkładu. Owoce odmiany Melrose (wysokoskrobiowe) oraz odmiany Rubin (niskoskrobiowe) zbierano w odstępach 4-dniowych w godzinach przedpołudniowych. Jabłka średniej wielkości (7-8 cm) zbierano z wysokości ok. 1,5 m od powierzchni gruntu. Eksperyment rozpoczęto 3 tygodnie przed kalendarzowym terminem zbioru.

ru owoców. Do pomiaru pobierano 15 owoców każdej odmiany. Po zbiorze owoców w sadzie część jabłek przechowywano w chłodziarce w celu doprowadzenia do całkowitego rozpadu skrobi (rys. 1.).

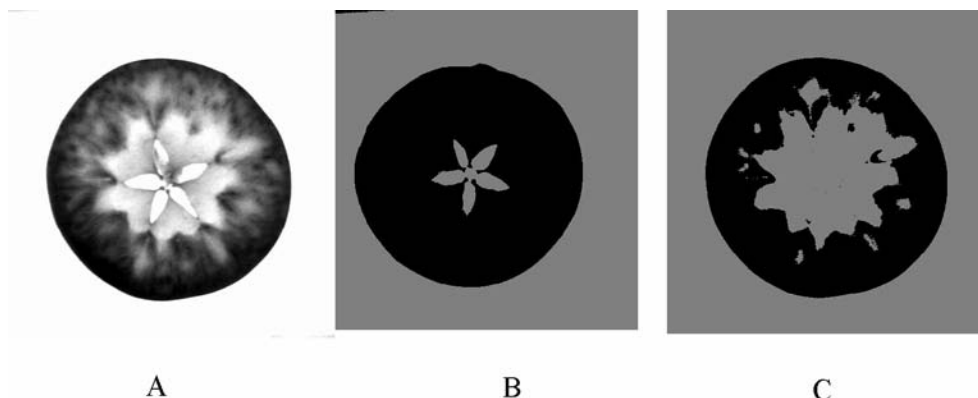


Rys. 1. Przebieg rozkładu skrobi w owocach odmiany Rubin. Na rys. B widoczny niesymetryczny jej rozkład

Fig. 1. The course of starch disintegration in fruits of Rubin variety. On fig. B its asymmetrical disintegration is visible

Jabłka krojono prostopadle do osi gniazda nasiennego i zanurzano na 1 minutę w roztworze (5g J_2 + 20g KJ w 1l roztworu wodnego) a następnie zostawiano do wyschnięcia. Przecięte i zabarwione plastry owoców (rys. 1.) 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 5 mm wycięte za pomocą krajalnicy obserwowano, w odróżnieniu od wcześniejszych badań [Guz 2005] na stoliku przedmiotowym w świetle odbitym i przechodzącym. Obrazy przeciętych plastrów były rejestrowane cyfrowo i przechowywane do dalszych analiz z wykorzystaniem programu SUPERVIST. W tych samych warunkach oświetleniowych wykonywano barwne zdjęcia cyfrowe z wykorzystaniem kamery Camedia C5060.

Zarejestrowane obrazy podawano obróbce komputerowej (rys. 2.). Z obrazów plastrów wyodrębniono (metodą filtracji) cały przekrój owocu, a następnie jego część zajęta przez ciemnognanatowe 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. 2. Przebieg oznaczania indeksu skrobiowego metodą komputerowej analizy obrazów: a) obraz próbki, b) binarny obraz powierzchni plastra (p_c), c) binarny obraz powierzchni zajętej przez skrobię (p_w)

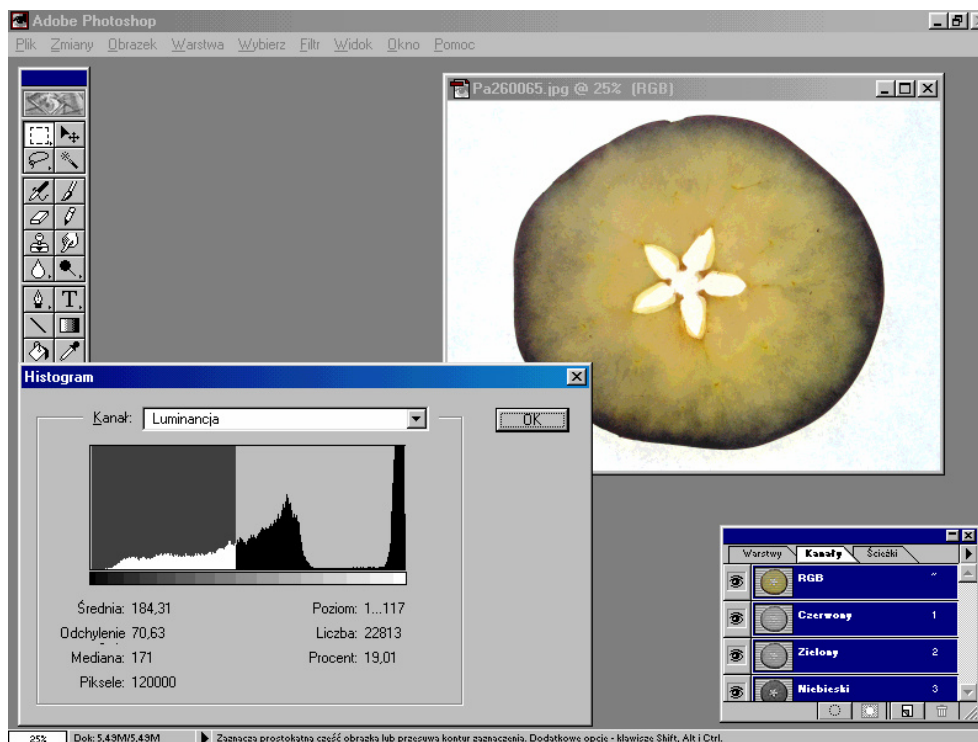
Fig. 2. Course of marking the starch index with computer picture analysis method: a) picture of a sample, b) binary picture of a cluster area (p_c), c) binary picture of the surface on which starch is located (p_w)

Odrębnej analizie poddano obrazy barwne uzyskane z kamery cyfrowej. W tym przypadku polegała ona na precyzyjnym ustaleniu poziomów jaskrawości wzoru skrobiowego oraz jaskrawości pól powierzchni wolnej od skrobi za pomocą programu Photoshop. Następnie wykonywano analizę histogramów rozkładów jasności punktów obrazu z uwzględnieniem tych poziomów (rys. 3.).

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

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

Oznaczenie metodami 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 KOL oraz CZ-B i wartościami średnimi oceniających (OW). Przy obliczaniu istotności różnic posłużono się dwuczynnikową analizą wariancji.

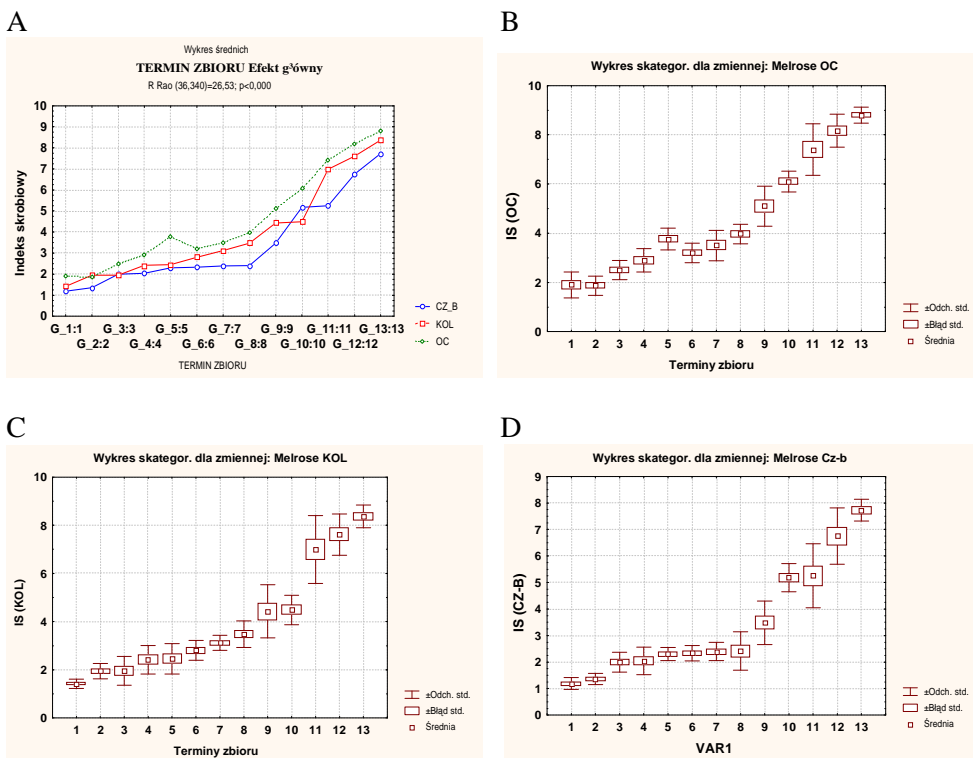


Rys. 3. Sposób analizy obrazów barwnych

Fig. 3. Method of colour picture analysis

Wyniki badań

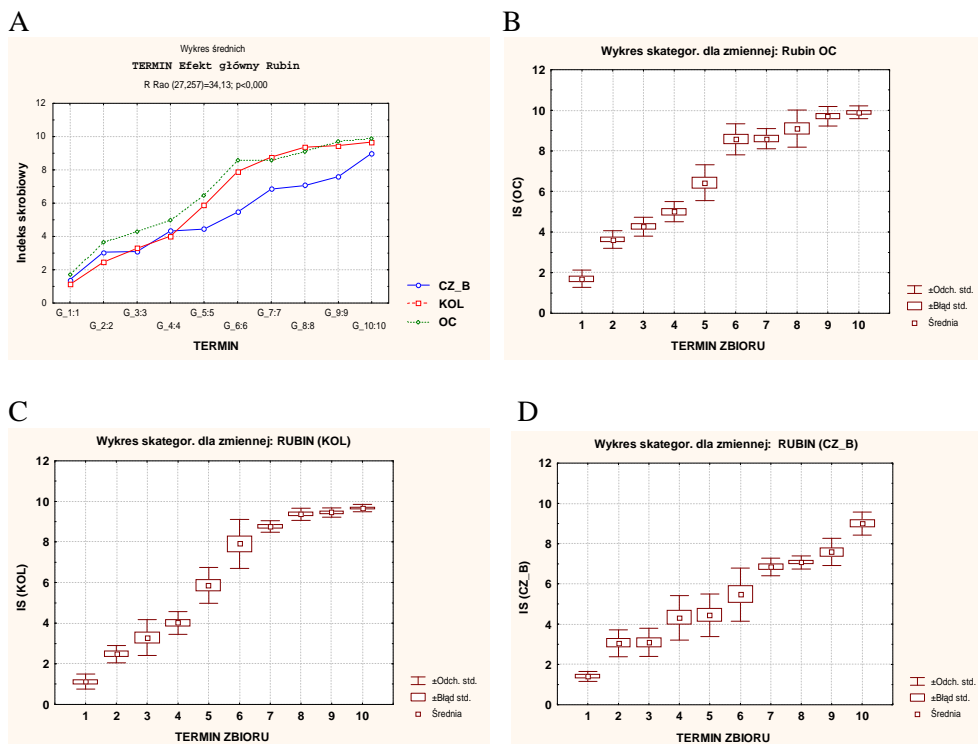
Przebiegi zmian IS były podobne przy zastosowaniu wszystkich metod pomiarowych (rys. 4a i 5a). Najwyższe wartości średnich ocen IS szacowano metodą OC. Różnice te są nieistotne wyższe dla większości terminów zbioru. Najniższe wartości wskaźnika IS zanotowano metodą cz-b. Różnice w oszacowaniu wartości IS były istotnie różne dla odmiany Rubin w terminach zbioru od 6 do 8 (rys. 5a i 5d). Podczas analizy obrazów owoców Melrose zaobserwowano zwiększenie się wartości rozrzutu wyników w miarę postępu dojrzewania surowca (rys. 4b–4d). Zależność tę zanotowano przy wykorzystaniu wszystkich stosowanych metod oceny



Rys. 4. Zmiany IS dla odmiany Melrose: A – przebieg zmian średnich oraz wykresy skategoryzowane: B – dla metody OW, C – dla metody KOL, D – dla metody CZ-B

Fig. 4. IS changes for Melrose variety: A – course of medium changes and categorised charts: B – for OW method, C – for KOL method, D – for method CZ-B

Dla odmiany Rubin rozrzut wyników był największy w środkowym przedziale terminów zbioru (od 4 do 8, rys. 5b – 5d). Prawdopodobne, że jest on spowodowany przyspieszeniem dojrzewania surowca, a co za tym idzie również nierównomiernym rozkładem skrobi w obrębie badanej próbki owoców. Dla początkowych jak i końcowych terminów zbioru tej odmiany rozrzut wyników jest niewielki (rys. 5b i 5c). Zbiór owoców, których IS wyznaczono metodą OC powinien nastąpić wcześniej (o ok. 4 dni) niż w oparciu o metody komputerowej analizy obrazów. Wobec braku danych wzorcowych o dojrzałości owoców (np. poprzez pomiar stężenia etylenu) na tym etapie badań trudno jest ocenić, która metoda oceny dojrzałości jest najbardziej precyzyjna



Rys. 5. Zmiany IS dla odmiany Rubin: A – przebieg zmian średnich oraz wykresy skategoryzowane: B – dla metody OW, C – dla metody KOL, D – dla metody CZ-B

Fig. 5. IS changes for Rubin variety: A – course of medium changes and categorised charts: B – for OW method, C – for KOL method, D – for method CZ-B

Oznaczanie IS, ze względu na nierównomierny i skomplikowany rozkład skrobi jest trudne zarówno metodą wzrokową jak i KAO. Przy oznaczeniu IS metodą KAO może dochodzić do błędów wynikających z niskiej precyzji wyznaczenia progów użytych podczas filtracji. Prezentowana praca jest próbą opracowania modyfikacji istniejącej metody oznaczania dojrzałości jabłek.

Wnioski

1. Najwyższe wartości IS uzyskano metodą OW (tradycyjną), co wskazuje na konieczność przeprowadzenia wcześniejszego zbioru owoców badanych odmian, gdy IS oszacuje się tą metodą.

2. Pominięcie informacji o kolorze (cz-b) nie wpłynęło istotnie na różnice w interpretacji IS metodami „KOL” i „CZ-B”
3. Wartości IS otrzymane z pomocą zastosowanych metod nie różnią się istotnie dla większości punktów pomiarowych (terminów zbioru). Dla odmiany Rubin zaobserwowano istotnie ($\alpha=0,05$) niższe IS w terminach 6 – 8 otrzymane metodą cz-b.
4. W dalszych badaniach należy przeprowadzić próby składowania surowca, którego dojrzałość wyznaczono różnymi metodami interpretacji IS, aby jednoznacznie ocenić ich precyzję.

Bibliografia

Guz T. 2005. Oznaczanie indeksu skrobiowego jabłek metodą komputerowej analizy obrazów. *Inżynieria Rolnicza* 11(71), 163-170.

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.

Rutkowski K. 2001. Błędy popełniane przy określaniu terminu zbioru i podczas przechowywania jabłek. Ogólnopolska Konferencja. Skierniewice. Wydawnictwo ISiK, 69-74.

Skrzyński J. 2000. Zmiany jakości jabłek odmiany Rubin pod wpływem zróżnicowanych stężeń CO₂ w chłodni z KA. XXXIX Ogólnopolska Naukowa Konferencja Sadownicza. Wydawnictwo ISiK, 166-167.

Tomala K. 1995. Prognozowanie zdolności przechowalniczej i określenie terminu zbioru jabłek. Fundacja Rozwój SGGW .

A COMPUTER ANALYSIS OF PICTURES IN ASSESSMENT OF STARCH DISINTEGRATION DURING APPLE RIPENING

Summary

Determination of the date of collection of berry fruits through observation of starch decomposition (determination of starch index) is regarded as a rightful and effective method of assessment of ripeness for collection. Simplicity of execution and a low cost of the analysis are its advantages. During determination of this indicator appear errors in its estimation caused by a subjective visual assessment (OC). The study presents methods and results of IS assessment with computer picture analysis method (KAO) for Melrose and Rubin varieties. In the result of the assessment it was found that IS values assume higher values during OC assessment than in KAO.

Key words: Apples, starch index, computer picture analysis