

MIECZYŚLAW BIRECKI, BARBARA KŁOSIŃSKA-RYCERSKA

UWAGI DOTYCZĄCE CIEMNIENIA ZIEMNIAKÓW

Wymagania dotyczące jakości ziemniaków stawiane przez konsumenta są coraz większe i obejmują szereg cech, jak smak, zapach, mączystość, konsystencja, barwa miąższu. Zwraca się również uwagę na zachowanie barwy miąższu surowego oraz na ciemnienie miąższu ziemniaka po ugotowaniu. Obie te cechy — ciemnienie miąższu surowego i po ugotowaniu — są na tyle ważne, że występowanie ich w ostrej formie, nawet przy innych cechach korzystnych, mogą wpłynąć na dyskwalifikację odmiany dla celów konsumpcyjnych. Ukazujące się na ten temat publikacje świadczą o szerokim zainteresowaniu tematem i dotyczą badań mających na celu wyjaśnienie mechanizmu ujawniania tych cech oraz ustalenie czynników powodujących występowanie lub nasilenia ciemnienia miąższu ziemniaków. Obecnie w literaturze przeważa pogląd, że oba rodzaje ciemnienia są cechami odrębnymi, niezależnymi od siebie, posiadającymi każda inny mechanizm powstawania, ponieważ fizjologicznie związane są z różną grupą przemian zachodzących w bulwie. Mimo to obie te cechy zależą częściowo od tych samych czynników, np. od nawożenia mineralnego, a szczególnie potasowego (1,4).

Ciemnienie miąższu surowego występuje przy przecinaniu lub obieraniu ziemniaków pozostawionych na powietrzu. Czasami w bulwie ziemniaka ciemne plamy tego samego pochodzenia powstają na skutek uszkodzeń mechanicznych — obijanie, przy zranieniu skórki oraz pod działaniem niskiej lub wysokiej temperatury w czasie przechowywania, a zwłaszcza w okresie wędnięcia (1). Na powierzchni świeżo uszkodzonej tkanki pojawia się czerwone, lub czerwono-brunatne zabarwienie przechodzące następnie w ciemny pigment — melaminę. Ten rodzaj ciemnienia ma charakter enzymatyczny, a ciemny pigment melamina powstaje na skutek utlenienia tyrozyny, katalizowanej przez enzym tyrozinazę. Fakt, że ciemnienie występuje w tkance uszkodzonej Mülder (4) tłumaczy z jednej strony różnym rozmieszczeniem tyrozyny i tryrozy-nazy. Tyrozyna zlokalizowana jest w wakuolach a tyrozynoza w protoplazmie. Z drugiej strony może być wytłumaczone tym, że silny system redukcyjny w żywej komórce zapobiega utlenieniu tyrozyny. Ciemne zabarwienie występujące w bulwie, pochodzenia enzymatycznego, nie jest rozmieszczone równomiernie, koncentrację barwy spotyka się na ogół

przy stolonie, przy czym bulwy ziemniące przed gotowaniem zachowują zmienioną barwę i po ugotowaniu.

Występowanie ciemnienia w ziemniakach surowych jest głównie cechą charakterystyczną dla odmiany, ale w dużym stopniu ujawnienie jej zależy również od warunków wegetacji. Tak np. trzyletnie obserwacje 10 odmian ziemniaków (2) wykazują wpływ warunków klimatycznych w okresie wegetacji na intensywność występowania cechy ciemnienia u niektórych odmian. Ta sama odmiana w jednym roku posiadała miąższ z tendencją do ciemnienia, a w innych latach charakteryzowała się miąższem nie ciemniejącym (2). Warunki wegetacji mają mniejszy wpływ na zmienność ciemnienia ziemniaków surowych w porównaniu do wpływu na ciemnienie miąższu ziemniaków gotowanych. Zestawienie odmian z charakterystyką miąższu podaje tabela. Z przebadanych odmian

Zestawienie danych dotyczących ciemnienia miąższu surowego i po ugotowaniu 10 odmian ziemniaków; średnie z trzech lat

Lp.	Odmiana	Użytkowość	Intensywność i szybkość ciemnienia miąższu surowego	Intensywność zmiany barwy ciemnienia gotowanych ziemniaków
1	Pierwiosnek	ogólnoużytkowa	mocno, szybko	mocno
2	Giewont	jadalna	średnio	średnio lub wcale**
3	Wera	jadalna	mocno, szybko***	mocno lub b. mocno**
4	Epoka	jadalno-pastewn	średnio***	średnio*
5	Dar	jadalna	mocno, szybko	mocno*
6	Flisak	jadalna	mało***	mocno lub średnio**
7	Flora	przemysłowa	mało***	mocno
8	Wyszoborskie	jadalno-przemys	prawie wcale	wcale
9	Wulkan	przemysłowa	prawie wcale	prawie wcale*
10	Pionier	ogólno-użytkow	mało***	mocno

* Cecha z tendencją do zmienności w kierunku korzystnym lub niekorzystnym w zależności od okresu wegetacji.

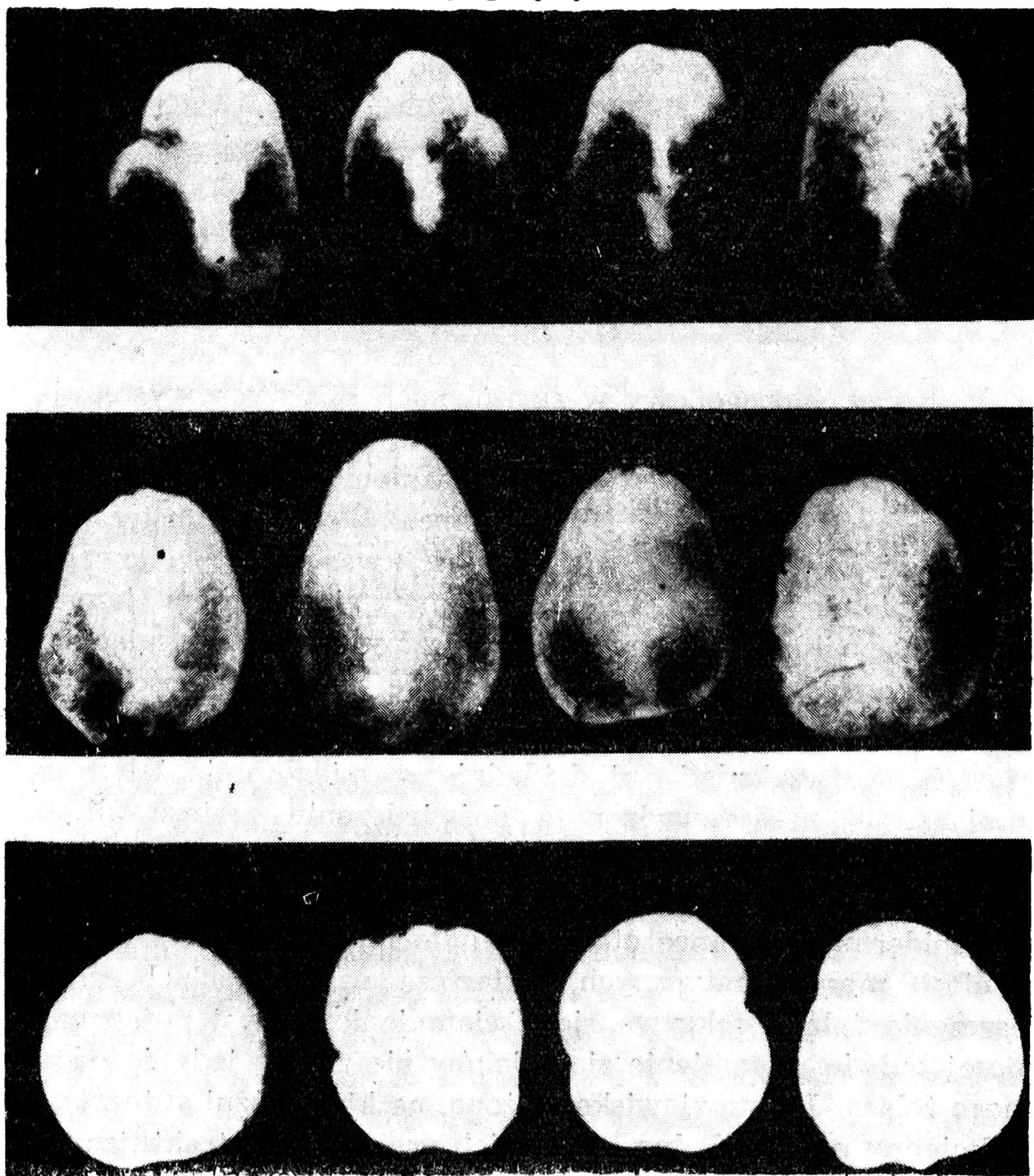
** Cecha zmieniająca się w zależności od okresu wegetacji.

*** Tendencja do odchylenia w intensywności ciemnienia w zależności od okresu wegetacji.

korzystnie wyróżniają się odmiany Wyszoborskie i Wulkan. Poza tym znaleziono zależność pomiędzy zawartością potasu w bulwie a omawianym ciemnieniem; odmiany o wyższej zawartości potasu charakteryzują się nie ciemniejącym miąższem (2).

Jednym z ważniejszych czynników mających duży wpływ na ciem-

nienie surowych ziemniaków jest nawożenie mineralne (1, 4, 5). Na pierwsze miejsce wysuwa się tu potas, którego niedobór w okresie wegetacji powoduje zwiększenie ciemnienia ziemniaków, występujące łatwo w kłębach narażonych na obicie lub niekorzystne warunki. Badania takie przeprowadził Mülder (4), który poddawał wstrząsom bulwy ziemniaków wyrosłe na poletkach z różnymi dawkami potasu, następnie kłęby przecinał wzdłuż i obserwował ciemnienie. Ziemniaki wyrosłe w warunkach deficytu potasu po kilku godzinach ciemniały mocno i na dużej przestrzeni, bulwy otrzymane w warunkach średniego zaopatrzenia w potas ciemniały średnio, natomiast wyrosłe w normalnych warunkach nie ciemniały wcale. Obrazuje to najlepiej rys. 1.



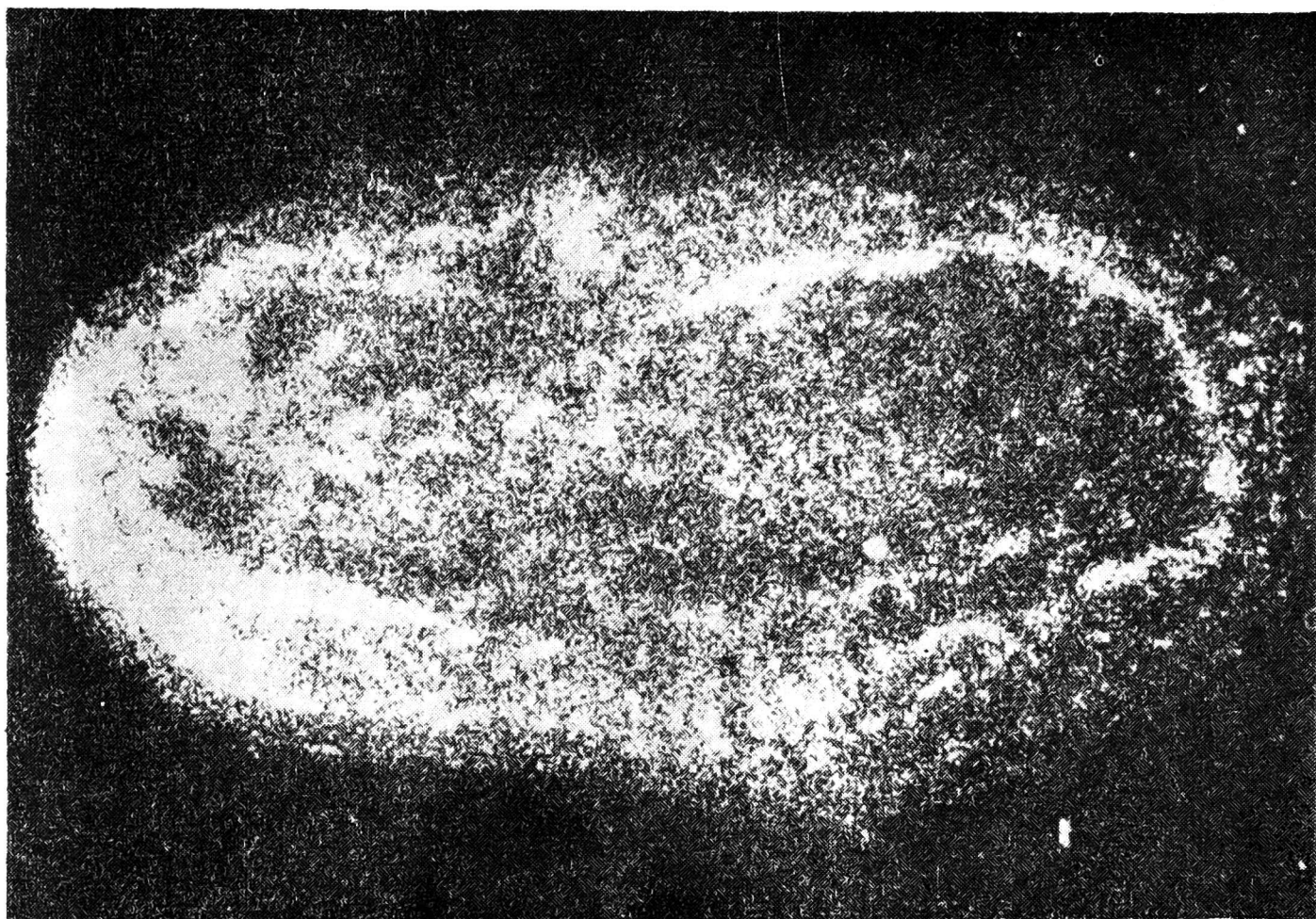
Rys. 1. Bulwy ziemniaka wyrosłe przy różnej ilości potasu: u góry — deficyt potasu, w środku — nieznaczna ilość, u dołu — normalna ilość. Według: E. G. Mülder: Neth. J. Agric. Sc. 1956 r.

Według Müldera (4), azot wpływa na ciemnienie surowego mięszu jedynie pośrednio, tj. gdy przez zwiększenie nawożenia azotowego zwiększamy w roślinie zapotrzebowanie na potas.

Fosfor i magnez nie mają dużego wpływu na ciemnienie enzymatyczne, natomiast nadmiar miedzi powiększa stopień ciemnienia ziemniaków (4). Taki sam wniosek dotyczący tego ostatniego czynnika dostarcza praca Trzeckiego i Strasburger (5). Przebadali oni wpływ mikroelementów podawanych dolistnie, stwierdzając, że poza miedzią ujemnie wpływa na ciemnienie mangan, natomiast bor obniża ciemnienie ziemniaków. Spośród omawianych mikroelementów największą rolę odgrywać może miedź, ponieważ wchodzi w skład tyrozyny.

Ciemnienie mięszu ziemniaków po ugotowaniu jest cechą o większym znaczeniu z punktu widzenia jakości ziemniaków konsumpcyjnych, aniżeli ciemnienie ziemniaków surowych. Na bulwach ugotowanych ziemniaków, które przed gotowaniem były zupełnie jasne, mniej więcej w ciągu godziny po wyjęciu ich z wody pojawia się szaro-zielone zabarwienie, różnej intensywności, dochodząc czasem do ciemnej, prawie czarnej barwy. Zmiana barwy nie ma tu charakteru enzymatycznego, jak w pierwszym przypadku, a pojawia się na skutek powstania trwałego kompleksu pomiędzy żelazem a chlorogenowym i kofeinowym kwasem (1). Kwas chlorogenowy w ziemniakach surowych występuje w stanie związanym, a uwalnia się w czasie gotowania po przekroczeniu temp. 80°C (5). Kwas chlorogenowy jest związkiem fenolowym i odgrywa rolę w procesach oddychania w żywej tkance. Według Hunstera (9), ziemniaki ciemniejące zawierają większą ilość kwasu chlorogenowego, aniżeli ziemniaki nie ciemniejące. Prace związane z ciemnieniem ziemniaków po ugotowaniu podkreślają na ogół rolę żelaza w bulwie, starając się znaleźć zależność pomiędzy ilością żelaza w bulwie a intensywnością ciemnienia.

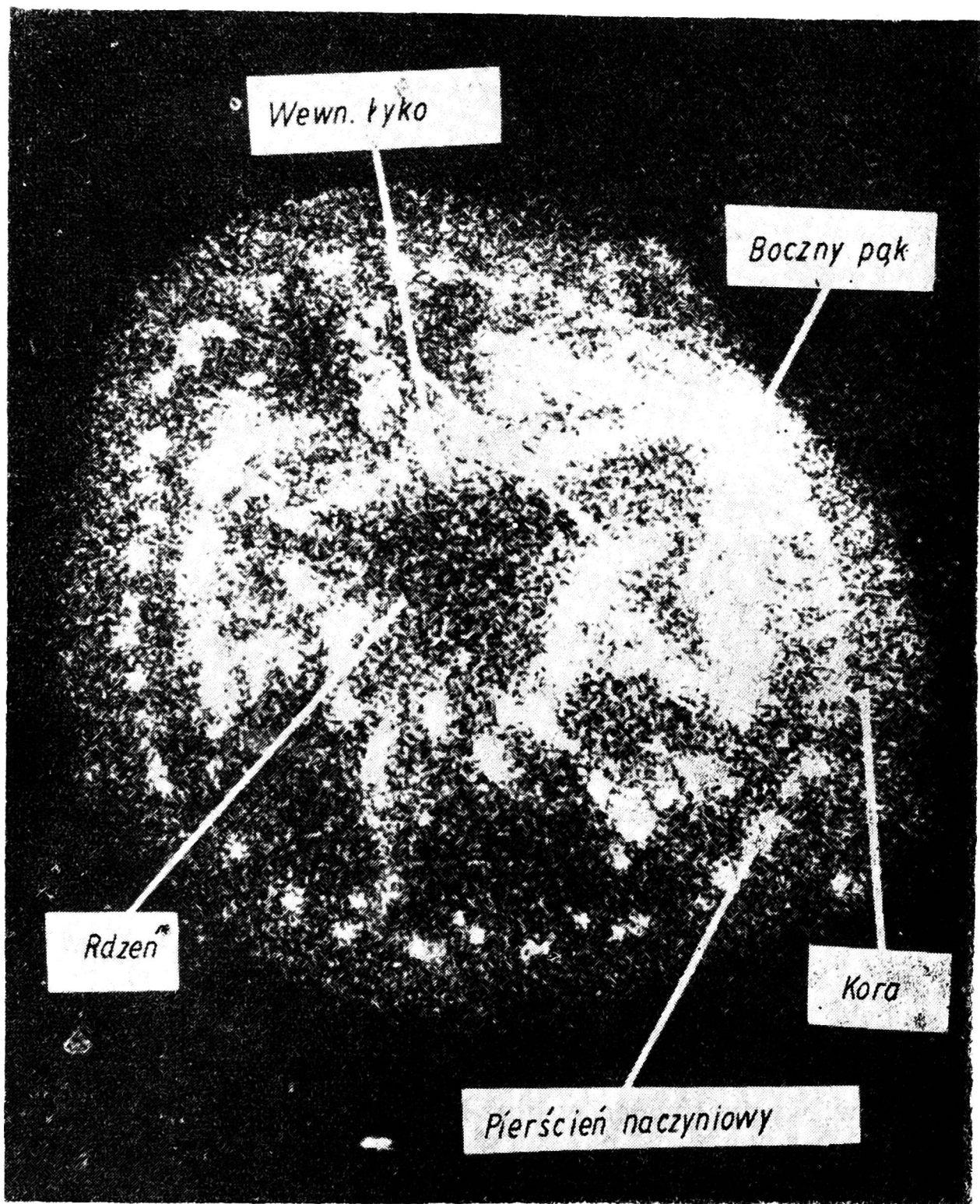
W takim właśnie aspekcie przeprowadzili badania Wurster i Ora Smith (6, 7). Przebadali oni dokładnie rozmieszczenie żelaza w kłębie ziemniaka. W przeprowadzonym doświadczeniu zastosowali w czasie wzrostu rośliny radioaktywne żelazo F^{59} . Następnie wykonali radioautograf kłęba (rys. 2, 3), który wykazał koncentrację żelaza przy stolonie i pod epidermą, w tkance otaczającej floem i wakuole, a także w przestrzeniach merystematycznych, zwłaszcza w pączkach bocznych. Rozmieszczenie żelaza pokrywa się z ciemnieniem występującym w pojedynczej bulwie. Ciemnienie ziemniaków nie zależy jedynie od obecności samego żelaza. Jest to zjawisko złożone, na które różni autorzy mają nieco odmienny pogląd. Jedną z ostatnich prac szeroko traktujących ten temat są badania przeprowadzone przez Hughesa (3). Stwierdził on, że dotychczasowe niepowodzenia badaczy i niezgodność poglądów wpływają z za dużej próbki branej do badań oraz ze zmienności ilości i rozmiesz-



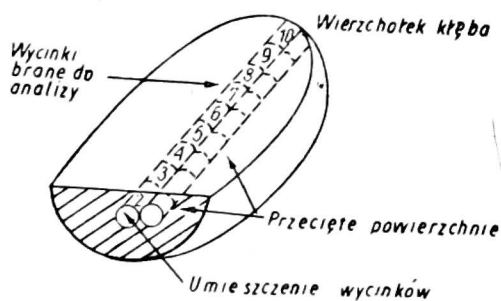
Rys. 2. Autoradiograf ziemniaka przeciętego wzdłuż: u góry część stolonowa; białe powierzchnie przedstawiają koncentrację żelaza (F⁵⁹). Według: R. T. Wurster, O. Smith: Amer. Potato Journal, 1963 r.

czenia składników w samej bulwie. Wykonał on szereg analiz stosując różne metody pobierania prób, jak np. zbieranie i łączenie części ziemniaków o tym samym zabarwieniu. Właściwe wyniki uzyskał dopiero wykonując mikroanalizę składników w małych wycinkach z pojedynczych kłębów; wycinał walec wzdłuż kłęba, a następnie dzielił go na wycinki 7 mm długości (rys. 4). Badania przeprowadzone z tak pobranych wycinków pozwoliły stwierdzić, że ciemnienie jest zjawiskiem złożonym, zależnym od szeregu czynników, a mianowicie: od żelaza, które łączy się z kwasem chlorogenowym, w zależności od pH środowiska, które z kolei zależy w dużym stopniu od ilości kwasu cytrynowego; pH w kłębie ziemniaka rozłożone jest nierównomiernie, wyższe przy stolonie. Na podstawie badań przeprowadzonych *in vitro* stwierdził, że wraz ze wzrostem pH z 6—7, ciemnienie w bulwie podnosi się o 21%, co wiąże się z podniesieniem się kompleksu żelaza z kwasem chlorogenowym, zatem cały zespół czynników odpowiada za powstawanie pigmentu w bulwie po ugotowaniu. Podobny pogląd wyraża Mercedes (8).

Występowanie ilości poszczególnych składników w ziemniakach jest głównie zależne od odmiany, co pociąga za sobą odmianowy charakter



Rys. 3. Autoradiograf powierzchni ziemniaka przeciętego poprzecznie. Białe powierzchnie przedstawiają koncentrację żelaza (F^{59}). Według: R. T. Wurster, O. Smith: Amer. Potato Journal, 1963 r.



Rys. 4. Sposób pobrania próby do analizy przyjęty przez J. Hughensa (J. Sci. Food Agric. 1962, vol. B)

ciemnienia ziemniaków po ugotowaniu. W tabeli zestawiono kilka odmian ziemniaków z uwzględnieniem zachowania się barwy miąższu po ugotowaniu. Wyróżniają się tu jako nie ciemniejące odmiany Wyszoborskie, Wulkan i Epoka. Badania nasze wykazały, że warunki pogody w okresie wegetacji wpływają na tę cechę, analogicznie, a nawet w nieco większym stopniu niż w wypadku ciemnienia surowego miąższu (2). Również ważną rolę odgrywa typ gleby; ziemniaki wyrosłe na glebach podmokłych, czarnoziemach, piaskach są bardziej podatne na ciemnienie po ugotowaniu niż wyrosłe na glinie zwałowej, glebie gliniasto piaszczystej i glebach suchych (1). Nie bez znaczenia jest nawożenie ziemniaków. Mülder (4) w swoich badaniach stwierdził, że ciemnienie ziemniaków po ugotowaniu występuje silniej w ziemniakach wyrosłych przy deficycie potasu. Przy zwiększaniu nawożenia azotowego mogą występować tendencje do wzrostu czynników, które warunkują ciemnienie (1). Deficyt fosforu może tu również odgrywać rolę, ponieważ fosfor łączy się w glebie z żelazem, które w tym układzie jest w mniejszej ilości pobierane przez roślinę (1). Trzecki i Strasburger (5) stwierdzili, że wśród mikroelementów podanych dolistnie, miedź wpływa ujemnie na ciemnienie ziemniaków po ugotowaniu pogłębiając tę cechę, natomiast mangan wpływał na zmniejszenie ciemnienia gotowanych ziemniaków.

Wydaje się, że dane dotyczące mechanizmu powstawania obu rodzajów ciemnienia, przedstawione przez literaturę (1, 3, 4, 8, 9), dostarczają ogólnej informacji dotyczącej teorii powstawania ciemnienia. Cecha ta, bardzo istotna przy ocenie wartości konsumpcyjnych ziemniaków, wymaga dalszych badań w oparciu o dotychczasowe wyniki. Zagadnienie jest trudne ze względu na jego kompleksowy charakter. Przy rozwiązywaniu tego problemu należałoby uwzględnić zarówno dobór odpowiednich odmian charakteryzujących się nie ciemniejącym miąższem, jak również ustalić wpływ czynników zewnętrznych w okresie wegetacji, warunkujących produkcję ziemniaków wolnych od tych niekorzystnych cech.

LITERATURA

1. Burton W. G. — Proceedings of the first triennial conference of the E.A.P.K. Wageningen, 1961, str. 79—117.
2. Birecki M., Kłosińska-Rycerska B., Somorowska K. — Skład chemiczny i wartość konsumpcyjna kilku odmian ziemniaków. Pamiętnik Puławski (w druku).
3. Hughes J. C., Ayers J. E., Swain T. — Journal of the Science of Food and Agriculture, 1962, nr 4, str. 224—229, 229—236, nr 7, 358, 363.
4. Mülder E. — Netherlands J. of Agricultural Science, 1956, tom 4, nr 4, str. 333—356.

5. Trzecki S., Strasburger M. — Roczniki Nauk Rolniczych 1961, Tom 84-A-2, str. 298—316.
6. Wurster R. T. Smith O. — Amer. Pot. J. 1963, nr 12, str. 415—420.
7. Wurster R. T., Smith O. — Amer. Pot. J. 1965, nr 2, str. 37—44.
8. Mercedes L., Hunsared, Hanning F. — Food Res. 1958, nr 2, str. 269—273.
9. Hunter S., Heisler Eg. i inni — Food Res. 1957, nr 6.