

WACŁAW LESZCZYŃSKI

JAKOŚĆ ZIEMNIAKA KONSUMPCYJNEGO

Streszczenie

Ziemniak spożywany winien odpowiadać określonym wymaganiom jakościowym. Musi mieć właściwe cechy sensoryczne – smak, aromat, barwę i konsystencję, z niską skłonnością do ciemnienia enzymatycznego i chemicznego. Winien posiadać odpowiednią wartość odżywczą (zawartość witaminy C, białka i składników mineralnych, niezbyt wysoką wartość energetyczną) oraz nie zawierać lub zawierać bardzo mało substancji toksycznych i szkodliwych dla zdrowia (glikoalkaloidy, azotany, metale ciężkie, pestycydy). Nie może być porażony chorobami i posiadać wad jakościowych (pustowatość serc, ciemna plamistość itp.). Winien mieć regularny kształt z płytko zagłębionymi oczkami. Powinien dobrze się przechowywać, bez dużych strat ilościowych i zmian jakościowych.

Jedną z głównych roślin uprawnych jest ziemniak, którego zbiera się na świecie 270–300 mln ton rocznie. W Polsce zajmuje on szczególną pozycję, plonując również na glebach słabych, mających znaczny udział w areale gruntów ornych. Zbiory ziemniaka w Polsce wynoszą, w zależności od warunków meteorologicznych w okresie sezonu wegetacyjnego, 24–30 mln ton. Do bezpośredniej konsumpcji przeznaczają się co roku prawie taką samą jego ilość w granicach 5,2–5,5 mln ton. W spożyciu ziemniaka na jednego mieszkańca (ok. 135 kg rocznie), Polska zajmuje jedno z czołowych miejsc na świecie.

W stosunku do ziemniaka przeznaczonego do konsumpcji bezpośredniej stawiane są ściśle określone wymagania jakościowe, takie jak:

- odpowiednie cechy sensoryczne, z małą skłonnością do ciemnienia miąższu surowego i po ugotowaniu,
- wysoka wartość żywieniowa,
- brak porażenia chorobami i nieobecność wad jakościowych,
- regularny kształt bulw z płytkimi oczkami,
- przydatność do długotrwałego przechowywania.

Cechy sensoryczne to: smak, aromat, konsystencja oraz barwa i jej zmiany zachodzące pod wpływem procesów ciemnienia; są one, poza konsystencją i barwą, niemożliwe do obiektywnego oznaczenia. Ocena tych właściwości, zwłaszcza smaku i aromatu, oparta jest na subiektywnych odczuciach osób oceniających. Cechy sensoryczne mają istotne znaczenie, gdyż ich oddziaływanie na zmysły konsumenta wpływa na wydzielanie soków trawiennych, co powoduje przyswajanie składników spożywanego produktu. Cechy te są odbierane subiektywnie w zależności od gustów i przyzwyczajeń konsumentów, dlatego trudno preferować określone właściwości bulw. Przygotowany do spożycia ziemniak nie może mieć jednak niewłaściwego smaku i aromatu oraz szarego zabarwienia, czy mazistej konsystencji.

Smak i aromat ziemniaka zależy od zawartości poszczególnych składników i ich wzajemnych stosunków ilościowych, zmieniających się w trakcie obróbki kulinarnej. Różni autorzy podają rozbieżne często dane dotyczące związku smaku ziemniaka z zawartością w bulwach skrobi, związków azotowych, substancji mineralnych i fenoli. Nadmiar cukrów i popiołu pogarsza smak bulw, a wolne aminokwasy oraz nukleotydy wpływają na niego dodatnio. Glikoalkaloidy, zwłaszcza w podwyższonych ilościach, nadają bulwom charakterystyczny gorzkawy i piekący smak, na co w większym stopniu oddziałuje solanina niż chaconina [64].

Główną rolę w nadawaniu smaku i aromatu ziemniaka odgrywają występujące w bulwach składniki lotne: aldehydy, ketony, węglowodory alifatyczne i aromatyczne, alkohole, estry, kwasy, pirazyny, furany, tiazole i inne. W surowych bulwach zidentyfikowano ich łącznie 143, w gotowanych 112, w pieczonych 256 [69] i coraz to wykrywane są nowe [79]. Do substancji lotnych nadających gotowanym ziemniakom właściwy aromat zalicza się m.in. metional, diacetyl i szereg pirazyn [121]. Metional tworzy się w wyniku reakcji metioniny z glukozą podczas ogrzewania [70]. W bulwach o niewłaściwym zapachu zidentyfikowano pochodne benzenu, a także (E,E)-2,4-nonadienal, (E,E)-2,4-decadienal, hexanal i inne związki z grupy aldehydów [52]. Aldehydy te powstają przypuszczalnie w wyniku utleniania zawartych w bulwach kwasów linolowego i linolenowego przez lipoksygenazę w czasie obróbki termicznej [97]. W oparciu o wiedzę dotyczącą składników tworzących smak i aromat ziemniaka, czynione są próby oceny tych cech przez połączenie metod instrumentalnych i sensorycznych [120].

Barwa miąższu jest cechą odmianową. Może być ona biała, kremowa, względnie żółta z całą gamą odcieni pośrednich. Żółte zabarwienie miąższu nadawane jest przez karotenoidy (głównie zeaksantynę i luteinę) zawarte w ilościach kilku miligramów na 100 g bulwy [11]. Spotyka się także odmiany o miąższu zabarwionym na różowo i czerwono dzięki występowaniu w bulwach antocyjanów, głównie glikozydów pelargonidyny, petunidyny i malwidyny [63], w ilościach 2–40 mg/100 g bulw [105].

Na barwę miąższu może niekorzystnie wpływać skłonność bulw do ciemnienia enzymatycznego. Powierzchnia przeciętej surowej bulwy ziemniaka zmienia zabarwienie, stając się kolejno różową, brudną, w końcu szaro-czarną. Spowodowane jest to działaniem enzymu oksydazy polifenolowej, która przy dostępie tlenu utlenia związki fenolowe zawarte w bulwie, głównie aromatyczny aminokwas tyrozynę (10–50 mg/100 g), kwasy fenolowe: chlorogenowy występujący w ilościach 6–22 mg/100 g [66], kawowy (2–10 mg/100 g) i inne [64]. Oksydaza polifenolowa w pierwszej kolejności hydroksyluje monofenole (takie, jak np. tyrozyna) do orto-difenoli, które następnie utlenia do orto-chinonów. Te następnie ulegają dalszym procesom nieenzymatycznym, w wyniku których tworzą się barwne związki melaninowe. Intensywność ciemnienia enzymatycznego, będąca w znacznej mierze cechą genetyczną uwzględnianą przy ocenie odmian, zależy od zawartości związków fenolowych i aktywności enzymu. Zawartość związków fenolowych ogółem w bulwach zależy od odmiany, sezonu wegetacyjnego oraz lokalizacji i sposobu uprawy [44]. Ilość tyrozyny w bulwach może wzrastać pod wpływem nawożenia azotem [60]. Aktywność oksydazy polifenolowej zależy od odmiany ziemniaka [2]. Wyższą jej aktywnością charakteryzują się małe bulwy oraz zewnętrzne warstwy bulwy – skórka i 2–4 mm warstwa miąższu pod nią [119]. Aktywność enzymu (i ciemnienie bulw) może być zahamowana, co ma znaczenie zwłaszcza przy dystrybucji obranych ziemniaków surowych. Dokonać tego można np. przez usunięcie tlenu, pakując produkt w atmosferze gazu inertnego (azotu). Efekt ten uzyskać można też działając preparatami enzymów proteolitycznych, modyfikujących lub hydrolizujących białka oksydazy polifenolowej [58]. Proces ciemnienia zahamować można również przez traktowanie bulw aminokwasami siarkowymi [32] wiążącymi chinony, będące produktami utlenienia polifenoli, w bezbarwne tioestry. Można też używać związki o działaniu antyutleniającym, np. kwasu askorbinowego (redukującego chinony z powrotem do difenoli) z kwasem cytrynowym [106]. W praktyce najczęściej stosowane są roztwory soli kwasu siarkowego, czyli według obowiązującej nomenklatury kwasu siarkowego(IV), wiążącego chinony i oddziaływującego na strukturę enzymu [32]. Obniżoną skłonność do ciemnienia enzymatycznego można uzyskać metodami inżynierii genetycznej w ziemniakach transgenicznych [6].

Miąższ ugotowanej bulwy ziemniaka może po pewnym czasie przybierać szary odcień. To niekorzystna z punktu widzenia oceny sensorycznej cecha, uwzględniana przy ocenie odmian nazywana jest ciemnieniem po ugotowaniu lub ciemnieniem chemicznym. Zjawisko to jest wynikiem nieenzymatycznych procesów utleniania jonów żelaza Fe(II), związanego w bezbarwnych kompleksach z fenolami (głównie kwasem chlorogenowym) do Fe(III), co powoduje szare zabarwienie tych kompleksów [41]. Ciemnieniu temu przeciwdziałają występujące w bulwach kwasy organiczne, zwłaszcza kwas cytrynowy, który wiąże jony żelaza tworząc z nim bezbarwne kompleksy [64].

Do ciemnienia chemicznego zalicza się też efekt procesów chemicznych zapoczątkowanych reakcją Maillarda między grupami karbonylowymi i aminowymi. Zawarte w bulwach ziemniaka cukry redukujące, w podwyższonej temperaturze (np. podczas smażenia ziemniaka) reagują z grupami aminowymi aminokwasów, w wyniku czego tworzą się aminocukry. Ulegają one następnie dalszym przemianom chemicznym, aż do powstania melanoidów, nadających produktowi brunatne zabarwienie. Produkty nieenzymatycznego brunatnienia wykazują działanie szkodliwe dla zdrowia [34].

Ten typ ciemnienia nie jest traktowany jako wada ziemniaka konsumpcyjnego, gdyż nie zachodzi ono w czasie gotowania. Ciemnienie to stanowi natomiast wadę przemysłowych produktów smażonych, zwłaszcza takich jak czipsy i frytki. Dlatego ziemniak przeznaczony do ich wyrobu, a szczególnie do produkcji czipsów, musi odznaczać się niską zawartością cukrów redukujących.

Na konsystencję ziemniaka składają się takie właściwości ugotowanych bulw, jak:

- rozgotowanie – tendencja do rozpadania się bulw,
- konsystencja (zwięzłość) – odporność na działanie siły mechanicznej,
- mączystość – tendencja do rozsypywania się,
- struktura miąższu (ziarnistość) – miąższ gładki lub szorstki, ziarnisty względnie włóknisty,
- wilgotność – stan powierzchni po przekrojeniu.

Na podstawie określenia ww. cech dokonuje się zaliczenia badanych ziemniaków do jednego z typów kulinarnych:

- A – sałatkowy – bulwy zwięzłe, dające się kroić, lekko wilgotne, o gładkiej delikatnej strukturze,
- B – ogólnoużytkowy – dość zwięzłe bulwy, lekko mączyste, wilgotne, o delikatnej strukturze,
- C – mączysty – bulwy dość zwięzłe, o dużej skłonności do rozgotowywania, mączyste, suche, o dość gładkiej strukturze,
- D – bardzo mączysty – bulwy o dużej skłonności do rozgotowywania, sypkie, bardzo suche, bardzo mączyste, o szorstkiej strukturze.

Wiele odmian odpowiada typom pośrednim AB, BC i CD. Zaliczenie do określonego typu kulinarnego dokonywane jest na podstawie oceny sensorycznej [42], z zastosowaniem metod statystycznych [117]. Pomiar konsystencji wykonywane są również metodami instrumentalnymi [27]. Na ich podstawie można było stwierdzić, że konsystencja bulw ziemniaka zmienia się w czasie gotowania [118] z różną szybkością, w zależności od stosowanej temperatury [84]. Konsystencja jest też zróżnicowana w różnych rodzajach tkanek oraz różnych częściach bulwy [83]. Uzależniona jest ona od składu chemicznego i struktury bulw, wielkości komórek oraz struktury i składu

ścian komórkowych [62]. Ze składników bulw znaczną rolę w kształtowaniu konsystencji odgrywa skrobia, jej zawartość i ziarnistość. Zbyt wysoka zawartość skrobi pogarsza konsystencję, ponieważ pęczniejąc powoduje zniszczenie struktur komórkowych [62]. Jednakże sam proces kleikowania skrobi ma ograniczony wpływ na konsystencję ziemniaka, w porównaniu z innymi składnikami [123]. Duże znaczenie ma zawartość błonnika, czyli sumy składników tworzących ścianę komórkową [115]. Zasadniczy jednak wpływ na konsystencję ziemniaka wywierają pektyny, których część w czasie gotowania ulega rozpuszczeniu i przejściu do roztworu [72], wskutek czego zmniejsza się ich zawartość w ścianach komórkowych i blaszce środkowej. Powoduje to obniżenie wytrzymałości i sztywności ścian komórkowych oraz wywołuje rozdzielanie się komórek [62]. Ważną rolę odgrywa stopień rozgałęzienia pektyn i wielkość ich zmetylowania [73], dodatnio skorelowana z odpornością bulw na mokrą zgniliznę [77]. Stopień zmetylowania pektyn ścian komórkowych obniża się w trakcie gotowania wraz z podwyższaniem temperatury [10].

Na wartość żywieniową ziemniaka składa się zawartość poszczególnych składników odżywczych oraz nieobecność względnie niska zawartość szkodliwych substancji w bulwach.

Głównym składnikiem suchej masy bulw ziemniaka jest skrobia, której zawartość w ziemniakach spożywczych nie przekracza 15–16 % (tabela 1). Konsumpcja ziemniaka musi być poprzedzona obróbką termiczną bulw, w czasie której skrobia ulega skleikowaniu. W tej formie jest ona całkowicie i szybko trawiona, natomiast nieskleikowana jest prawie nie przyswajalna. Strawność skrobi zależy od metody obróbki kulinarnej ziemniaka [35]. W przypadku schłodzenia ugotowanych bulw ziemniaka, skrobia ulega procesowi retrogradacji tzn. wytrącania się jej części w postaci nierozpuszczalnych i nieprzyswajalnych krystalicznych agregatów. Powoduje to obniżenie strawności skrobi (tzn. jej ilości wchłoniętej w jelicie cienkim), a zatem i wartości energetycznej ziemniaka [54]. Ilość nieprzyswajalnej („opornej”) skrobi wzrasta kolejno przy – schładzaniu i odgrzewaniu ziemniaków [38].

Zawartość cukrów redukujących (glukozy i fruktozy) w bulwach ziemniaka wynosi do ok. 0,3%, a sacharozy ok. 0,2%. Przy podwyższonej zawartości sumy cukrów do ok. 1%, bulwy nabierają słodkiego smaku. Ziemniak zawierający większe ilości cukrów redukujących w czasie ogrzewania ulega nieenzymatycznemu brunatnieniu w wyniku reakcji Maillarda.

Związki azotowe w bulwach ziemniaka występują średnio w ilości ok. 2% w przeliczeniu na białko ($N \times 6,25$), jako tzw. białko ogółem, w tym 35–65% stanowi białko właściwe. Białko to zawiera wszystkie aminokwasy egzogenne w odpowiednich ilościach, bogate jest w lizynę i jako jedno z nielicznych białek roślinnych posiada wartość biologiczną odpowiadającą wartości białka zwierzęcego. Wysoką wartość

białka ziemniaka można jeszcze podwyższyć łącząc go w pożywieniu z produktami zawierającymi znaczne ilości aminokwasów siarkowych, np. metioninę [33].

Tabela 1

Skład chemiczny bulw ziemniaka konsumpcyjnego [62, 64].

Chemical composition of table potato tubers.

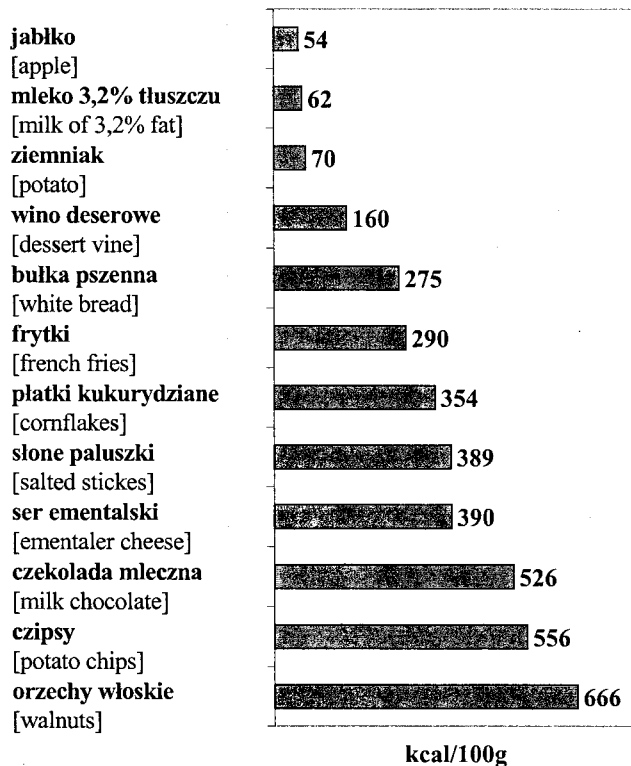
Składnik [component]	Zawartość [content]
sucha masa [dry matter]	16 – 22%
skrobia [starch]	10 – 16%
cukry ogółem [total sugar]	0,3 – 0,6%
białko ogółem [total protein]	1,7 – 2,3%
lipidy [lipids]	0,10 – 0,12%
związki mineralne [mineral compounds]	1,0 – 1,2%
błonnik pokarmowy [dietary fiber]	2,0 – 2,3%
witamina C [vitamin C]	10 – 30 mg/100g
związki fenolowe [phenolic compounds]	15 – 30 mg/100g
glikoalkaloidy [glycoalkaloids]	2 – 12 mg/100g
azotany (NaNO ₃) [nitrates]	10 – 30 mg/100g

W bulwach ziemniaka związki lipidowe występują w nieznacznych ilościach, rzędu 0,1%. W ich składzie występują nienasycone kwasy tłuszczowe. Łączna ich ilość jest jednak na tyle niewielka, że nie odgrywają one większej roli w wartości żywieniowej ziemniaka.

Dzięki małej zawartości tłuszczu w bulwach, niska jest wartość energetyczna ziemniaka zawarta w przedziale 50–70 kcal/100 g (rys. 1). Dowodzi to, że opinia jakoby spożywanie ziemniaka powodowało otyłość jest całkowicie nieuzasadniona i błędna.

Ważnym składnikiem z punktu widzenia żywieniowego jest zawarty w bulwach ziemniaka kwas askorbinowy, który wraz z kwasem dehydroaskorbinowym stanowi witaminę C. Jej zawartość w bulwach waha się najczęściej w przedziale 10–30 mg/100 g (choć może wynosić znacznie więcej) i jest jedną z cech jakościowych ziemniaka uwzględnianą przy ocenie odmian spożywczych. W czasie długotrwałego przechowywania ziemniaka (6–7 miesięcy) zawartość ta zmniejsza się do około połowy [64]. W trakcie gotowania, zawartość witaminy C w bulwie ulega dalszemu obniżeniu średnio o połowę. Dzieje się tak wskutek przechodzenia do roztworu i utleniania się kwasu L-askorbinowego do L-dehydroksyaskorbinowego, który ulega dalszemu utlenianiu z utratą aktywności biologicznej [64]. Obróbka termiczna przy użyciu pary, mikrofal, względnie przez pieczenie – powoduje obniżenie zawartości witaminy C tylko o ok.

30% [13]. Pomimo tych strat, ziemniak w Polsce (ale również w wielu innych krajach), ze względu na znaczne ilości w jakich jest spożywany, może być traktowany jako jedno z głównych źródeł zaopatrzenia ludności w witaminę C. Dzielne spożycia 200 g ziemniaka pokrywa zapotrzebowanie na witaminę C w ok. 50% (rys. 2).



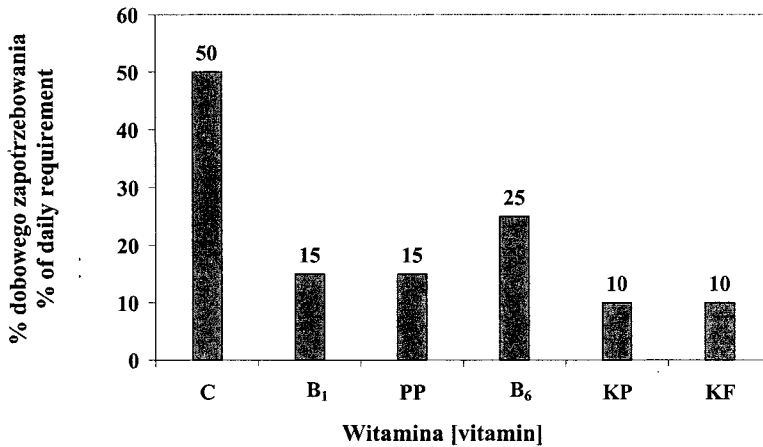
Rys. 1. Wartość energetyczna różnych produktów.

Fig. 1. Energy value of different products.

Obok witaminy C, w bulwach ziemniaka występują dość znaczne ilości witamin z grupy B (również rozpuszczalnych w wodzie), pokrywających częściowo zapotrzebowanie na nie organizmu ludzkiego (rys. 2). Straty witamin z grupy B w czasie obróbki kulinarnej wynoszą, 5–30% [62].

Bulwy ziemniaka zawierają ponad 1% związków mineralnych. Głównym ich składnikiem jest potas odgrywający ważną rolę w gospodarce jonowej i wodnej organizmu. Spożycie 200 g ziemniaka pokrywa do 30% dziennego zapotrzebowania na ten pierwiastek (rys. 3). W niektórych schorzeniach serca stosuje się dietę ziemniaczaną, ze względu na zawarty w bulwach potas. Spożywanie ziemniaka pokrywa również

częściowo zapotrzebowanie organizmu na jod, magnez, żelazo, miedź i fosfor (rys. 3). Ziemniak może też dostarczyć znaczących ilości selenu [99].



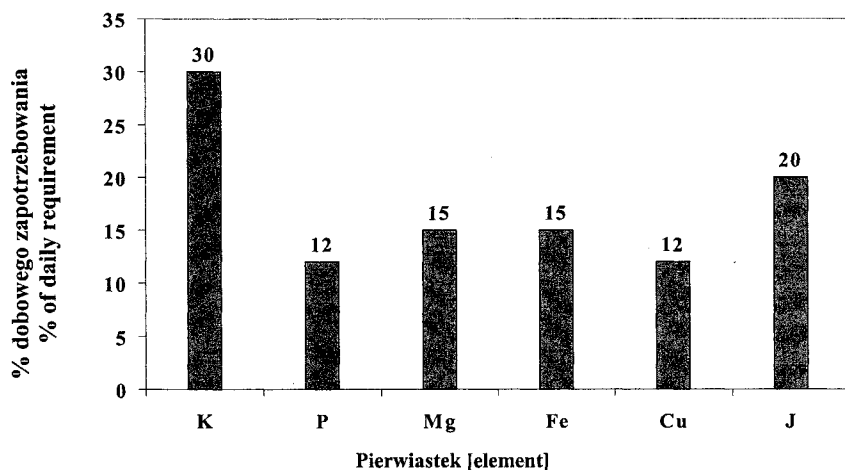
Rys. 2. Pokrycie zapotrzebowania na witaminy przez 200 g ziemniaków. Witaminy: C – kwas L-askorbinowy, B₁ – tiamina, PP – niacyna, B₆ – pirydoksyna, KP – kwas pantotenowy, KF – kwas foliowy.

Fig. 2. Meeting of the requirement for vitamins by 200 g of potato. Vitamins: C – L-ascorbic acid, B₁ – thiamine, PP – niacin, B₆ – pyridoxine, KP – pantothenic acid, KF – folic acid.

Nierozpuszczalne substancje nieskrobiowe ziemniaka będące głównie składnikami ścian komórkowych (celuloza, hemicelulozy, ligniny itp.), w ilości do 2,3% masy bulw, tworzą tzw. błonnik pokarmowy odporny na działanie enzymów trawiennych. Jest on niezbędny w pożywieniu, „rozcieńczając” składniki odżywcze, co ułatwia dostęp do nich enzymów trawiennych. Błonnik pokarmowy poprawia również perystaltykę jelit oraz adsorbuje kwasy żółciowe [14] i toksyczne metale ciężkie.

W bulwach ziemniaka występują związki fenolowe (nie licząc tyrozyny) w ilościach 15–30 mg/100 g, przy czym większość stanowią polifenole [62]. Ich zawartość, a zwłaszcza kwasu chlorogenowego, może być znacznie zwiększona pod działaniem światła [40]. Fenole ziemniaka mają właściwości antyutleniające [3] i zdolność do „zmiatania” wolnych rodników [65] z potencjalną aktywnością antybakteryjną [110]. Główny związek fenolowy bulw ziemniaka – kwas chlorogenowy jest nieodporny na termiczną obróbkę kulinarną. W czasie gotowania jego straty wynoszą ok. 65%, pieczenie niszczy go całkowicie [29]. W roślinie ziemniaka, związki fenolowe odgrywają znaczącą rolę w jego odporności na choroby, hamując działanie szeregu patogenów [31] oraz ulegając przekształceniu do suberyny [59] odkładającej się w ścianach ko-

mórkowych uszkodzonej bulwy [68], stanowiąc zaporę przed infekcją patogenami [67]. Przypuszczalnie jest to przyczyną wzrostu zawartości kwasu chlorogenowego w wyniku nadtluczenia bulwy [18]. Związki fenolowe są też substratem dla ligniny wchodzącej w skład ścian komórkowych. Mogą również zwiększać odporność ziemniaka na niektóre szkodniki [53].



Rys. 3. Pokrycie zapotrzebowania na związki mineralne przez 200 g ziemniaków.

Fig. 3. Meeting of the requirement for the mineral compounds by 200 g of potato.

Obok składników stanowiących o wartości odżywczej i dietetycznej w bulwach ziemniaka, podobnie jak we wszystkich produktach roślinnych, występują substancje niepożądane z punktu widzenia wartości żywieniowej. Substancje te należą do naturalnych składników bulwy, lub są tworzone w wyniku zakłóceń metabolizmu rośliny, mogą też przedostawać się do niej z zanieczyszczonego środowiska.

Do naturalnych takich składników należą m.in. inhibitory enzymów proteolitycznych występujące we wszystkich tkankach bulwy [80]. Stanowią one ok. 15% nierozpuszczalnych w wodzie białek bulwy ziemniaka i hamując enzymatyczny rozkład białek ograniczają ich wykorzystanie w procesie trawienia. Niektóre inhibitory są odporne na działanie wysokiej temperatury. Dlatego dla ich dezaktywacji niezbędna jest właściwa obróbka termiczna ziemniaka [128]. W roślinie inhibitory enzymów proteolitycznych odgrywają znaczącą rolę w utrzymywaniu odporności bulw przeciwko chorobom i szkodnikom [88]. Ta właściwość może być wykorzystana w ziemniakach transgenicznych [57]. Podobną rolę, jak inhibitory proteaz, w tworzeniu odporności bulw ziemniaka odgrywają inne białka zapasowe i enzymatyczne, jak: lektyna hamują-

ca rozwój chorób np. *Phytophthora infestans* [4] i *Fusarium* [39], lub patatyna hamująca rozwój szkodników [114].

Ważnymi naturalnymi toksycznymi składnikami bulwy ziemniaka są glikoalkaloidy – chakonina i solanina, potocznie nazywane łącznie solaniną (tab. 1). Związki te mają taki sam terpenoidowy aglikon – solanidynę. Różnią się one składem i strukturą części glikozydowej. Prekursorem w syntezie glikoalkaloidów ziemniaka jest cholesterol [8]. Na ogół w bulwach ziemniaka występuje dwa razy więcej chakoniny niż solaniny [43]. Związki te są silnymi truciznami [30], których dawka śmiertelna dla człowieka określona jest na 3–6 mg/kg wagi ciała, a w dawce 1–5 mg/kg mogą wywoływać objawy szkodliwego działania. Przy ich zawartości powyżej 11 mg/100 g wyczuwalny jest cierpki smak. Wszystko to sprawia, że przyjętą dla ziemniaka spożywczego maksymalną zawartość glikoalkaloidów – 20 mg/100 g – proponuje się obniżyć do 6–7 mg/100 g [108]. Toksyczność glikoalkaloidów zależy od długości i struktury łańcucha cukrów sprzężonych z aglikonem [102]. Glikoalkaloidy solanina i chaconina wykazują działanie synergistyczne [103]. Ich zawartość w bulwach można obniżyć metodami inżynierii genetycznej, w ziemniakach transgenicznym [26].

Większość glikoalkaloidów zlokalizowana jest w skórce i w warstwie bezpośrednio pod nią, a szczególnie wysokie stężenie glikoalkaloidów występuje w rejonie oczek [125]. Tak więc, w wyniku obierania usuwa się ich 50–95 % [122]. W miąższu występują one na ogół w ilościach 1–6 mg/100 g, a w większości produktów ziemniaczanych zawartość ich jest jeszcze niższa [29]. Zawartość glikoalkaloidów jest zróżnicowana w zależności od miejsca bulwy pod krzakiem [89]. W małych bulwach, zwłaszcza poniżej 50 g, jest więcej glikoalkaloidów niż w dużych [90]; zróżnicowana jest też zawartość glikoalkaloidów w zależności od odmiany ziemniaka [46], temperatury i długości dnia w czasie wegetacji [81] czy nawożenia azotem, a także sezonu wzrostu, w warunkach kilkakrotnej uprawy w ciągu roku [23]. Stężenie glikoalkaloidów jest wyższe w bulwach uszkodzonych mechanicznie [92] i w bulwach z roślin uszkodzonych przez szkodniki [50]. Glikoalkaloidy zwiększają odporność bulw na porażenie chorobami i szkodnikami [31].

Toksyczne azotyny, czyli azotany(III), w bulwach ziemniaka występują na ogół w śladowych ilościach, rzędu 0,0–0,5 mg NaNO_2 /100 g [107]. W sytuacjach wyjątkowo dużego skażenia środowiska ich zawartość może przekraczać 1 mg/100 g, co i tak nie stanowiłoby zagrożenia dla konsumenta przy dopuszczalnej dawce 0,2 mg/kg ciała człowieka i dawkach letalnych 2–9 g dla osoby dorosłej [49]. W bulwach ziemniaka, tak jak w każdym materiale roślinnym, występują pewne ilości azotanów(V). Same azotany(V) nie są toksyczne, ale istnieje możliwość zredukowania ich przez mikroflorę jelitową do azotanów(III), z udziałem których mogą się tworzyć rakotwórcze nitrozaminy. Z drugiej strony, azotany(V) i azotany(III) w przewodzie pokarmowym hamują rozwój patogenów [74]. Bulwy ziemniaka w warunkach Europy Środkowej zawierają

10–74 mg NaNO_3 /100 g, przeciętnie 15–30 mg/100 g [16, 42], a więc wielokrotnie mniej niż warzywa liściaste, czy buraki ćwikłowe. W czasie przechowywania zawartość azotanów(V) ulega obniżeniu do 50% początkowego poziomu [28]. Największe ich stężenie znajduje się w skórce i bezpośrednio pod nią. Tak więc podczas obierania bulw, a także podczas gotowania zawartość azotanów ulega znaczącemu zmniejszeniu [71].

W bulwach ziemniaka mogą występować szkodliwe metale ciężkie, pochodzące głównie z zanieczyszczonego środowiska. Zawarte są one na ogół w ilościach śladowych, nie przekraczających setnych części miligrama na 100 g. Ołów występuje w ilościach rzędu od 0,2–1,6 $\mu\text{g}/100$ g [9], 10–11 $\mu\text{g}/100$ g [104] do 100 $\mu\text{g}/100$ g z terenu skażonego metalami ciężkimi [62], kadm w ilościach 0,2–23 $\mu\text{g}/100$ g [76], przy czym rzadko przekracza poziom 1 $\mu\text{g}/100$ g [75]. O ile kadm rozmieszczony jest równomiernie w całej bulwie, to ołów w przeważającej części znajduje się w skórce i wraz z nią jest usuwany w trakcie obróbki kulinarnej. Rtęć w bulwach występuje w ilościach będących na granicy wykrywalności, rzędu 2,5 $\mu\text{g}/100$ g suchej masy. Tego samego rzędu jest zawartość arsenu w bulwach [101].

Radioaktywny stront dostaje się do bulw ziemniaka w minimalnych ilościach nawet przy stosunkowo dużym skażeniu nim gleby oraz łątów. Zawartości pierwiastków promieniotwórczych w bulwach ziemniaka, po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu, były znacznie mniejsze niż w paszach, owocach, warzywach, ziarnie zbóż i w mleku, a ich aktywność mieściła się w granicach normalnego poziomu „tła”. Przeważająca ilość tych śladowych radionuklidów zostaje usunięta podczas obierania i przetwarzania ziemniaka [62].

Stosowanie chemicznych środków ochrony roślin stwarza zagrożenie występowania w płodach rolnych pozostałości toksycznych substancji. Współcześnie stosowane pestycydy, w przeważającej ilości, są praktycznie nierozpuszczalne w wodzie, rozpuszczając się w rozpuszczalnikach organicznych i w tłuszczach. Ziemniak zawierający bardzo mało związków lipidowych nie kumuluje pestycydów, których pozostałości są w bulwach znacznie mniejsze niż w innych roślinach uprawnych. Pozostałości insektycydów w bulwach ziemniaka są zazwyczaj śladowe rzędu mikrograma w 100 g [5], a obróbka kulinarna powoduje znaczące zmniejszenie się ich zawartości. Pozostałości fungicydów, stosowanych po spręczeniu w celu zapobieżenia chorobom w przechowalni, a także do hamowania kiełkowania bulw (co w Polsce jest niedozwolone), są na ogół bardzo małe (rzędu 0,1 mg/100 g) i występują głównie (ponad 95%) w obierzynach [12], tak że w trakcie obróbki kulinarnej zostają usunięte niemal całkowicie. W przypadku stosowania w przechowalni, w celu zapobieżenia kiełkowania bulw, preparatów typu herbicydów z grupy karbaminianów (co w Polsce nie jest dozwolone), ich pozostałości wynoszą kilka do kilkunastu miligramów w 100 g (kilkakrotnie poni-

żej dopuszczalnej zawartości), z czego 90–97% znajduje się w skórce, a w miąższu ilości rzędu mikrogramów w 100 g [55].

Pozostałości herbicydów, stosowanych do zwalczania chwastów w uprawie występują w bulwach ziemniaka w ilościach śladowych lub są niewykrywalne. W przedwcześnie zebranych bulwach ilości te są rzędu kilku miligramów w 100 g [126]. W ziemniaku transgenicznym herbicydy mogą być szybciej metabolizowane, co powoduje obniżenie ich pozostałości [51].

W wyniku infekcji tkanki bulwy patogenami ziemniaka następuje w niej zmniejszenie zawartości akumulowanych wolnych steroli i glikoalkaloidów oraz syntetyzowanie fitoaleksyn [78] w ilościach zwykle ok. 10 mg/100 g, a dochodzących nawet do 90 mg/100 g [48]. W zakażonych bulwach ziemniaka może występować do 20 różnych fitoaleksyn (spośród ponad 100 wykrytych w roślinach dwuliściennych), związków należących do seskwiterpenów. Wśród nich, ok. 85 % ilości stanowią rizytyna, lubimina i solawetiwon. Nagromadzające się w miejscu zakażenia fitoaleksyny wykazują toksyczne działanie w stosunku do patogennych grzybów i niektórych bakterii, hamując ich rozwój przez blokowanie aparatu enzymatycznego, a przypuszczalnie także przez hamowanie transportu protonów przez błony komórkowe [37]. Zawartość fitoaleksyn skorelowana z odpornością ziemniaka na moką zgniliznę [48], lecz nie związana z odpornością na suchą zgniliznę, jest związana z występowaniem genu odporności ziemniaka na mątwika [21]. Fitoaleksyny nie są toksyczne dla człowieka i zwierząt.

Bulwy ziemniaka przeznaczone do spożycia nie mogą być porażone chorobami. Choroby wirusowe powodują deformacje i pęknięcie bulw oraz przebarwienia i plamistość miąższu. Ziemniak nimi porażony może ulegać zakażeniu innymi patogenami. Choroby bakteryjne i grzybowe wywołują różne zmiany w bulwach, od przebarwień miąższu i deformacji powierzchni bulwy aż do całkowitego jej zaschnięcia lub zgnicia, w zależności od rodzaju patogenu. Choroby ziemniaka powodują duże straty, zwiększając liczbę odpadów. Porażone nimi bulwy mają zmienione procesy metaboliczne, obniżające ich jakość oraz mogą zawierać toksyczne produkty wydzielane przez patogeny. Uszkodzenie bulw przez szkodniki oraz uszkodzenie mechaniczne powstałe podczas sprzętu i czynności przygotowywania ziemniaka do przechowywania i obrotu, stanowiąc wadę jakościową równocześnie ułatwiają zakażenie chorobami [61].

Bulwy ziemniaka nie powinny mieć wad jakościowych takich, jak: zazielenienie, plamistość miąższu, puste komory oraz wspomniane uszkodzenia.

Zazielenienie bulw spowodowane jest poddaniem ich działaniu światła wskutek niewłaściwie wykonanego zabiegu obsypania w polu oraz w czasie składowania i przechowywania w nieodpowiednich warunkach. W skórce i w komórkach zewnętrznych warstw bulw pod wpływem promieni świetlnych, zwłaszcza fal krótkich, tworzy się chlorofil i (fizjologicznie niezależnie) syntetyzowane są polifenole i toksyczne glikoalkaloidy. Glikoalkaloidy tworzą się szybciej niż chlorofil, ich wzrost zawartości

w bulwach jest znaczący już po 30 minutach działania światła [56]. W wyniku działania światła zawartość polifenoli w bulwach wzrasta dwukrotnie, a glikoalkaloidów trzykrotnie, przy czym w skórce ich ilości wzrastają 7–8 krotnie [20]: Temperatura w jakiej ziemniaki wystawione są na działanie światła wbrew wcześniejszym doniesieniom nie ma większego wpływu na kumulację glikoalkaloidów [95], przebiegającą w różnym stopniu u różnych odmian ziemniaka [94]. Intensywniej nagromadzane są glikoalkaloidy w bulwach poddanych działaniu światła w początkowym okresie przechowywania niż w późniejszym [25]. Wzrost zawartości chakoniny i solaniny przebiega niejednakowo. W wyniku działania światła ich stosunek ilościowy ulega zmianie [91], a ich suma może przekroczyć dopuszczalne dla ziemniaka spożywcze granice 20 mg/100 g [93]. Zazielenienie bulwy jest zewnętrzną oznaką niekorzystnych zmian jakościowych, jakie w niej zaszły pod wpływem działania światła. Bulwy takie mają nieprzyjemny smak i mogą być szkodliwe dla konsumenta.

Ciemne plamy wewnątrz miąższu surowych bulw mogą być wynikiem zaburzeń w gospodarce wodnej rośliny w okresie wegetacji lub zbyt wysokiej temperatury w okresie sprzętu i transportu ziemniaka. Bardzo często, w zewnętrznej warstwie miąższu występują szare plamki, czerniejące po ugotowaniu. Jest to tzw. ciemna plamistość pouszkodzeniowa wywołana mechanicznymi uszkodzeniami (stłuczeniem) bulw w czasie sprzętu, transportu oraz czynności wykonywanych w trakcie przygotowywania ziemniaka do przechowywania i obrotu. W wyniku stłuczenia, następuje uszkodzenie komórek i zmiany ich struktur cytoplazmatycznych [24]. W komórkach takich zachodzi destrukcja błon półprzepuszczalnych, rozkład lipidów i utlenianie uwolnionych kwasów tłuszczowych. Następuje także obniżenie zawartości jonów wapnia w ścianach komórkowych i blaszce środkowej. W uszkodzonej tkance utlenieniu ulega kwas askorbinowy, wskutek czego mechanicznie uszkodzone bulwy mają obniżoną zawartość witaminy C. Równocześnie w stłuczonych bulwach (ale nie wszystkich odmian) wzrasta zawartość fenoli [18]. Przymuszczalnie w uszkodzonych bulwach wzrasta aktywność oksydazy polifenolowej, podobnie jak ma to miejsce w uszkodzonych liściach ziemniaka [116]. W wyniku utlenienia związków fenolowych przez oksydazę polifenolową oraz dalszych przekształceń i reakcji chemicznych, powstają substancje barwne tworzące ciemne plamki w tkance. Substancje te są produktem reakcji między chinonami będącymi produktami utlenienia substratów oksydazy polifenolowej, a aminokwasami białek [112], m.in. tyrozyny i cysteiny [113]. Skłonność do powstawania ciemnej plamistości pouszkodzeniowej jest cechą odmianową. Odmiany podatne na tę wadę syntetyzują więcej tyrozyny, a po stłuczeniu wykazują większą intensywność oddychania bulw i większe straty skrobi, niż odmiany odporne.

Puste komory wewnątrz bulw powstają wskutek zaburzeń fizjologicznych w czasie ich wzrostu. Zaburzenia te wywołane są nadmiarem wilgoci, temperaturą gleby w granicach 10–15°C i przenawożeniem azotem. Efektem tych zaburzeń jest obumie-

ranie i rozpad komórek, głównie w rdzeniowej części bulwy, w wyniku czego tworzy się pusta przestrzeń odizolowana od miąższu warstwą tkanki korkowej [62]. Bulwy z pustymi komorami („pustowatość serc”) wizualnie nie różnią się od normalnych, stąd występują trudności z ich wyeliminowaniem. Do tego celu proponowane jest zastosowanie sondy ultradźwięków [15].

Ziemniak spożywczy musi być jednolity odmianowo, o bulwach regularnego kształtu bez wyrostków zwanych dzieciuchami. Dzieciuchy tworzą się na młodych bulwach, wzrost których został zahamowany suszą i wznowiony w wyniku obfitych opadów. Zarówno bulwy pierwotne, jak i dzieciuchy, odznaczają się obniżoną zawartością skrobi i podatnością na zakażenie patogenami. Dzieciuchy łatwo się obłamują, powiększając straty.

Bulwy ziemniaka mogą mieć różny kształt, określane na podstawie stosunku ich szerokości do długości (mierzonej od pępka do wierzchołka) – od podłużnego (stosunek $< 0,5$), poprzez owalny, okrągły do poprzecznie owalnego (stosunek $> 1,1$). Regularność kształtu bulw określa się na podstawie jej przekroju w różnych płaszczyznach. Im bardziej kształt przekroju bulwy różni się od koła lub elipsy i ma więcej wklęsłości tym większe ilości odpadów powstają przy obieraniu, co ogranicza przydatność ziemniaka do celów spożywczych.

Na powierzchni bulwy znajdują się, spiralnie rozmieszczone wzdłuż osi od pępka po wierzchołek, wgłębienia zwane oczkami, w których osadzone są zawiązki pędów. Dzięki tym wgłębieniom, zawiązki pędów zabezpieczone są przed uszkodzeniem, spowodowanym np. ruchami gleby itp. Oczka mają różną głębokość, od „powierzchniowych”, niewyczuwalnych palcem, do „bardzo głębokich”, wgłębionych więcej niż 5 mm [64]. Głębokość i liczba oczek, podobnie jak regularność kształtu bulwy są ważnymi cechami jakościowymi ziemniaka. Od nich zależy możliwość właściwego umycia bulw oraz wielkość strat powstających podczas obierania, szczególnie w obieraczkach mechanicznych.

Bulwy ziemniaka spożywczego powinny być większe od 40 mm. Małe bulwy na ogół zawierają mniejszą ilość skrobi, i większą glikoalkaloidów niż duże. Ze stosunku ich powierzchni do objętości wynika procentowo wysoki udział odpadów w stosunku do masy bulwy. Bulwy małe o nieregularnym kształcie i oczkach głębszych od 3,5 mm, ze względu na zbyt duże ilości powstających odpadów, nie nadają się do celów spożywczych.

Ziemniak przeznaczony do celów spożywczych w większości jest przechowywany po spręcie przez okres nawet kilku miesięcy. Do długotrwałego przechowywania nadają się odmiany o długim okresie spoczynku, możliwie późno kielkujące, zebrane w stanie pełnej dojrzałości, nie uszkodzone, ani porażone przez patogeny. W czasie przechowywania zachodzą w bulwach procesy fizyczne i biologiczne – parowanie, oddychanie, kielkowanie. Ich efektem są przechowalnicze straty ilościowe wynikające

z ubytków naturalnych (parowanie i oddychanie), kiełkowania i strat odpadowych oraz obniżenie jakości, będące wynikiem zmian składu chemicznego bulw. W celu zapobieżenia kiełkowaniu i rozwojowi chorób utrzymuje się w przechowalniach odpowiednie warunki termiczno-wilgotnościowe, a zaleca się także odpowiedni skład gazów [17]. Dodatkowo, w wielu krajach stosuje się chemiczne środki hamujące kiełkowanie głównie karbaminiany, a także fungicydy. W Polsce ich stosowanie nie jest dozwolone, a w tych krajach gdzie są stosowane, odnosi się do nich coraz krytyczniej i mają być zabronione. Prowadzone są więc badania nad ich zastąpieniem naturalnymi inhibitorami kiełkowania i rozwoju patogenów. Takimi substancjami mogą być olejki eteryczne [7] różnych roślin lekarskich i przyprawowych [124], a także inne naturalne substancje o małej toksyczności [127]. Jeden z nich, olejek z kminku – S(+) karwon okazał się być efektywnym inhibitorem kiełkowania, a jednocześnie fungistatykiem i bakteriostatykiem [87]. Jest on metabolizowany w kiełkach bulw [86], bez obniżania ich żywotności [109]. W handlu występuje pod nazwą Talent i daje lepsze efekty niż inhibitory karbaminianowe [45]. Podobne do niego wyniki uzyskano stosując olejek eteryczny kopru [98].

Celem ograniczenia strat przechowalniczych, ziemniak traktowany jest w uprawie preparatami zawierającymi hydrazyd maleinowy [36], którego pozostałości w bulwach są rzędu 1mg/100 g [22]. Ponadto hamowanie kiełkowania bulw uzyskuje się przez stosowanie etylenu [100], ozonu [19] i preparatu nadtlenu wodoru [1]. Dozwolone jest również hamowanie kiełkowania przez poddawanie bulw działaniu promieniowania gamma w dawkach 50–150 Gy.

W kiełkujących bulwach procesy życiowe przebiegają intensywniej, co powoduje straty suchej masy i zmiany składu chemicznego ziemniaka. Podwyższenie temperatury przechowalni wywołuje podobny skutek. Najmniej intensywnie przebiegają procesy biochemiczne i fizjologiczne bulwy w temperaturze 2–4°C. W takich temperaturach następuje też redukcja liczby nicieni w bulwach [85], jednakże w tych warunkach następuje niekorzystne nagromadzenie się cukrów redukujących i sacharozy. W bulwie ziemniaka trwa stały proces depolimeryzacji skrobi z wytworzeniem cukrów niezbędnych do oddychania, koniecznego dla utrzymania procesów życiowych. Proces ten jest odwracalny i prowadzony głównie z udziałem fosforylazy. W wyniku obniżenia temperatury, enzymatyczne procesy depolimeryzacji i resyntezy skrobi oraz oddychania ulegają znaczącemu spowolnieniu, przy czym tempo tworzenia cukrów jest większe niż ich wbudowywanie w cząsteczki skrobi i zużywanie do oddychania [64]. Jednocześnie, obniżenie temperatury powoduje zmiany w strukturze błon amyloplastów, m.in. w składzie zawartych w nich nienasyconych kwasów tłuszczowych [82]. W wyniku tych zmian następuje wzrost aktywności amylazy, w normalnych warunkach bardzo niskiej oraz syntazy fosforanu sacharozy, powodującej nagromadzenie się sacharozy

[129]. Indukowana jest też kwaśna inwertaza i izoformy inwertazy, przekształcające sacharozę w cukry redukujące [130].

Podwyższenie zawartości cukrów w bulwach niekorzystnie odbija się na właściwościach sensorycznych i przerobowych ziemniaka. Akumulacja cukrów, w bulwach przetrzymywanych w niskiej temperaturze, w znacznym stopniu zależy od ich stanu fizjologicznego – stopnia dojrzałości w momencie sprzętu [47]. Wzrost zawartości cukrów w czasie przechowywania może też być spowodowany obtłuczeniem bulw w czasie sprzętu, sortowania itp., co prowadzi do uszkodzenia błon amyloplastów i przyspiesza przemianę skrobi w cukry. Do uprawy wprowadza się nowo wyhodowane odmiany, których bulwy w niskich temperaturach nie gromadzą cukrów [96], co związane jest ze strukturą błon amyloplastów [82] i izoformami enzymów [111].

Na podstawie przedstawionych danych można stwierdzić, że jeżeli ziemniak spełnia stawiane mu wymagania jakościowe, to stanowi wartościowy produkt spożywczy o wysokich walorach żywieniowych. Jest on stosunkowo niskokaloryczny, zawiera pełnowartościowe białko oraz znaczną zawartość niezbędnych witamin i składników mineralnych, a także potrzebny błonnik pokarmowy. W przeciwieństwie do wielu innych organizmów nie kumuluje związków szkodliwych dla zdrowia, obecnych w zanieczyszczonym środowisku. Zawarte w bulwach, w bardzo niewielkich ilościach substancje antyżywieniowe, zarówno będące normalnymi składnikami bulw, jak i stanowiące ich zanieczyszczenie, zlokalizowane są na ogół w skórce i bezpośrednio pod nią. Dzięki temu, w przeważającej ilości są usuwane podczas obróbki kulinarnej. Na tej podstawie ziemniak może być zaliczany do żywności o pożądanej jakości zdrowotnej. Odpowiednio przygotowany do spożycia jest on smaczny, łatwo strawny i pożywny.

LITERATURA

- [1] Afek U., Orenstein J., Nuriel E.: Using HPP (Hydrogen Peroxide Plus) to inhibit potato sprouting during storage. *Amer. J. Potato Res.*, **77**, 2000, 63.
- [2] Al-Khalifa A.A., Mahmoud R.M.: Polyphenol oxidase activities and properties in some potato (*Solanum tuberosum*) varieties produced in Saudi Arabia. *Arab Gulf J. Scient. Res.*, **11**, 1993, 377.
- [3] Al-Saikhan M.S., Howard L.R., Miller Jr. J.C.: Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). *J. Food Sci.*, **60**, 1995, 341, 347.
- [4] Andreu A., Daleo G.: Properties of potato lectin fractions isolated from different parts of the tuber and their effect on the growth of *Phytophthora infestans*. *Physiol. Mol. Plant. Pathol.*, **32**, 1988, 323.
- [5] Aplada-Sarlis P., Liapis K.S., Miliadis G.E.: Contamination of potato tubers and carrots in Greece with lindane residues, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **52**, 1994, 135.
- [6] Bachem C.W.B., Speckman G.J., Linde P.C.G. van der, Verheggen F.T.M., Hunt D.H., Steffens J.C., Zabeau M.: Antisense expression of polyphenol oxidase genes inhibits enzymatic browning in potato tubers. *Bio/Technology*, **12**, 1994, 1101.

- [7] Bang U.: Essential oils as fungicides and sprout inhibitors in potatoes. w: *Phytophthora infestans* 150 (L.J. Dowley, E. Bannon, L.R. Cooke, T. Keane, E.V. Sullivan – eds.) Boole Press Ltd., Dublin 1995, 318.
- [8] Bergenstrahle A., Borga P., Jonsson L.M.V.: Sterol composition and synthesis in potato tuber discs in relation to glycoalkaloid synthesis. *Phytochemistry*, **41**, 1996, 155.
- [9] Bibak A., Stürup S., Haahr V., Gundersen P., Gundersen V.: Concentrations of 50 major and trace elements in danish agricultural crops measured by inductively coupled plasma mass spectrometry. 3 Potato (*Solanum tuberosum* Folva). *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 1999, 2678.
- [10] Binner S., Jardine W.G., Renard C.M.C.G., Jarvis M.C.: Cell wall modifications during cooking of potatoes and sweet potatoes. *J.Sci. Food Agric.*, **80**, 2000, 216.
- [11] Brown C.R., Edwards C.G., Yang C.P., Dean B.B.: Orange flesh trait in potato: Inheritance and carotenoid content. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **118**, 1993, 145.
- [12] Buckley D.C., Hill A.R.C., Sivyer V.L., Wilkins J.P.G.: Residues of tecnazene and its metabolites in potatoes in commercial stores. *Crop. Protect.*, **13**, 1994, 87.
- [13] Burg P., Fraile P.: Vitamin C destruction during the cooking of a potato dish. *Lebensm. – Wiss.Technol.*, **28**, 1995, 506.
- [14] Camire M.E., Zhao J., Violette D.J.: In vitro binding of bile acids by extruded potato peels. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 1993, 2391.
- [15] Cheng Y., Haugh C.G.: Detecting hollow heart using ultrasound. *Transact. ASAE* 37, 1994, 217.
- [16] Cieślak E.: Zawartość związków azotowych w bulwach ziemniaka w aspekcie żywieniowym i toksykologicznym. *Zesz. Nauk. AR Kraków Rozpr.* 203, 1995.
- [17] Coleman W.K., McInerney J.: Enhanced dormancy release and emergence from potato tubers after exposure to controlled atmosphere. *Am. Potato J.*, **74**, 1997, 173.
- [18] Dale M.F.B., Griffiths D.W., Bain H.: Effect of bruising on the total glycoalkaloid and chlorogenic acid content of potato (*Solanum tuberosum*) tubers of five cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, **77**, 1998, 499.
- [19] Daniels-Lake B.J., Prange R.K., Kalt W., Liew C.L., Walsh J., Dean P., Coffin R.: The effect of ozone and 1,8-cineole on sprouting, fry color and sugars of stored Russet Burbank potatoes. *Am. Potato J.*, **73**, 1996, 469.
- [20] Dao L., Friedman M.: Chlorophyll, chlorogenic acid, glycoalkaloid and protease inhibitor content of fresh and green potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 1994, 633.
- [21] Desjardins A.E., McCormick S.P., Corsini D.L.: Diversity of sesquiterpenes in 46 potato cultivars and breeding selections. *J.Agric. Food Chem.*, **43**, 1995, 2267.
- [22] Dias A.I., Duncan H.J.: Residues free and bound maleic hydrazide in potato tubers. *Potato Res.*, **42**, 1999, 89.
- [23] Dimenstein L., Lisker N., Kedar N., Levy D.: Changes in the content of steroidal glycoalkaloids in potato tubers grown in the field and in the greenhouse under different conditions of light, temperature and daylength. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, **50**, 1997, 391.
- [24] Edgell T., Brierley E.R., Coob A.H.: An ultrastructural study bruising in stored potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Ann. Appl. Biol.*, **132**, 1998, 143-150.
- [25] Edward E.J., Coob A.H.: The effect of prior storage on the potential of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) to accumulate glycoalkaloids and chlorophylls during light exposure, including artificial neural network modelling. *J. Sci. Food Agric.*, **79**, 1999, 1289.
- [26] Engel K.H., Blaas W.K., Gabriel B., Beckman M.: Modern biotechnology in plant breeding: analysis of glycoalkaloids in transgenic potatoes. in: ACS symposium 637. Biotechnology for improved foods and flavors (G.R. Takeoka, R. Teranishi, P.J. Williams, A. Kobayashi – edits.), Am. Chemical Soc. Washington 1996, 249.

- [27] Fahloul D., Scanlon M.G.: A fracture mechanics analysis of the texture of potatoes. *J. Texture Stud.*, **27**, 1996, 545.
- [28] Fargasova A.: The effect of the environment and storage on nitrate content in various potato cultivars from two localities. *Biologia (Bratislava)*, **49**, 1994, 917.
- [29] Friedman M.: Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols. A review. *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 1997, 1523.
- [30] Friedman M., Henika P.R., Mackey B.E.: Feeding of potato, tomato and eggplant alkaloids affects food consumption and body and liver weights in mice. *J. Nutr.*, **126**, 1996, 989.
- [31] Friedman M., McDonald G.M.: Potato glycoalkaloids: chemistry, analysis, safety and plant physiology. *Crit. Rev. Plant Sci.*, **16** (1), 1997, 55.
- [32] Friedman M., Molnar-Perl I., Knighton D.R.: Browning prevention in fresh and dehydrated potatoes by SH-containing amino acids. *Food Add. Contam.*, **9**, 1992, 499.
- [33] Friedman M.: Nutritional value of proteins from different food sources. A review. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 1996, 6.
- [34] Friedman M.: Prevention of adverse effects of food browning. w: *Nutritional and Toxicological Consequences of Food Processing* (M. Friedman – ed.), Plenum Press, New York, 1991, 171.
- [35] Garcia-Alonso A., Goni I.: Effect of processing on potato starch: In vitro availability and glycaemic index. *Starch*, **52**, 2000, 81.
- [36] Gąsiorowska B., Ceglarek F., Zarzecka K.: Wpływ preparatu Fazor 80SG na ograniczenie strat podczas przechowywania bulw ziemniaka jadalnego. *Mat. Konf. Nauk. IHAR, Jadwisin 1999*, 195.
- [37] Giannini J.L., Nelson M., Spessard G.O.: The effect of rishitin on potato tonoplast vesicle and vacuole proton transport. *Phytochemistry*, **40**, 1995, 1655.
- [38] Gormley R., Walshe T.: Effect of boiling, warm – holding, mashing and cooling on the levels of enzyme – resistant potato starch. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **34**, 1999, 281.
- [39] Gozia O., Ciopraga J., Bentia T., Lunga M., Zamfirescu I., Tudor R., Roseanu A., Nitu F.: Antifungal properties of lectin and new chitinases from potato tubers. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie*, **316**, 1993, 788.
- [40] Griffiths D.W., Bain H., Dale M.F.B.: Photo induced changes in the total chlorogenic acid content of potato (*Solanum tuberosum*) tubers. *J.Sci. Food Agric.*, **68**, 1995, 105.
- [41] Griffiths D.W., Bain H.: Photo-induced changes in the concentrations of individual chlorogenic acid isomers in potato (*Solanum tuberosum*) tubers and their complexation with ferric ions. *Potato Res.*, **40**, 1997, 307.
- [42] Grzesińska W.Z., Kierebiński C.: Ocena przydatności wybranych odmian w przetwórstwie ziemniaków z uwagi na wartość technologiczną i kulinarną. *Przem. Spoż.*, **44**, 1990, 196.
- [43] Hamouz K., Cepl J., Vokal B., Lachman J.: Influence of locality and way of cultivation on the nitrate and glycoalkaloid content in potato tubers. *Rostl. Vyroba*, **45**, 1999, 495.
- [44] Hamouz K., Lachman J., Vokal B., Pivec V.: Influence of environmental conditions and way of cultivation on the polyphenol and ascorbic acid content in potato tubers. *Rostl. Vyroba*, **45**, 1999, 293.
- [45] Hartmans K.J., Diepenhorst P., Bakker W., Gorris L.G.M.: The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tubers and other plant diseases. *Ind. Crops Prod.*, **4**, 1995, 3.
- [46] Hellenäs K.E., Branzell C., Johnsson H., Slanina P.: Glycoalkaloid content of early potato varieties. *J. Sci. Food Agric.*, **67**, 1995, 125.
- [47] Hertog M.L.A.T.M., Tijssens L.M.M., Hak P.S.: The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: A mathematical model. *Postharvest Biol. Technol.*, **10**, 1997, 67.

- [48] Hildenbrand S., Ninnemann H.: Kinetics of phytoalexin accumulation in potato tubers of different genotypes infected with *Erwinia carotovora ssp. atroseptica*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, **44**, 1994, 335.
- [49] Hill J.M.: Nitrate toxicity: myth or reality. *Brit. J. Nutr.*, **81**, 1999, 343.
- [50] Hlywka J.J., Stephenson G.R., Sears M.K., Yada R.Y.: Effect of insect damage on glycoalkaloid content in potatoes (*Solanum tuberosum*) J. *Agric. Food Chem.*, **42**, 1994, 2545.
- [51] Inui H., Ueyama Y., Shiota N., Ohkawa Y., Ohkawa H.: Herbicide metabolism and cross-tolerance in transgenic potato plants expressing human CYP 1A1. *Pesticide Bioch. Physiol.*, **64**, 1999, 33.
- [52] Jensen K., Petersen M.A., Poll L., Brockhoff P.B.: Influence of variety and growing location on the development of off-flavor in precooked vacuum – packed potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 1999, 1145.
- [53] Jonasson T., Olsson K.: The influence of glycoalkaloids, chlorogenic acid and sugars on the susceptibility of potato tubers to wireworm. *Potato Res.*, **37**, 1994, 205.
- [54] Kingman S., Englyst H.N.: The influence of food preparation methods on the in-vitro digestability of starch in potatoes. *Food Chem.*, **49**, 1994, 181.
- [55] Königer M., Wallnöfer P.R.: Verhalten der Keimhemmungsmittel Propham (IPC) und Chlorpropham (CIPC) in Kartoffeln bei verschiedenen küchentechnischen Massnahmen. *Dtsch. Lebensm. Rdsch.*, **94**, 1998, 229.
- [56] Kozukue N., Tsuchida H., Mizuno S.: Effect of light intensity, duration and photoperiod on chlorophyll and glycoalkaloid production by potato tubers. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*, **62**, 1993, 669.
- [57] Kregar I., Strukelj B.: Proteinase inhibitors offer the possibility of producing disease resistant transgenic potatoes. *Food Technol. Biotechnol.*, **37**, 1999, 39.
- [58] Labuza T.P., Lillemo J.H., Taoukis P.S.: Die Hemmung von Polyphenol-oxidasen durch proteolytische Enzyme. *Flussiges Obst*, **59**, 1992, 15.
- [59] Lapiere C., Pollet B., Negrel J.: The phenolic domain of potato suberin: structural comparison with lignins. *Phytochemistry*, **42**, 1996, 949.
- [60] Leszczyński W., Lisińska G.: Influence of nitrogen fertilization on chemical composition of potato tubers. *Food Chem.*, **28**, 1988, 45.
- [61] Leszczyński W.: Wpływ czynników działających w okresie wegetacji ziemniaka na jego jakość. *Post. Nauk Rol.*, **41** (6). 1994, 55.
- [62] Leszczyński W.: Ziemniak jako produkt spożywczy. *Post. Nauk Rol.*, **41** (1), 1994, 15.
- [63] Lewis C.E., Walker J.R.L., Lancaster J.E., Sutton K.H.: Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. I: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum* L. *J. Sci. Food Agric.* **77**, 1998, 45.
- [64] Lisińska G., Leszczyński W.: *Potato Science and Technology*. Elsevier Applied Science, London and New York, 1989.
- [65] Lugasi A., Almeida D.P., Dworschak E.: Antioxidant and free radical scavenging activity of potato tubers, w: COST 916 – Polyphenol in Food (R.Armado, H. Andersson, S. Bardocz, F. Serra – edits) Luxembourg 1998, 233.
- [66] Lugasi A., Almeida D.P.F., Dworschak E.: Chlorogenic acid content and antioxidant properties of potato tubers as related to nitrogen fertilization. *Acta Alimentaria*, **28**, 1999, 183.
- [67] Lulai E.C., Corsini D.L.: Differential deposition of suberin phenolic and aliphatic domains and their roles in resistance to infection during potato tuber (*Solanum tuberosum* L.) wound-healing. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, **53**, 1998, 209-222.
- [68] Lulai E.C., Morgan W.C.: Histochemical probing of potato periderm with neutral red: a sensitive cytofluorochrome for the hydrophobic domain of suberin. *Biotechnic, Histochemistry*, **67**, 1992, 185.

- [69] Maga J.A.: Potato Flavor. *Food Rev. Int.*, **10**, 1994, 1.
- [70] Mandin O., Duckham S.C., Ames J.M.: Volatile compounds from potato-like model systems. *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 1999, 2355.
- [71] Marin J., Zee J.A., Levallois P., Desrosiers T., Ayotte P., Poirier Y., Pratte L.: Consommation de pommes de terre et leur contribution aux apports alimentaires en nitrates et nitrites. *Sci. Aliments*, **18**, 1998, 163.
- [72] Marle J.T. van, Dijk C. van, Voragen A.G.J., Biekman E.S.A.: Comparison of the cooking behaviour of the potato cultivars Nicola and Irene with respect to pectin breakdown and the transfer of ions. *Potato Res.*, **37**, 1994, 183.
- [73] Marle J.T. van, Stolle-Smits T., Donkers J., Dijk C. van, Voragen A.G.J., Recourt K.: Chemical and microscopic characterization of potato (*Solanum tuberosum* L.) cell walls during cooking. *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 1997, 50.
- [74] McKnight G.M., Duncan C.W., Leifert C., Golden M.H.: Dietary nitrate in man: friend or foe. *Brit. J. Nutr.*, **81**, 1999, 349.
- [75] McLaughlin M.J., Maier N.A., Correl R.L., Smart M.K., Sparrow L.A., McKay A.: Prediction of cadmium concentrations in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) by pre-plant soil and irrigation water analyses. *Aust. J. Soil Res.*, **37**, 1999, 191.
- [76] McLaughlin M.J., Maier N.A., Rayment G.E., Sparrow L.A., Berg G., McKay A., Milham P., Merry R.H., Smart M.K.: Cadmium in Australian potato tubers and soils. *J. Environ. Qual.*, **26**, 1997, 1644.
- [77] McMillan G.P., Hedley D., Fyffe L., Perombelon M.C.M.: Potato resistance to soft-rot erwinias in related to cell wall pectin esterification. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, **42**, 1993, 279.
- [78] Mucharromah L., Burton H.R., Kuć J.: The effect of sterols on phytoalexin, steroid glycoalkaloid, and sterol accumulation in potato tuber disc inoculated with *Phytophthora infestans* or treated with arachidonic acid. *Physiol. Mol. Plant. Pathol.*, **47**, 1995, 13.
- [79] Mutti B., Grosch W.: Potent odorants of boiled potatoes. *Nahrung*, **43**, 1999, 302.
- [80] Nicholson J.W.G., Allen J.G.: The distribution of trypsin and chymotrypsin inhibitors in potato tubers. *Can. J. Anim.*, **69**, 1989, 513.
- [81] Nitithamyong A., Vonelbe J.H., Wheeler R.M., Tibbitts T.: Glycoalkaloids in potato tubers grown under controlled environments. *Amer. J. Potato Res.*, **76**, 1999, 337.
- [82] O'Donoghue E.P., Yada R.Y., Marangoni A.G.: Low temperature sweetening in potato tubers: the role of the amyloplast membrane. *J. Plant. Physiol.*, **145**, 1995, 335.
- [83] Okazaki T., Suzuki K., Maeshige S., Kubota K.: Kinetic studies on softening phenomena of potato during thermal processing. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **38**, 1991, 784.
- [84] Okazaki T., Suzuki K., Maeshige S., Kubota K.: Simulation of potato softening during non-isothermal and isothermal processes. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **39**, 1992, 295.
- [85] Olthof T.H.A., Yu Q.: Reduction of root-lesion nematodes (*Pratylenchus penetrans*) in tuber of potato (*Solanum tuberosum*) during cold storage. *Can. J. Plant Pathol.*, **21**, 1999, 154.
- [86] Oosterhaven K., Hartmans K.J., Scheffer J.J.C.: Inhibition of potato sprout growth by carvone enantiomers and their bioconversion in sprouts. *Potato Res.*, **38**, 1995, 219.
- [87] Oosterhaven K., Poolman B., Smid E.J.: S-carvone as natural potato sprout inhibiting, fungistatic and bacteriostatic compound. *Ind. Crops Prod.* **4**, 1995, 23.
- [88] Orr G.L., Strickland J.A., Walsh T.A.: Inhibition of *Diabrotica* larval growth by a multicystatin from potato tubers. *J. Insect. Physiol.*, **40**, 1994, 893.
- [89] Papathanasiou F., Mitchell S.H., Harvey B.M.R.: Variation in glycoalkaloid concentration of potato tubers harvested from mature plants. *J. Sci. Food Agric.*, **79**, 1999, 32.

- [90] Papathanasiou F., Mitchell S.H., Watson S., Harvey B.M.R.: Effect of environmental stress during tuber development on accumulation of glycoalkaloids in potato (*Solanum tuberosum* L.) J. Sci. Food Agric., **79**, 1999, 1183.
- [91] Percival G., Dixon G.: Glycoalkaloid concentration of potato tubers following continuous illumination. J. Sci. Food Agric., **66**, 1994, 139.
- [92] Percival G., Dixon G.R.: Glycoalkaloid concentration in aerial tubers of potato. J. Sci. Food Agric., **70**, 1996, 439.
- [93] Percival G., Dixon G.R., Sword A.: Glycoalkaloid concentration of potato tubers following exposure to daylight. J. Sci. Food Agric., **71**, 1996, 59.
- [94] Percival G.: Light – induced glycoalkaloid accumulation of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). J. Sci. Food Agric., **79**, 1999, 1305-1310 .
- [95] Percival G.C., Harrison J.A.C., Dixon G.R.: The influence of temperature on light enhanced glycoalkaloid synthesis in potato. Ann. Appl. Biol., **123**, 1993, 141.
- [96] Pereira A. da S., Tai G.L.L., Yada R.Y., Coffin R.H., Souza-Machado V.: Potential for improvement by selection for reducing sugar content after cold storage for three potato populations. Theor. Appl. Genet., **88**, 1994, 678.
- [97] Petersen M.A., Poll L., Larsen L.M.: Identification of compounds contributing to boiled potato off-flavor (“POF”). Lebensm-Wiss. Technol, **32**, 1999, 32.
- [98] Piasecki M., Gumienna M., Gruchała L.: Wpływ naturalnych inhibitorów kiełkowania na jakość i przydatność technologiczną ziemniaków. Mat. Konf. Nauk. IHAR, Jadwisin 1999, 199.
- [99] Poggi V., Pifferi P.G., Bordonì A., Biagi P.: Alimenti vegetali arricchiti con selenio: ila caso della patata. Industrie Alimentari, **38**, 1999, 1107.
- [100] Prange R.K., Kalt W., Daniels-Lake B.J., Liew C.L., Page R.T., Walsh J.R., Dean P., Coffin R.: Using ethylene as a sprout control agent in stored “Russet Burbank” potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci., **123**, 1998, 463.
- [101] Prośba-Białczyk U., Mydlarski M.: Zmiany zawartości pierwiastków śladowych w bulwach ziemniaka pod wpływem nawożenia organicznego i mineralnego. Mat. Konf. Nauk. IHAR, Jadwisin 1999, 35.
- [102] Rayburn J.R., Bantle J.A., Friedman M.: Role of carbohydrate side chains of potato glycoalkaloids in developmental toxicity. J. Agric. Food Chem., **42**, 1994, 1511.
- [103] Rayburn J.R., Friedman M., Bantle J.A.: Synergistic interaction of glycoalkaloids α -chaconine and α -solanine on developmental toxicity in *Xenopus embryos*. Food Chem. Toxic., **33**, 1995, 1013.
- [104] Rembiałkowska E.: Comparison of the contents of nitrates, nitrites, lead, cadmium and vitamin C in potatoes from conventional and ecological farms. Pol. J. Food Nutr. Sci., **8/49** (4), 1999, 17.
- [105] Rodriguez-Saona L.E., Giusti M.M., Wrolstad R.E.: Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes. J. Food Sci., **63**, 1998, 458.
- [106] Sapers G.M., Miller R.: Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. J. Food Sci., **60**, 1995, 762.
- [107] Sikora E., Cieślak E.: Correlation between the levels of nitrates and nitrites and the contents of iron, copper and manganese in potato tubers. Food Chem., **67**, 1999, 301.
- [108] Smith D.B., Roddick J.G., Jones J.L.: Potato glycoalkaloids: some unanswered questions. Trends Food Sci. Technol., **7**, 1996, 126.
- [109] Sorce C., Lorenzi R., Ranalli P.: The effects of S-(+)-carvone treatments on seed potato tuber dormancy and sprouting, Potato Res., **40**, 1997, 155.
- [110] Sotillo D.R. de, Hadley M., Wolf-Hall C.: Potato peel extract a nonmutagenic antioxidant with potential antimicrobial activity. J. Food Sci., **63**, 1998, 907.

- [111] Sowokinos J.R., Thomas C., Burrell M.M.: Pyrophosphorylases in potato. V. Allelic polymorphism of UDP-glucose pyrophosphorylase in potato cultivars and its association with tuber resistance to sweetening in the cold. *Plant Physiol.*, **113**, 1997, 511.
- [112] Stevens L.H., Davelaar E.: Isolation and characterization of blackspot pigments from potato tubers. *Phytochemistry*, **42**, 1996, 941.
- [113] Stevens L.H., Davelaar E., Kolb R.M., Pennings E.J.M., Smit N.P.M.: Tyrosine and cysteine are substrates for blackspot synthesis in potato. *Phytochemistry*, **49**, 1998, 703.
- [114] Strickland J.A., Orr G.L., Walsh T.A.: Inhibition of *Diabrotica* larval growth by patatin, the lipid acyl hydrolase from potato tubers. *Plant Physiol.*, **109**, 1995, 667.
- [115] Tajner-Czopek A., Lisińska G., Kita A., Rytel E.: Zawartość błonnika w ziemniakach a konsystencja frytek. *Mat. Konf. Nauk. IHAR, Jadwisin 1999*, 202.
- [116] Thipyapong P., Hunt M.D., Steffens J.C.: Systemic wound induction of potato (*Solanum tuberosum*) polyphenol oxidase. *Phytochemistry*, **40**, 1995, 673.
- [117] Thybo A.K., Martens M.: Development of sensory texture properties profile of cooked potatoes by multivariate data analysis. *J. Texture Stud.*, **29**, 1998, 453.
- [118] Thybo A.K., Martens M., Lyshede O.B.: Texture and microstructure of steam, cooked, vacuum packed potatoes. *J. Food Sci.*, **63**, 1998, 692.
- [119] Thygesen P.W., Dry I.B., Robinson S.P.: Phenol oxidase in potato. *Plant Physiol.*, **109**, 1995, 525.
- [120] Ulrich D., Hoberg E., Neugebauer W., Tiemann H., Darsow U.: Investigation of the boiled potato flavor by human sensory and instrumental methods. *Amer. J. Potato Res.*, **77**, 2000, 111.
- [121] Ulrich D., Hoberg E., Tiemann H.: The aroma of cooked potatoes. *Beitr. Zuchtungsforschung*, **4** (2), 1998, 204.
- [122] Valkonen J.P.T., Keskitalo M., Vasara T., Pietila L.: Potato glycoalkaloids: a burden or a blessing? *Crit. Rev. Plant Sci.*, **15** (1), 1996, 1.
- [123] Verlingen B.E., Nicolai B.M., Baerdemaeker J. de: The starch gelatinization in potatoes during cooking in relation to the modeling of texture kinetics. *J. Food Engn.*, **24**, 1995, 165.
- [124] Vokou D., Varelzidou S., Katinakis P.: Effect of aromatic plants on potato storage: sprout suppression and antimicrobial activity. *Agricult. Ecosyst., Environ.*, **47**, 1993, 223.
- [125] Wunsch A., Munzert M.: Einfluss von Lagerung und Sorte auf die Verteilung der Glykoalkaloide in Kartoffelknolle. *Potato Res.*, **37**, 1994, 3.
- [126] Yaduraju N.T., Kulshreshtha G., Sharma R.P., Ahuja K.N.: Isoproturon for weed control in potato (*Solanum tuberosum*), and its residue in soil and tubers. *Indian J. Agric. Sci.*, **63**, 1993, 731.
- [127] Yang J., Powers J.R., Boylston T.D., Weller K.M.: Sugars and free amino acids in stored Russet Burbank potatoes treated with CIPC and alternative sprout inhibitors. *J. Food Sci.*, **64**, 1999, 592.
- [128] Zhao J., Camire M.E.: Destruction of potato peel trypsin inhibitor by peeling and extrusion cooking. *J. Food Qual.*, **18**, 1995, 61.
- [129] Zhou D., Solomos T.: Effect of hypoxia on sugar accumulation, respiration, activities of amylase and starch phosphorylase and induction of alternative oxidase and acid invertase during storage of potato tubers (*Solanum tuberosum* c.v. Russet Burbank) at 1°C. *Physiol. Plant*, **104**, 1998, 255.
- [130] Zhou D., Solomos T., Imaseki H., Mattoo A. K.: Low temperature storage induces acid invertase in potato tubers (*Solanum tuberosum*). *J. Plant Physiol.*, **154**, 1999, 346.

THE QUALITY OF TABLE POTATO

Summary

The table potato shall respond definite quality requirements. It must have suitable sensory properties, like taste, flavour, colour and consistence with the low tendency to enzymatic and chemical discoloration. It shall have suitable nutrition value (vitamin C, protein, mineral compounds, not too high energy value) and not contain or contain very little toxic and injurious substances (glycoalkaloids, nitrates, heavy metals, pesticides). It can't be struck by diseases and have quality defects (hollow hearts, black spots et.). It shall have regular shape with not deep eyes. It shall be suitable for long storage without high quantity losses and quality changes. ✕