

REVIEW

Antioxidační komplex bioflavonoidů a kyseliny askorbové v jablkách (*Malus pumila* Mill.)

JAROMÍR LACHMAN, MATYÁŠ ORSÁK, VLADIMÍR PIVEC

*Czech University of Agriculture, Faculty of Agronomy – Department of Chemistry,
Prague-Suchbát, Czech Republic*

Abstract

LACHMAN J., ORSÁK M., PIVEC V. (2000): **Antioxidant complex of bioflavonoids and ascorbic acid in apples** (*Malus pumila* Mill.). Czech J. Food Sci., 18: 153–158.

In this review article it is given an information about the composition of flavonoid complex of apples (*Malus pumila* Mill.). It is discussed the influence of extrinsic and intrinsic factors on polyphenolic antioxidant content (varietal differences, influence of locality, year, maturity, pre-harvest treatment, storage, technological ways of processing) and the relation between the polyphenol content and the resistance of apple varieties. During storage there is an apparent decrease of both ascorbic acid and polyphenols. Contents of anthocyanins and chalcones are in positive correlation with resistance of apple trees to low and variable temperatures. During maturation of apple fruits synthesis and accumulation of polyphenols, esp. anthocyanins, and ascorbic acid was determined. Meanwhile polyphenols are substrates of polyphenol oxidases in the process of enzymic browning, ascorbic acid is a natural inhibitor of this browning deterioration. Process of enzymic browning of apple fruits and juices could be inhibited with ascorbic and citric acid addition to apple products. Polyphenol content could be influenced by pre-harvest and technological procedures.

Key words: apples; flavonoid antioxidants; flavonols; anthocyanins; chalcones; phenolcarboxylic acids; ascorbic acid; varietal differences; influence of year; influence of maturity; changes during storage

Souhrn

LACHMAN J., ORSÁK M., PIVEC V. (2000): **Antioxidační komplex bioflavonoidů a kyseliny askorbové v jablkách** (*Malus pumila* Mill.). Czech J. Food Sci., 18: 153–158.

Souhrnný článek informuje o složení flavonoidního komplexu jablek (*Malus pumila* Mill.). Je zde diskutován vliv vnějších i vnitřních faktorů na obsah polyfenolických antioxidantů (odrůdové rozdíly, vliv lokality, ročníku, zralosti, předsklizňové úpravy, skladovacích podmínek, způsobu zpracování) a souvislost mezi obsahem polyfenolů a rezistencí odrůdy. Při skladování jablek dochází k úbytku obsahu kyseliny askorbové i polyfenolických sloučenin. Obsah antokyanů a chalkonů je v pozitivní korelaci k mrazuvzdornosti. Během zrání plodů dochází k syntéze a akumulaci polyfenolů, zvláště anthokyanů a kyseliny askorbové. Zatímco polyfenoly jsou substráty polyfenoloxidas v procesu enzymového hnědnutí, kyselina askorbová je přirozeným inhibitorem tohoto hnědnutí. Proces hnědnutí lze inhibovat přidávkou kyseliny askorbové a citronové do jablečných produktů. Obsah polyfenolů lze ovlivnit předsklizňovými i technologickými úpravami.

Klíčová slova: jablko; flavonoidní antioxidanty; flavonoly; antokyaniny; chalkony; fenolkarboxylové kyseliny; kyselina askorbová; odrůdové rozdíly; vliv ročníku; vliv zralosti; změny při skladování

Flavonoidy (P-vitamin > 5000) jsou deriváty difenylpropanu a sekundární metabolity, které jsou obsaženy v potravinách rostlinného původu a jsou důležitými konstituenty lidské výživy. První flavonoidy identifikoval v roce 1936 Albert Szent-Györgyi, který získal Nobelovu cenu za objev vitamínu C. Zájem o flavonoidy v lidské výživě vyvolala jejich potenciální role v prevenci rakoviny. Flavonoidy jsou silné antioxidanty a zachytávače (scavengers) volných radikálů, které se podílejí na poškození buněk a tvorbě nádorů. Volné radikály mohou atakovat biomolekuly (lipidy, bílkoviny, DNA) nebo jejich biomembrány, čemuž brání antioxidanty. Za antioxidanty se považují všechny látky, které vykazují při pH = 7 negativnější potenciál než +0,816 (redoxpotenciál O_2). Molekula antioxidantu musí reagovat s volnými radikály rychleji než volné radikály reagují s lipidem a produkty reakce s volnými radikály nesmí být pro-oxidanty. Přírodní antioxidanty nesmí způsobovat ztrátu chuti nebo barvy, musí být netoxické a rozpustné v lipidech. Protizánětlivé účinky a likvidace volných radikálů jsou ve velmi úzké korelaci ($r=0,992$). V současné době jsou flavonoidy zařazovány pod pojmy nutraceutikálie, fytonutrienty, fytopotraviny nebo funkční potraviny.

Obvykle jsou zastoupeny jako O-glykosidy s cukry vázanými převážně v poloze C_3 . Flavonoidy vykazují řadu biochemických a farmakologických účinků, především účinky protizánětlivé a antialergické. Antioxidanty flavonoidního charakteru (např. kvercetin) inhibují oxidaci a cytotoxicitu „low-density“ lipoproteinů a snižují tak jejich aterogenicitu a následující riziko koronárních srdečních onemocnění, krevní srážlivost ovládním prostaglandinu aj. Antokyany inhibují enzymy, které degradují kolagen a podporují existující struktury kolagenu. Také vitamin C hraje důležitou roli při syntéze kolagenu a snižuje kapilární permeabilitu.

Flavonoidy tvoří především antokyanidiny, flavonoly, flavony, katechiny a flavanony. Důležitými zdroji flavonoidů v lidské výživě jsou zelenina, ovoce a nápoje (tvoří přinejmenším 25–30 % celkového denního příjmu flavonoidů). Denní příjem celkových flavonoidů je odhadován až na 1 g denně. Hlavními flavonoly v lidské výživě jsou kvercetin, kempferol a myricetin, z flavonů to jsou luteolin a apigenin, které se nejvíce podílejí na antikancerogenicitě potravin rostlinného původu.

Průměrný denní příjem flavonoidů představuje asi 23 mg, v dietě Američanů je odhadován až na 1000 mg, z toho nejvíce zastoupeným flavonoidem je flavonol kvercetin (16 mg/den). Na základě denní dávky v mg lze konstatovat, že příjem flavonoidů antioxidantního charakteru převyšuje příjem antioxidantů β -karotenu a vitamínu E a synergicky zvyšuje účinek vitaminů C a E.

Flavonoidy jsou přítomny především ve vakuolách, zatímco radikály a aktivní sloučeniny kyslíku (hydroxylové radikály $\cdot OH$, peroxid vodíku H_2O_2 , radikál superoxidového, tj. hyperoxidového aniontu $O_2^{\cdot -}$ radikál atomu kyslíku $\cdot O$, resp. kyslíkový radikálový anion $O^{\cdot -}$) díky

fotosyntetickému transportu elektronů v chloroplastech. H_2O_2 však může difundovat přes membrány a reakcí s molekulou flavonoidu vytvářet flavonoidní fenoxyllový radikál, který reaguje s kyselinou askorbovou na radikál monodehydroaskorbové kyseliny, který se cytosolickou dehydroaskorbátreduktasou přeměňuje zpět na kyselinu askorbovou. Flavonoidy také redukují volné radikály oxidu dusnatého. Flavonoidy obsažené v cytoplazmě, vodném podílu buňky, jsou tak součástí sítě antioxidantů (antioxidant network), která zahrnuje kyselinu α -lipoovou, flavonoidy a kyselinu askorbovou ve vakuolách a vitamin E – tokoferol v buněčných stěnách, glutathion v cytoplazmě, β -karoten a další.

Fenolické sloučeniny jsou účinnými antioxidanty, neboť mají schopnost likvidovat volné radikály mastných kyselin jako donory vodíkových atomů, přičemž se samy stávají volnými radikály. Fenolické radikály jsou mnohem stabilnější než ostatní radikálové intermediáty díky rezonanci a tak nevyvolávají oxidaci lipidů. Mnohé flavonoidy jsou schopné vázat kovové ionty, což zamezuje působení těchto iontů jako katalyzátorů, které zvyšují počet volných radikálů. Některé flavonoidy jsou schopny regulovat aktivitu antioxidantních enzymů superoxid dismutasy (SOD) a glutathion peroxidasy (GPX). Jako zachytávače volných radikálů jsou proanthokyanidiny 50krát účinnější než vitamin E a 20krát než vitamin C. Nejúčinnější skupinu přírodních antioxidantů při koncentraci 0,01 % představují polyfenoly (RAMANATHAN, DAS 1993). Jejich účinnost klesá v pořadí: kyselina ellagová > kyselina taninová > myricetin > kvercetin.

Antioxidanty jablek

Význam flavonoidních látek jablek na zdraví člověka vyplývá z jejich zastoupení jako zdroje těchto látek ve výživě člověka (tab. 1) a vlivu na snížení rizika koronárního onemocnění (tab. 2). WANG *et al.* (1996) sledovali antioxidantní aktivitu 12 druhů ovoce a 5 vzorků obchodních šťáv na základě automatizovaného měření absorbanční kapacity radikálového kyslíku (ORAC assay). Jablka jsou velmi bohatá na antioxidanty jak na základě čerstvé hmoty, kde byla získána řada jahody > švestky > pomeranče > červené hrozny > kiwi > červené grapefruity > bílé hrozny > banány > jablka > rajčata, tak i na základě sušiny, kde byla získána řada jahody > švestky > pomeranče > červené grapefruity > rajčata > kiwi > červené hrozny > bílé hrozny > jablka > cukrové melouny. Podstatně větší podíl antioxidantní aktivity zůstává ve šťávě, tj. více než 90 % celkové aktivity. Z hlediska hodnocení ovocných šťáv byla získána řada: hroznová šťáva > grapefruitová šťáva > rajská šťáva > pomerančová šťáva > jablečná šťáva.

Flavonoidy jablek

Polyfenolický komplex jablek (obr. 1) zahrnuje glykosidy flavonolů kempferolu – astragalin, tj. 3-O-glukosid kempferolu (HEGNAUER 1973), kvercetinu – kvercitrin (3-O-rhamnosid kvercetinu), isokvercitrin, hyperosid (3-

Tab.1. Hlavní zdroje konzumace polyfenolických antioxidantů v Nizozemsku (HERTOG *et al.* 1992, 1993)

| | Celkový příjem [%] | Obsah polyfenolů [mg/kg] | Obsah kyseliny askorbové [mg/kg] (USDA Rel. 12 1998) |
|---------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 1. čaj | 48,1 | 250 000 | 0 |
| 2. cibule | 28,9 | 284–486Q | 64 |
| 3. jablka | 7,1 | 95–100 A, 21–72Q | 57 |
| 4. kapusta | 3,6 | 110Q, 211K | 1200 |
| 5. fazole | 2,9 | 32–45Q, 15–91K | 12 |
| 6. čekanka | 2,2 | < 1,3Q, 46 ± 42K | 240 |
| 7. červené víno | 0,9 | 1 800–4,059 [mg/l] | 0 |
| 8. jablečná šťáva | 0,7 | 28,85–115,49 [mg/l] | 17–416 obohacená |
| 9. pomeranče, šťáva | 0,6 | 3,4Q, < 0,5K [mg/l] | 532 |
| 10. pórek | 0,5 | < 1Q, 30 ± 23K | 120 |
| | Σ 95,5 | | |

Tab.2. Hlavní dietní zdroje flavonoidů ve Finsku (KNEKT *et al.* 1996)

| Zdroj polyfenolů | Populace | Riziko* |
|------------------|----------|------------------|
| Jablka | ženy | 0,57 (0,36–0,91) |
| | muži | 0,81 (0,61–1,09) |
| Cibule | ženy | 0,50 (0,30–0,82) |
| | muži | 0,74 (0,53–1,02) |

*Relativní riziko koronárního onemocnění u nejvyššího a nejnižšího příjmu

O-galaktosid kvercetinů, 3-O-xylosid kvercetinů, avicularin (3-O-arabinosid kvercetinů) a rutin (HENKE 1963). Dalším flavonoidním typem jsou flavanony, především naringin (7-O-rhamnoglukosid naringeninů), který má nahořklou příchut' a může probíhat jeho konverze na dihydrochalcon floretin a 7-O-glukosid eriodiktyolu. V polyfenolickém komplexu je zastoupená i chlorogenová kyselina. Jako hlavní červené barvivo jablek byl prokázán 3-O-galaktosid kyanidinu (SWAIN 1962). MAZZA a VELIOGLU (1992) stanovili 95–100 mg antokyanů v 1 kg jablek červenomasých odrůdy Scugog. Nejvíce zastoupenou látkou byla kyselina chlorogenová, z antokyanů 3-O-galaktosid kyanidinu > 3-O-glukosid kyanidinu > 3-O-arabinosid kyanidinu > 3-O-xylosid kyanidinu. HERTOG *et al.* (1992) stanovili v závislosti na odrůdě obsah kvercetinů u jablek v rozmezí 21–72 mg/kg. SPANOSA a WROLSTADT (1992) uvádějí pro jablka jako typické i leukoanthokyanidiny. Typický pro jablečnou šťávu je dihydrochalcon floridzin (FERNANDEZ DE SIMON *et al.* 1992) v souvislosti s charakterizací pravosti jablečné šťávy. DELAGE *et al.* (1991) prokázali v jablečné šťávě kyselinu chlorogenovou, *p*-kumarovou, protokatechovou, (+)-katechin, (–)-epikatechin, floridzin (glukosid floretinu) a di-, tri- a tetramerní prokyanidiny. PIERZYŃOWSKA-KORNIÁK *et al.* (1993) zjistili u jablečných koncentrátů z raných, středně a pozdně

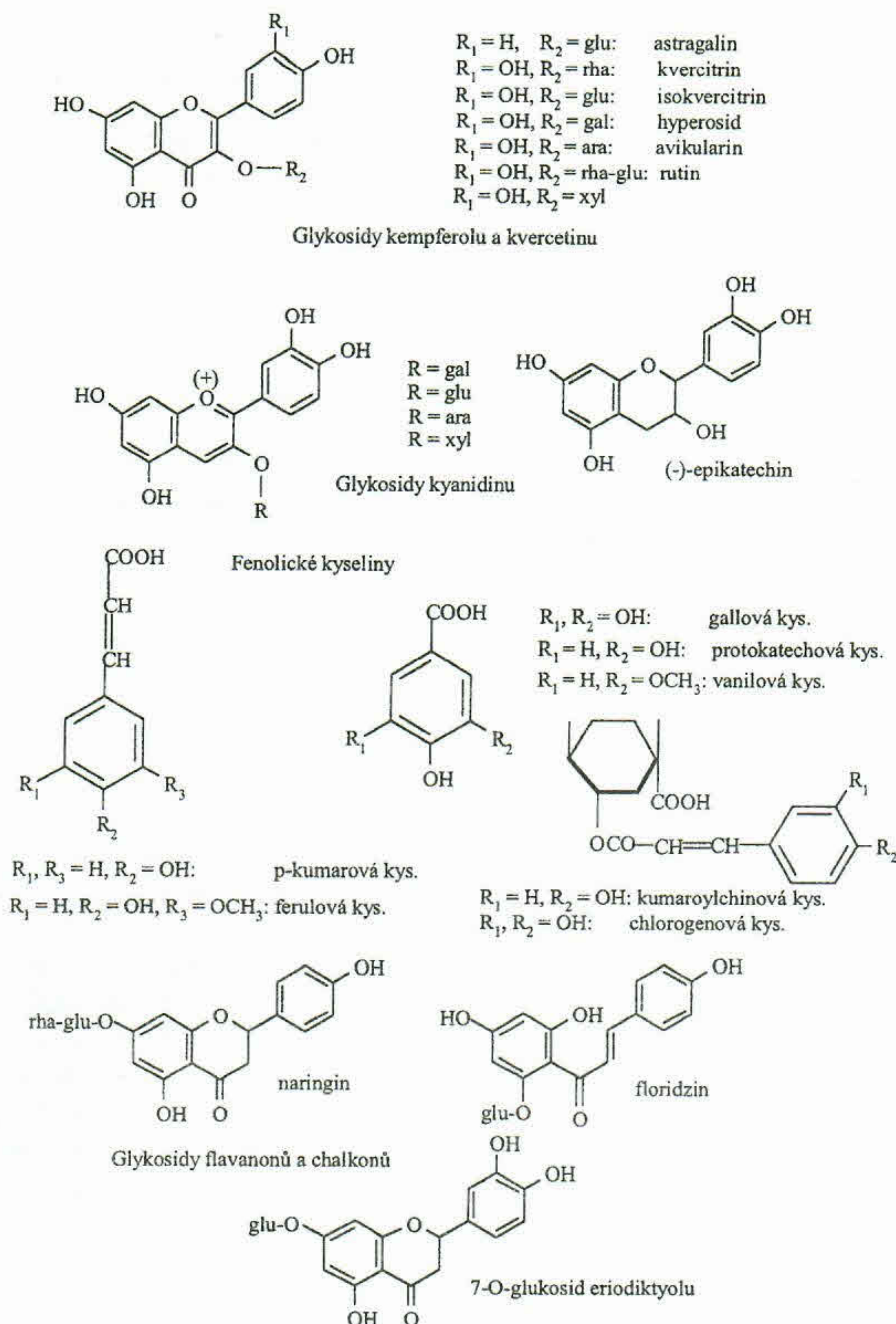
dozrávajících odrůd největší množství polyfenolů u odrůd v koncentrátech z raných odrůd. Nejvíce byly zastoupeny kyseliny *o*-kumarová, vanilová a *p*-hydroxyfenyloctová. Spolu s polyfenolickými látkami je důležitou součástí antioxidačního komplexu jablek také kyselina askorbová, která v antioxidačním působení přímo navazuje na polyfenolický komplex. FRAGNER *et al.* (1961) uvádějí obsah kyseliny askorbové ve 100 g jablek 1,8–6,4 mg, jablečného kompotu 1,0 mg a sušených jablek 12,0 mg. Kyselina askorbová a organické kyseliny mají též synergický účinek v diskoloraci ovoce (USAMI, CHIBA 1994). BEHRENS a MADERE (1994) našli v jablečných šťávách jako dominantní formu kyselinu askorbovou, pouze v menším zastoupení byla přítomna forma kyseliny isoaskorbové a oxidované formy – kyselina dehydroaskorbová a dehydroisoaskorbová.

Antioxidační účinky kyseliny askorbové potvrzují ALMEIDA a NOGUEIRA (1995), kteří ke snížení aktivity polyfenoloxidas používají kombinace kyseliny askorbové s kyselinou citronovou, resp. EDTA. K podobným výsledkům dospěli AUBERT *et al.* (1992).

Vliv některých faktorů na obsah flavonoidů jablek

Obsah flavonoidů i kyseliny askorbové v jablkách ovlivňuje řada faktorů, jako je např. stupeň zralosti, odrůda, klimatické podmínky, ročník, podmínky skladování a technologického zpracování.

Jak zjistili LISTER *et al.* (1994), flavonoidní zastoupení u jablek zelené odrůdy Granny Smith a červené odrůdy Splendour bylo velmi podobné s nejvíce zastoupenými glykosidy kvercetinů a proantokyanidinů. Avšak u červené odrůdy během dozrávání dochází k syntéze glykosidů kyanidinu (až 1 mg na 1 g čerstvé hmoty). MAHAJAN (1994) a BARDEN a BRAMLAGE (1994b) shodně uvádějí, že obsah celkových polyfenolů a dalších ve vodě rozpustných antioxidantů se v průběhu skladovacího procesu snižuje, zatímco obsah antioxidantů rozpustných v tucích se zvy-



Obr. 1. Glykosidy flavonů a chalconů

šuje. I během vývoje plodu dochází k biosyntetickým přeměnám, např. k posunu od monomerních na oligomerní struktury vedoucí k tvorbě prokyanidinů na konci růstové periody. Stejně se během skladování snižuje i obsah kyseliny askorbové (BARDEN, BRAMLAGE 1994a). MAYR *et al.* (1995) prokázali strukturu trimeru epikatechin – (4β,6)-epikatechin – (4β,6)-epikatechin (E-B5). BAE a LEE (1994) zjistili, že k syntéze antokyanů začíná docházet v intervalu 60–90 dní po antezi a indukci zbarvení ovlivňuje ozáření světlem, jehož účinnost klesá v řadě modré světlo > bílé světlo > červené světlo.

LIU a HWANG (1991) našli nejvyšší obsahy kyseliny askorbové ve zralých plodech, zatímco plody nedozrálé nebo přezrálé jí obsahují méně. Je zde pozitivní chuťová korelace s obsahem kyseliny askorbové.

Vliv skladování

Na obsah kyseliny chlorogenové v jablečné šťávě má vliv i technologie zpracování, např. termické zpracování

(CHEN *et al.* 1993). MILLER *et al.* (1995) použili celkovou antioxidační aktivitu jako marker zkažení jablečné šťávy v průběhu skladování. Zjistili, že aktivita kyseliny askorbové představovala pouze malou část celkové antioxidační aktivity „dlouhodobé“ jablečné šťávy (cca 1 %), zatímco kyselina chlorogenová a glykosidy floretinu byly podstatně účinnějšími složkami (cca 32 a 11 %).

ARAKAWA (1991) u různých odrůd jablek (Jonathan, Fuji, Jonagold a Tsugaru) zjistil, že změny v obsahu antokyanů během zrání jsou závislé na teplotě, odrůdě a balení. Tak např. u odrůdy Jonathan byla optimální teplota pro akumulaci antokyanů u nebalených jablek od 15 do 25 °C a u balených od 20 do 25 °C. U odrůd Tsugaru a Fuji byly tyto hodnoty nižší (15–20 °C a 20 °C), u odrůdy Jonagold byla tato hodnota nejnižší.

Za podmínek skladování byly polyfenolické antioxidanty stabilní a obsah kyseliny askorbové klesal. Tyto látky se však také podílejí na náchylnosti k enzymovému hnědnutí. AMIOT *et al.* (1992a, b) zjistili, že faktory ovlivňující

mi enzymové hnědnutí jsou obsah kyseliny chlorogenové a flavanolů. Degradační rychlost katechinu byla zvýšena působením kyseliny chlorogenové a následnými vzájemnými oxidačními reakcemi. Významná byla relativní rovnováha obsahu hydroxykyselinových derivátů a flavanolů. KERMASHA *et al.* (1995) stanovili pomocí HPLC obsah celkových polyfenolů v jablečných šťávách v rozmezí 28,85–115,49 mg/l. Dominantně byly zastoupeny kyseliny chlorogenová, kumaroylchinová a floridzin, minoritně kyseliny kávová, *p*-kumarová, ferulová, gallová, protokatechová a katechin.

PIRETTI *et al.* (1996) u jablek odrůdy Granny Smith zjistili, že polyfenolické látky hrají podstatnou roli při poškození plodů. Dochází k úbytku glykosidů kvercetinů a jejich přeměně na flavan-3,4-dioly, které se oxidačně polymerují na oligomerní až polymerní proantokyanidiny.

Obsah některých polyfenolických látek, např. antokyanů, je ovlivněn před sklizňovou aplikací látek D-galaktosy (0,25 M), D-glukosy (0,25 M), kinetinu (10^{-6} M) nebo Ethephonu (100–600 ppm) na plody a listy jabloní (BAE, LEE 1995).

Obsah polyfenolů a rezistence odrůd jabloní

Často jsou dávány do korelace obsah polyfenolických sloučenin a náchylnost k hnědnutí jablek a také vůči různým chorobám. GOUPY *et al.* (1995) poukazují na význam rovnováhy mezi jednotlivými skupinami polyfenolických látek a intenzitou hnědnutí. Naproti tomu PICINELLI *et al.* (1995a) neprokázali korelaci mezi obsahem floridzinu, floretinu a flavonoly v listech jabloní a náchylností či rezistencí odrůd vůči strupovitosti. Přesto PICINELLI *et al.* (1995b) mohli v mladších stadiích vývoje rozlišit senzitivní a rezistentní odrůdy na základě obsahu flavanolů a poměru floridzinu k flavanolu. U rezistentních odrůd byly nalezeny vyšší hladiny derivátů kyseliny *p*-kumarové. SOLOVE'VA (1992) uvádí pozitivní korelaci mezi obsahem anthokyanů a chalkonů ve výhoncích jabloní a jejich mrazuvzdorností.

RITTER *et al.* (1992) používají k eliminaci prokyanidinů, kyseliny chlorogenové, katechinu a epikatechinu přísadu mikrobiální laktasy. Zatímco u těchto látek docházelo ke snížení jejich obsahu, obsah derivátů kyseliny kumarové a glykosidů floretinu zůstávaly relativně konstantní. Zabránění hnědnutí se snaží autoři různými technologickými postupy, např. NICOLI *et al.* (1994) namočením nakrájených jablek do roztoku etanolu nebo cysteinu a zabalením do ochranné atmosféry. PIZZOCARO *et al.* (1993) dosáhli nejlepších inhibičních účinků na hnědnutí jablek namočením kousků jablek do směsného roztoku kyseliny askorbové a citrónové a kyseliny askorbové a chloridu sodného.

Literatura

ALMEIDA M. E. M., NOGUEIRA J. N. (1995): The control of polyphenol oxidase activity in fruits and vegetables. A study of the interactions between the chemical compounds used and heat treatment. *Plant Foods Hum. Nutr.*, **47**: 245–256.

- AMIOT M. J., TACCHINI M., AUBERT S., NICOLAS J. (1992a): Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *J. Food Sci.*, **57**: 958–962.
- AMIOT M. J., AUBERT S., NICOLAS J., GOUPY P., APARICIO P. (1992b): Phenolic composition and browning susceptibility of various apple and pear cultivars at maturity. *Bull. Liaison, Groupe Polyphenols*, **16**: 48–51.
- ARAKAWA O. (1991): Effect of temperature on anthocyanin accumulation in apple fruit as affected by cultivar, stage of fruit ripening and bagging. *J. Hortic. Sci.*, **66**: 763–768.
- AUBERT S., AMIOT M. J., BARTHOLIN G., TACCHINI M., NICOLAS J. (1992): Anthocyanin stability of apple purees. *Bull. Liaison, Groupe Polyphenols*, **16**: 52–55.
- BAE R. N., LEE S. K. (1994): Effects of some preharvest treatments on the anthocyanin synthesis and quality in Fuji apple. *Han'guk Wonye Hakhoechi*, **35**: 599–609.
- BAE R. N., LEE S. K. (1995): Effects of some treatments on the anthocyanin synthesis and quality during maturation in Fuji apple. *Han'guk Wonye Hakhoechi*, **36**: 655–661.
- BARDEN C. L., BRAMLAGE W. J. (1994a): Accumulation of antioxidants in apple peel as related to preharvest factors and superficial scald susceptibility of the fruit. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, **119**: 264–269.
- BARDEN C. L., BRAMLAGE W. J. (1994b): Relationship of antioxidants in apple peel to changes in α -farnesene and conjugated trienes during storage, and to superficial scald development after storage. *Postharvest Biol. Technol.*, **4**: 23–33.
- BEHRENS W. A., MADERE R. (1994): Ascorbic acid, isoascorbic acids, dehydroascorbic acid, and dehydroisoascorbic acid in selected food products. *J. Food Compos. Anal.*, **7**: 158–170.
- DELAGE E., BOHUON G., BARON A., DRILLEAU J. F. (1991): High-performance liquid chromatography of the phenolic compounds in the juice of some French cider apple varieties. *J. Chromatogr.*, **555**: 125–136.
- FERNANDEZ DE SIMON B., PEREZ-ILZARBE J., HERNANDEZ T., GOMEZ-CORDOVES C., ESTRELLA I. (1992): Importance of phenolic compounds for the characterization of fruit juices. *J. Agr. Food Chem.*, **40**: 1531–1535.
- FRAGNER J. *et al.* (1961): Vitaminy, jejich chemie a biochemie. Praha, ČSAV: 735–737.
- GOUPY P., AMIOT M. J., AUBERT S., NICOLAS J. (1995): Apple phenolic compounds and enzymic oxidation in model solutions by apple polyphenol oxidase. *Colloq., Inst. Natl. Rech. Agron.*, **69** (Polyphenols 94): 184–189.
- HEGNAUER R. (1973): *Chemotaxonomie der Pflanzen*. Bd. 6. Dicotyledoneae: Rafflesiaceae, Zygophyllaceae. Birkhäuser Verlag, Basel-Stuttgart.
- HENKE M. (1963): Phytochemische-systematische Untersuchung über die Flavonoide der Gattung *Malus*. *Flora*, **153**: 358.
- HERTOG M. G. L., HOLLMAN P. C. H., KATAN M. B. (1992): Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *J. Agr. Food Chem.*, **40**: 2379–2383.
- HERTOG M. G. L., HOLLMAN P. C. H., KATAN M. B., KROMHOUT D. (1993): Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in the Netherlands. *Nutr. Cancer*, **20**: 21–29.

- CHEN CH. CH., LIN S. S., YUO S. H., CHEN CH. CH. (1993): Changes of phenolic compounds in aseptically packed reconstituted red grape juice and clarified apple juice during thermal processing and storage. *Shipin Kexue (Taipei)*, **20**: 381–393.
- KERMASHA S., GOETGHEBEUR M., DUMONT J., COUTURE R. (1995): Analyses of phenolic and furfural compounds in concentrated and non-concentrated apple juices. *Food Res. Int.*, **28**: 245–252.
- KNEKT P., JARVINEN R., REUNANEN A., MAATELA J. (1996): Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: A cohort study. *Br. Med. J.*, **312**: 478–481.
- LISTER C. E., LANCASTER J. E., SUTTON K. H., WALKER J. R. L. (1994): Developmental changes in the concentration and composition of flavonoids in skin of a red and a green apple cultivar. *J. Sci. Food Agr.*, **64**: 155–161.
- LIU H. I., HWANG I. H. (1991): The ascorbic acid contents of fruits of Taiwan. *Zhonghua Nongye Yanjiu*, **40**: 280–290.
- MAHAJAN B. V. C. (1994): Biochemical and enzymic changes in apple during cold storage. *J. Food Sci. Technol.*, **31**: 142–144.
- MAYR U., TREUTTER D., SANTOS-BUELGA C., BAUER H., FEUCHT W. (1995): Developmental changes in the polyphenol concentrations of Golden delicious apple fruits and leaves. *Phytochemistry*, **38**: 1151–1155.
- MAZZA G., VELIOGLU Y. S. (1992): Anthocyanins and other phenolic compounds in fruits of red-flesh apples. *Food Chem.*, **43**: 113–117.
- MILLER N. J., DIPLOCK A. T., RICE-EVANS C. A. (1995): Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *J. Agr. Food Chem.*, **43**: 1794–1801.
- NICOLI M. C., ANESE M., SEVERINI C. (1994): Combined effects in preventing enzymic browning reactions in minimally processed fruit. *J. Food Qual.*, **17**: 221–229.
- PICINELLI A., DAPENA E., MANGAS J. (1995a): Polyphenolic pattern in apple tree leaves in relation to scab resistance. A preliminary study. *J. Agr. Food Chem.*, **43**: 2273–2278.
- PICINELLI A., DAPENA E., MANGAS J. (1995b): HPLC analysis of polyphenols in apple tree leaves. *Colloq. Inst. Natl. Rech. Agron.*, **69** (Polyphenols 94): 315–316.
- PIERZYNOWSKA-KORNIK G., ZADERNOWSKI R., MARKIEWICZ K. (1993): Variation of the contents of polyphenols and metals in production of apple juice concentrates. *Przem. Ferment. Owocowo-Warzywny*, **37**: 20–22.
- PIRETTI M. V., GALLERANI G., BRODNIK U. (1996): Polyphenol polymerization involvement in apple superficial scald. *Post Biol. Technol.*, **8**: 11–18.
- PIZZOCARO F., TORREGGIANI D., GILARDI G. (1993): Inhibition of apple polyphenol oxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *J. Food Process. Preserv.*, **17**: 21–30.
- RAMANATHAN L., DAS N. P. (1993): Natural products inhibit oxidative rancidity in salted cooked ground fish. *J. Food Sci.*, **58**: 318–320, 360.
- RITTER G., MAIER G., SCHÖPPLEIN E., DIETRICH H. (1992): The application of polyphenoloxidase in the processing of apple juice. *Bull. Liaison – Groupe Polyphenols*, **16**: 209–212.
- SOLOV'eva M. A. (1992): Biosynthesis of anthocyanins in relation to the activity of growth processes, waterlogging, and resistance of fruit plants to low and variable temperatures. *Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast.*, **24**: 376–383.
- SPANOSA G. A., WROLSTAD R. E. (1992): Phenolics of apple, pear, and white grape juices and their changes with processing and storage. A review. *J. Agr. Food Chem.*, **40**: 1478–1487.
- SWAIN T. (1962): Economic importance of flavonoid compounds: foodstuffs. In: GEISSMAN T. A. (Ed.): *The Chemistry of Flavonoid Compounds*. Oxford, N.Y., London, Paris: 513–552.
- USAMI A., CHIBA K. (1994): Ascorbic acid and organic acids for prevention of discoloration of fruits and vegetables. *Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 06,181,684 [94, 181, 684]* (Cl. A23B7/154), Jul 1994, Appl. 92/119, 819, 13 Apr 1992: 5.
- USDA Nutrient Database for Standard Reference (1998): Release 12.
- WANG H., CAO G., PRIOR R. L. (1996): Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agr. Food Chem.*, **44**: 701–705.

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. JAROMÍR LACHMAN, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, Agronomická fakulta, Katedra chemie, 165 21 Praha 6-Suchbát, tel.: + 420 2 24 38 27 20, fax: + 420 2 20 92 16 48, e-mail: lachman@af.czu.cz
