

Řízení metabolismu sklizených plodin během chladírenského skladování

K. KOPEC

Ústav ovocnické a zeleninářské technologie
Vysoké školy zemědělské v Brně, Lednice na Moravě

Základem uchování neúdržných plodin je hemibióza, kdy od organismu oddělená, ale stále ještě živá rostlinná tkáň je chráněna před rozkladem vlastními i mikrobními enzymy tím, že se v ní udržuje normální stav dynamické rovnováhy metabolismu. V tomto stavu vstupují složky živé hmoty neustále do chemických reakcí, spojených mezi sebou v řetězce. Koncentrace jednotlivých složek systému se při tom podstatně nemění, protože rychlost jejich spotřeby je shodná s rychlostí jejich tvorby.

Zásah do tohoto řetězu vede buď k vytvoření nového rovnovážného stavu, nebo k rozpadu celého řetězu. Cílem opatření při skladování sklizených plodin je snížit rychlost všech reakcí, aniž se poruší rovnovážný stav. Znamená to tedy, že jednotlivé zákroky při skladování mají vést k vytvoření takového stacionárního stavu, jehož reakce mají minimální rychlost. Někdy však může vést opatření při skladování k přerušení řetězce reakcí v některém místě a koncentrace meziplodin enormně vzrůstá.

Většina známých opatření, jimiž se během skladování ovlivňuje metabolismus uložených plodin (působení chladu, regulace atmosféry, použití záření, chemických látek aj.) snižují aktivitu některých skupin enzymů, katalyzujících jednotlivé reakce metabolismu. Po zásahu se vytvoří nový rovnovážný stav.

Ukazatelé uchovatelnosti plodin

U sklizených plodin je důležitým ukazatelem v průběhu metabolismu dýchání a respirační kvocient, poměr vydýchaného kyslíčnicku uhličitého ke spotřebovanému kyslíku, který se zpravidla pohybuje kolem 1 a za nenormálních situací vzrůstá. Anaerobní fáze dýchání může převládnout během uložení plodin např. při nedostatečné aeraci, v poškozených plodinách, za příliš nízkých teplot a také během klimakteria plodů.

I když souhrn všech metabolických reakcí je ve skladovaných plodinách velmi mnohostranný, hraje při praktickém posuzování průběhu dýchání rozhodující úlohu množství vydýchaného CO_2 . Vztahujeme-li toto množství — pokládáme za hlavního určujícího činitele probíhajících změn — na časovou jednotku z, docházíme k pojmu reakční rychlosti, v tomto případě k intenzitě dýchání R:

$$R = \frac{CO_2}{z} \quad (1)$$

Intenzita dýchání charakterizuje řadu změn a procesů, které probíhají v uložených plodinách. Tak např. udává rychlost poklesu obsahu sušiny, rychlost výdeje tepla aj.

Intenzita dýchání je také jedním z důležitých vnitřních činitelů uchovatelnosti sklizených plodin. Závislost doby uchovatelnosti z plodin na intenzitě dýchání R lze formulovat vztahem

$$\log R = q - k \cdot \log z, \quad (2)$$

kde k a q jsou konstanty, přibližně stejné pro všechny sklizené plodiny. Tato závislost může sloužit k předběžnému posouzení trvanlivosti podle intenzity dýchání. Zpomalením intenzity dýchání lze výrazně prodloužit dobu uchovatelnosti. Prodloužení uchovatelnosti bez současného snížení intenzity dýchání je pravděpodobně velmi omezené.

Faktory, ovlivňující dýchání plodin

Hlavní problematikou při skladování sklizených plodin je tedy řízení jejich metabolických procesů. Intenzita dýchání uložených plodin je výrazně ovlivňována řadou činitelů působících již před sklizní i po ní. Druh a odrůda, podnebí, půda, agrotechnika, zralost, doba sklizně, zdravotnost — to vše jsou faktory ovlivňující dýchání. Zvláště patrný je vliv zdravotního stavu plodin na dýchání. Živá rostlinná tkáň reaguje na mechanické nebo mikrobiální podráždění zvýšenou intenzitou dýchání. Stimulačním působením mechanického poškození plodin je pravděpodobně vyvoláván i vzestup intenzity dýchání ihned po sklizni.

Samostatnou otázkou je vztah intenzity dýchání a zrání ovoce a plodové zeleniny. Výdej kyslíčnicku uhličitého zrajících plodů je charakterizován tak zv. klimakterickým minimem, po němž zákonitě vzrůstá až ke klimakterickému maximu. To je způsobováno postupnou desorganizací enzymatického systému, která souvisí se zráním a přezráváním.

Z činitelů ovlivňujících metabolismus během skladování je nejvýznamnější teplota. Vliv teploty na intenzitu dýchání, formulovaný vztahem

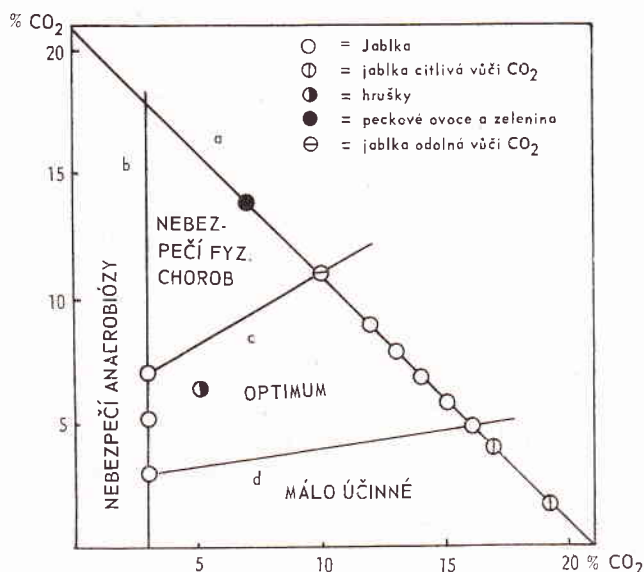
$$\log R = \log R_0 + at, \quad (3)$$

platí v rozmezí teplot, které ještě nenarušují životní pochody plodin. Veličina $\log R_0$ (intenzita dýchání při 0°C) je pro každý druh a odrůdu jiná a bývá poměrně konstantní. Bývá pokládána za ukazatele rozpadu plodu. Teplotní koeficient a je kolísavý. Přesto však pro praktické vyjádření závislosti dýchání na teplotě je rovnice vyhovující, protože skutečně naměřené hodnoty se odchyľují od vypočítaných v mezích rozptylu. Nízkou teplotou lze tedy zpomalit rychlost dýchání, avšak teplotní stupeň, při němž ještě nedochází k poruchám, je pro každý druh plodin jiný. Poruchy a fyziologické choroby z chladu jsou zejména způsobeny tím, že teplotní kvocient Q_{10} je pro různé enzymy, katalyzující dýchání, různý a tím dochází k porušení dynamické rovnováhy metabolismu.

Proto je třeba u řady plodin volit kompromisní skladovací teploty, které sníží intenzitu dýchání, ale nevyvolávají fyziologické poruchy. Rozhodující je také doba, po kterou nízká teplota působí. Doba uchovatelnosti za běžných teplot je zkrácena předchozím uložením za nízké teploty, která narušuje metabolismus plodiny. Toto zkrácení **A** je logaritmickou funkcí doby předchozího chlazení **d** a rozdilu teploty t_2 (při níž právě ještě nedochází k poškození) a teploty t_1 (teplota chladírenského uložení):

$$A = f(d(t_2 - t_1)) \quad (4)$$

Metabolismus uložených plodin je ovlivňován také vlhkostí vzduchu ve skladovacím prostoru. Vzduch zcela nasycený vodními parami ztěžuje výdej vodních par uvolňovaných dýcháním, naopak nízká tenze vodních par ve vzduchu urychluje vadnutí, které vede k zesílení hydrolytických a oxidačních procesů. Optimální vlhkostní poměry pro ten který druh plodin jsou důležitým předpokladem řízení metabolismu i u ostatních skladovacích zákroků.



Obr. 1

Zvlášt významným činitelem regulace metabolismu plodin je obsah plynů, podílejících se na dýchání, v atmosféře skladovacího prostoru. Přiměřeným snížením obsahu kyslíku a zvýšením obsahu kysličníku uhlíkatého se zvolní proces dýchání, u plodů se prodlouží období zrání a ve všech případech se dosáhne prodloužení uchovatelnosti. Optimální poměr množství kyslíku (x) a kysličníku (p), vyjádřený v procentech, je limitován těmito nerovnostmi:

$$x + y < 21, \quad x > 3, \quad 3 < y < 12 \quad (5)$$

Koncentrace kyslíku pod 3 0/0 a koncentrace kysličníku uhličitého vyšší než 12 0/0 ohrožují rovnováhu mezi aerobním a anaerobním podílem dýchání a

mohou vést ke vzniku fyziologických chorob, oslabení odolnosti vůči zkáze a nakonec k postupnému rozkladu plodin (viz obr. 1). Optimálního složení atmosféry se v praxi dosahuje hermetickým uzavřením skladovacího prostoru, vhodným uspořádáním větrání, popř. absorpcí plynů.

Regulace metabolismu úpravou atmosféry lze též dosáhnout použitím obalů z plastických fólií, pokud mají vhodnou propustnost pro plyny. Optimální permeabilitu P pro kyslíčník uhlíčitý lze stanovit z rovnice

$$P = \frac{R}{S \cdot \Delta x}, \quad (6)$$

kde R je výdej CO_2 uloženou plodinou v obalu, S je povrch obalu a Δx je rozdíl tenzí kyslíčníku uhlíčitého vně a uvnitř obalu. Obdobně se stanoví vhodná propustnost pro kyslík, kterou musí použitý obalový materiál mít, aby nedošlo k poruchám metabolismu.

K regulaci metabolismu sklizených plodin lze použít též některých druhů záření a to v malých dávkách, podle druhu plodiny řádově kolem 10^4 rep. Kromě zásahu do fosforylačních procesů dýchání zpomaluje záření metabolismus nukleových kyselin a proto je záření zvláště účinné proti vyrůstání dvouletých zelenin a brambor během uložení.

K chemickému řízení metabolismu sklizených plodin lze využít tak zv. retardátorů růstu. Aplikací těchto látek se omezuje růst a zpomaluje metabolismus. Mechanismus působení retardátorů souvisí většinou s inhibicí oxidoredukčního systému dýchání. Pro ovoce a zeleninu se ukázal vhodným retardátorem hydrazid kyseliny maleinové, α -naftyloctan, některé karbaminany apod. Nevýhodou chemického zásahu do metabolismu je určité oslabení odolnosti plodin vůči chorobám.

S o u h r n

Předpokladem skladování neúdržbných plodin, jakými jsou ovoce a zelenina, je vytvoření rovnovážného stavu jejich metabolismu, při němž mají jednotlivé reakce minimální rychlost. Závislost mezi intenzitou dýchání a uchovatelností je formulována rovnici. K řízení metabolismu sklizených plodin lze využít skladovacích podmínek, jako např. teploty, vlhkosti, složení atmosféry, obalů z plastických hmot, záření, chemického ošetření aj. Vliv jednotlivých činitelů a optimální podmínky uchovatelnosti jsou rovněž formulovány matematicky.

L i t e r a t u r a

1. Arcichovskaja E. V., Sokolova V. E., Ob obrazovanii etilenovogo spirta i etilena v tkanjach jablok. = „Dokl. Akad. Nauk SSSR“ **84**, 1952; 4
2. Claypool L. I., Allen F. W., The influence of temperature and oxygen level on the respiration and ripening of Wickson plums. = „Hilgardia“ **21**, 1951; 126—160.
3. Eaks I. L., Morris L. L., Deterioration of Cucumbers at Chilling and Non Chilling Temperatures. = „Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.“, **69**, 1957, 388.
4. Gac A., Influence de l'humidité relative de l'air sur la perte de poids des fruits cueillis en cours de leur conservation et leur maturation. = „Compt. rend. XI. Congrès intern. du froid“, 1959.

5. Grimm A. A., Kartužanskij A. L., Dejstvie oblučenia radioaktivnym kobaltom na kartofel i luk. = „Sbornik nauč. rabot Leningr. inst. sov. torg. F. Engelsa“, 13, 1959; 14—20.
6. Hansen E., Reaktion of Anjou Pears to Carbon Dioxide and Oxygen Content of the Storage Atmosphere. = „Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.“ 69, 1957: 110—115.
7. Hulme A. C., Some aspects of the biochemistry of apple and pear fruits. = „Advances in food research“ 8, 1958: 297—413.
8. Kidd F., West C., The refrigerated gas-storage of apples. = „Food invest. Leaflet“ 6, 1950.
9. Kopec K., Vliv některých retardátorů na skladování ovoce a zeleniny. Disertační práce VŠZ Brno 1960.
10. Kopec K., Význam intenzity dýchání ovoce a zeleniny pro jejich skladování. = „Průmysl potravin“ 12, 1961: 22—25
16. Kyzlink C., Konzervářenský význam látkových změn dospívajícího ovoce a zeleniny (v tisku).
12. Kopec K., Základy skladování ovoce a zeleniny. Habilitační práce VŠZ Brno, 1964
13. Kopec K., Dynamika kyseliny askorbové ve sklizeném ovoci a zelenině. = „Rostlinná výroba“ 12, 1966: 483—490
14. Kott V., Stanovení optimálních teplot pro jednotlivé tržní odrůdy jablek a hrušek za účelem prodloužení uchovatelnosti. = „Průmysl potravin“ 6, 1955: 466.
15. Kuprianoff J., Verbesserung der Haltbarkeit von kaltlagerten Lebensmitteln durch Anwendung ionisierender Strahlen. = „Zeitschrift f. Lebensmitt.-Untersuch. u. Forsch.“ 108, 1958: 458.
16. Kyzlink C., Konzervářenský význam látkových změn dospívajícího ovoce a zeleniny. = „Průmysl potravin“ 6, 1955: 542.
17. Marcellin P., La conservation des fruits à des températures voisines de la température ordinaire au moyen d'emballages de matière plastique. = „Révue horticole“, 192, 1960: 2227—2235.
18. Metlickij L. V., Muchin E. N., Dejstvie ionizirujuščich izlučenij na sochranjajemost' kartofela, ovoščej i plodov. = „Kons. ovoščesuš. prom.“, 16, 1961: 7: 22—25.
19. Planck R., Die Lagerfähigkeit von Lebensmitteln als Funktion der Temperatur. = „Kältetechnik“ 11, 1959: 306—310.
20. Rubin B. A., Arcichovskaja E. V., Biochimija i fiziologija immuniteta rastenij. Moskva, 1960.
21. Stoll K., Erfahrungen mit Lagerung von Äpfeln in gasdichten Kühlräumen. = „Schw. Bauzeitung“ 80, 1962: 7.
22. Ulrich R., La conservation par le froid des denrées d'origine végétale, Paris, 1954.

К вопросу управления обмена веществ собранных с полей культур во время холодильного хранения

Рузюме

Предпосылкой хранения культур, подвергающихся в короткое время порче, как, например, фруктов и овощей, является образование равновесия в их обмене веществ, при котором отдельные реакции характеризовались бы минимальной скоростью. Взаимосвязь между интенсивностью дыхания и хранением формулирована уравнением. К руководству обменом веществ культур, собранных с полей, можно пользоваться факторами, обуславливающими хранение, как, например, температура, влажность, состав атмосферы, упаковка из пластмассы, излучение, химический уход и другие. Влияние отдельных факторов, а также оптимальные условия хранения подобным образом приведены в математической формулировке.

Regulierung des Metabolismus der geernteten Früchte während der Kühlagerung

Zusammenfassung

Die Voraussetzung der Lagerung der unhaltbaren Früchte, wie z. B. des Obstes und Gemüses, ist die Gestaltung des Gleichgewichtszustandes von deren Metabolismus, wobei die einzelnen Reaktionen eine minimale Geschwindigkeit haben. Das Verhältnis zwischen der Atmungsintensität und der Haltbarkeit ist mit einer Gleichung ausgedrückt. Zur Regulierung des Metabolismus der geernteten Früchte kann man die Lagerungsbedingungen ausnutzen, wie z. B. Temperatur, Feuchtigkeit, Zusammensetzung der Atmosphäre, Umhüllung aus Plast, Bestrahlung, chemische Behandlung u. a. Der Einfluss der einzelnen Faktoren, sowie die optimalen Bedingungen der Haltbarkeit der Früchte sind auch mathematisch formuliert.