

Enzýmy v potravinách

E. BYSTRICKÁ

Enzýmy v potravinárskom priemysle majú veľký význam. Už dávnejšie bolo známe, že ich činnosť treba usmerňovať, avšak zanedbávalo sa objasnenie základných poznatkov o nich. Biochemici chceli získať poznatky, týkajúce sa kinetiky, mechanizmu, identifikácie a vlastností enzýmov, zatiaľ čo potravinárski výskumníci pracovali v oblastiach aplikovanej enzymológie, ktorá sa týka použitia a usmernenia činnosti enzymatických systémov. Čím ďalej, tým viac poukazovali na ich dôležitosť. Pri tom sa však nevenovala dostatočná pozornosť samým enzýmom, rýchlosti enzymatických reakcií, vlastnostiam, izolovaniu atď.

Získaním podstatných poznatkov, vzťahujúcich sa na základy enzymatických reakcií, bude sa môcť zlepšiť technológia vlastnej výroby potravín ako aj ich konzervovania, samozrejme i akosť finálneho výrobku, v čom vlastne bude spočívať veľký význam prehĺbenia znalostí o činnosti enzýmov.

Niektorí potravinárski výskumníci pripisovali určité javy činnosti enzýmov, napr. rôzne typy odfarbovania sa potravín. Tento chybný názor sa tak hlboko zakorenil, že bolo nutné venovať mnoho času napr. výskumu neenzymatického odfarbovania potravín. Aj v iných prípadoch sa preceňovala činnosť enzýmov. Napr. usudzovalo sa, že pokazenie mäsa vždy zapríčiňujú enzýmy a že nemôže byť dôsledkom mierne vysokých teplôt a nepatrne zvýšenej kyslosti. Podobne tomu bolo aj pri kazení sa tukov.

Aktivita enzýmov zjavne ovplyvňuje štruktúru a krehkosť potravín. Prikladom toho je aplikácia enzýmov, pri ktorej sa mäso odvešiava pri zvýšenej teplote na svetle, ktoré inhibuje rast plesní tak, aby sa umožnilo rýchlejšie a lepšie zrenie. Prírodné enzýmy v mäse sú aktívnejšie pri vyšších teplotách, čím sa stáva mäso krehkejším. Robili sa pokusy vstrekovať enzýmy do šunky alebo iného mäsa, ktoré sa predávalo ako tenderizované mäso. Chutnosť potravín sa len v posledných rokoch dávala do súvislosti s enzýmami, jej rozvoj sa totiž pripisoval aktivite enzýmov. Použitie enzýmov pre tvorbu chutnosti je relatívne nové.

Potravinárski technológovia využívajú poznatky o enzýmoch na zvýšenie stálosti niektorých výrobkov. Je známe, že škrob v zemiakoch skladovaných pri relatívne nízkych teplotách sa mení na cukor. Naopak cukor v zemiakoch,

skladovaných pri zvýšených teplotách, sa mení späť na škrob. Sú to enzymatické postupy, používané v priemysle dehydratácie zemiakov za účelom minimalizovania obsahu cukru a tým zvýšenia stálosti skladovaných sušených výrobkov. U sušených zemiakov s nízkym obsahom cukru nastáva totiž omnoho pomalšie hnednutie ako pri vysokom obsahu cukru.

Za posledné roky sa mnoho uvádzalo o vzťahu akosti suroviny k výťažnosti a akosti výrobku. Je veľmi dôležité zohľadniť vplyv pestovania suroviny na akosť výrobku a hlavne vzťahy fyziologických zmien po zbere k výrobným vlastnostiam a akosti konečného produktu. Enzýmy dýchania a ostatné enzýmy môžu byť veľmi aktívne v pozberovom období. Môžu zapríčiniť zmeny chutnosti, štruktúry, farby atď. V súlade s tým je nutné, aby sa prehlbovali poznatky o týchto javoch. I keď sa náhľady potravinárskych výskumníkov v niektorých prípadoch zmenili, keď sa bude chcieť dosiahnuť ďalší pokrok technológie potravín a budeme chcieť lepšie a ekonomickejšie tieto uchovávať, je bezpodmienečne nutné získať viac základných poznatkov o enzýmoch. Toto by mala byť jedna z prvoradých úloh potravinárskeho výskumu v budúcnosti.

Výskum enzýmov v potravinách, či už rastlinného alebo živočíšneho pôvodu, je tématickou, ktorá je v svetovej literatúre široko komentovaná. Taktiež vplyvu technologických postupov na obsah natívnych enzýmov sa v celosvetovom meradle venuje značná pozornosť.

V našej štúdii sme sa zamerali na niektoré z hlavných faktorov, ktoré ovplyvňujú chovanie sa a vlastnosti vybraných enzymatických systémov v priebehu technologických operácií a odporúčame zameranie ďalšieho výskumu na aplikáciu poznatkov v praxi (poľnohospodárska produkcia, spracovanie, doprava a distribúcia potravín). Pretože teplotu považujeme za činiteľa, prostriedok, ktorý používame na predĺženie trvanlivosti a uchovanie nutritívnej hodnoty potravín, venovali sme sa najviac štúdiu vplyvu teploty na reakcie katalyzované enzýmami. Sledovali sme chovanie sa určitých enzýmov ako indikátorov biochemických zmien, vznikajúcich pôsobením teploty a ovplyvňujúcich kvalitu potravín. Z chovania natívnych enzýmov, ovplyvnených teplotou, pokúsili sme sa zistiť zákonitosti ich zmien so zmenou akosti, aby sme pomocou nich vedeli usmerňovať a riadiť podmienky výroby a hlavne úchovy potravín.

Vplyv skladovania na kvalitu výrobkov rastlinného pôvodu sme sledovali na pochodoch dýchania za súčasného sledovania zmien kvality a iných viac empirických zmien. Venovali sme sa, na rozdiel od empirického popisu zmien, zmenám aktivity sústav a jednotlivých enzýmov, zúčastnených na procese dýchania.

Už od objavu enzýmov sa mnohí pracovníci snažili zistiť vplyv teploty na enzymatické systémy, najmä na ich kinetiku. Napriek tomu len za posledných 20 rokov sa dosiahol značný pokrok v tejto oblasti. Je to najmä zásluhou zistenia dvoch väčších vplyvov teploty, a to vplyvu na reakciu katalyzovanú enzýmami a vplyvu na aktiváciu enzýmov. Enzymológovia už dávno zistili, že rýchlosť enzymatických reakcií s teplotou rastie a dosahuje maximum pri „optimálnej teplote“. Ďalším zvyšovaním teploty rýchlosť reakcie nad týmto „optimom“ klesá. Optimálnu teplotu daného enzýmu rôzne faktory (ako čistota substrátu a enzýmu, prítomnosť aktivátorov, ako aj použitá metóda merania rýchlosti katalyzovanej reakcie) menia – taktiež nie je veličinou konštantnou. Tamman podal správny výklad optimálnej teploty enzymatických reakcií v takom zmysle, že teplotou sa súčasne urýchľujú dva nezávislé postupy, a to katalyzovaná reakcia a tepelné reakcie enzýmu.

Pri nižšej teplote ako optimálnej, teplota pôsobí hlavne na katalytickú reakciu nad optimálnou teplotou, prevláda faktor inaktivácie. Inaktivácia enzýmov teplom sa skúmala v neprítomnosti substrátu. Množstvo aktívneho enzýmu (ktoré ostalo po vystavení určitej teplote) sa stanovilo schladením na štandardnú teplotu po pridani substrátu. U väčšiny enzýmov pri 50–60 °C nastáva značná inaktivácia, u niektorých enzýmov už pri nižších teplotách. Inaktivácia enzýmov teplom je obvykle jednomolekulárna reakcia a rastie exponenciálne s teplom v súlade s Arrheniovou rovnicou v značne širokom rozsahu. Aktivačná energia je nezávislá od teplotných zmien.

Dôkazom bielkovinového charakteru enzýmov a totožnosti mechanizmu tepelnej denaturácie bielkovín a tepelnej inaktivácie enzýmov je podobnosť medzi vysokými hodnotami aktivačných energií, deštrukcie enzýmov a denaturácia bielkovín. K potvrdeniu prispelo i to, že všetky enzýmy, ktoré sa izolovali v kryštalickej forme, sú bielkoviny. U kryštalickej enzýmov ako je pepsín, trypsín a chymotrypsín, inaktivácia teplom je presne rovnobežná s miznutím rozpustnej natívnej bielkoviny z roztoku a koaguláciou teplom (denaturované bielkoviny). Táto inaktivácia a denaturácia enzýmov schladením je čiastočne reverzibilná u pepsínu a chymotrypsínu, a v prípade, že sa ohrievanie veľmi nepredlži, úplne reverzibilná u trypsínu.

Pre trypsín rovnováha medzi aktívnym a denaturovaným enzýmom sa mení s teplotou.

Moderné spôsoby skladovania ovocia a zeleniny sa zakladajú na fyziologických a biochemických výskumoch zrenia. Aby sa mohol voliť vhodný spôsob skladovania potravín rastlinného pôvodu, je nutné uplatniť výsledky mnoho-ročných fyziologických a biochemických výskumov, ktoré dávajú predpoklad použitia iných atmosfér, ako sám vzduch, a to atmosféru, ktorých zloženie sa môže účelne regulovať.

V skorých stupňoch vývoja bunky pozostávajú zväčša z protoplazmy. So zväčšovaním vznikajú vakuoly i uhľovodany a iné zlúčeniny, ktoré sa vytvorili v listoch, zhromažďujú bielkovinové materiály, vznikajú látky špecifické pre jednotlivé plody. Zloženie zrelých plodov je veľmi rozmanité. Niektoré plody ako jablká, banány a datle zhromažďujú uhľovodany. Olivy sú typickými plodmi, ktoré uskladňujú tuk. Prevládajúcou kyselinou v niektorých plodoch je jablčná (jablká, hrušky), v iných citrónová (citrusové plody, ananás) a v ďalších vínna (hrozno). Vo všetkých plodoch je obsah bielkovín malý (0,3 % u jablka). Obsah fosforu, kľúčového prvku v metabolizme sa nemení tak značne ako sa mení bielkovinový dusík. Fosfor je prítomný v rozličných organických zlúčeninách, ako sú nukleotídy, koenzýmy, fosforylované cukry a kyseliny. Napriek vysloveným obmenám v zložení, parametre fyziologického chovania sa plodov veľmi rozdielneho pôvodu a rozdielneho klimatického prispôsobenia sa, sú nemnohé a skôr podobné.

Fyziológovia rastlín použili techniku, ktorú tak úspešne vyvinuli na skúmanie intermediárneho metabolizmu, na metabolizmus dozrievania plodov a opačne a tak prispeli k objasneniu biosyntézy látok, ktoré sa vytvárajú v plodoch, ako je kyselina askorbová, pektíny, antokyaniny a etylén. K súčasnému stavu poznatkov v biochemickej fyziológii rastlín sa dospelo z výsledkov, zistených z celého ovocia, z tkaňových plátkov, izolovaných z ovocia a zo subcelulárnych zložiek.

Výskum na plodoch sa podporil v dôsledku jeho priemyselného významu

a jeho nutritívnu hodnotou a uvedomením si tej skutočnosti, že biologické procesy, ktoré sú spoločné všetkým žijúcim organizmom, sa môžu skúmať na plodoch. Štruktúrne a funkčné premeny, ktoré sa vyskytujú v bunkách pri zrení, sú obzvlášť zaujímavé pre fyziológiu plodov.

Je niekoľko závažných dôvodov pre použitie plodov na skúmanie obecných biologických problémov stárnutia. Plod je schopný predĺzenej, nezávislej existencie i po odobratí z materskej rastliny. Tak dlho, ako sa drží vo vlhkom ovzduší, nevyžaduje žiadnu vonkajšiu dodávku vody, aby sa bunky udržali v turbídnom stave. Väčšina plodov, aspoň však tie, ktoré ľudia jedia, majú zásobu respiračných substrátov, v bežnom význame nedodávanie výživných látok má malé alebo žiadne následky, hoci vyčerpanie určitých špecifických látok, vyžadovaných v malých množstvách a ktoré sa v odtrhnutom plode nesyntetizujú, môže hrať úlohu v metabolickom modeli. Štúdium plodov nenaráža na zložitosť, vyplývajúce zo súčasného účinku viacerých procesov, ako je to u fotosyntézy a dýchania v listoch.

Hlavnými reakciami pri zrení sú biologické oxidácie. Tento pojem sa účelne používa na zahrnutie ako glykolytických, tak i dýchacích účinkov. Prvý sa vzťahuje na konverziu uhľovodanov, na kyselinu pyrohroznovú v prítomnosti alebo neprítomnosti kyslíka. Pyrohroznová kyselina sa mení v neprítomnosti kyslíka na kvasné konečné látky ako alkohol, kyselina mliečna a kyselina propionová. Pojem dýchania je potom vyhradený pre reakciu, vyžadujúcu kyslík na enzymatickú oxidáciu uhľíkatých zlúčenín na kyslíčnik uhličitý a vodu.

Vplyv teploty na dýchanie má taktiež dvojaký účinok. 1. Urýchľuje reakčné pochody. 2. Pri vysokej teplote sa reakcie spomaľujú, pravdepodobne následkom inhibícií a inaktivácie enzýmov, ktorá sa časom stupňuje. Teplota môže mať celkovo celý rad nepriamych vplyvov.

Urýchľujúci efekt je spoločný pre chemické reakcie a potvrdzuje, že dýchanie je v podstate chemickým procesom a od toho času, čo sa prvý raz merala výmena plynov v rastlinných tkaniach, bolo zrejmé, že rýchlosť dýchania s okolitou atmosférou je ovplyvnená teplotou a mnohé neskoršie pozorovania viedli k poznaniu skutočnosti, že určitým spôsobom regulujú jeho rast.

Blackmann navrhuje vysvetliť dýchanie v širokom rozpätí teploty ako výsledok dvoch protichodných faktov. 1. van't Hoffov efekt, 2. „časový faktor“, ktorý je spomaľujúcim efektom vysokej teploty a stúpa v intenzite postupom času tým rýchlejšie, čím je teplota vyššia. Poukazuje na to, že zatiaľ čo van't Hoffov efekt vyjadruje pôsobenie teploty na reakčnú kinetiku, „časový faktor“ vyjadruje progresívne zhoršenie pôsobenia enzýmov.

Len ako teoretickú charakteristiku možno použiť efekt vysokej teploty pri štúdiu platnosti „časového faktora“ spolu s van't Hoffovým efektom.

V blízkosti 0 °C väčšina rastlinných tkaní dýcha tým pomalšie, čím je teplota nižšia. (Boli pozorované aj výnimky.) Dýchanie je základným a samozrejme nevyhnutným procesom v živej protoplazme. Teplotné hranice pre dýchanie sú totožné s hranicou života. Pokusy s neporušeným plodom poskytli veľké množstvo informácií a údajov. Avšak niektoré problémy sú ešte nedostatočne vysvetlené. Na preskúmanie mechanizmu, zodpovedného za reguláciu dýchania a dozrievania, bolo by nutné oddeliť bunku plodu od možného nedostatku kyslíka uhličitého a účinku prchavých látok, ktoré sa môžu zhromažďovať pod pomerne nepriepustnou pokožkou. Dýchanie je endogénne, čo značí, že nastáva na úkor látok ako sú napr. cukry uložené v bunkách. Z povahy metabolických

javov možno vyvodit veľký počet informácií, posudzovať zmeny, ktoré nastávajú v tkani plánku po pridání inhibítorov a značkových látok.

Keď sa odtrhne úplne vyvinutá alebo nezrelá vzorka nejakého plodu a umiestni sa do výhodných podmienok na zrenie, rýchlosť dýchania sa znižuje po niekoľkých dňoch alebo týždňoch, až kým nedosiahne minimum, čo závisí od stavu zrelosti, teploty a plynovom okolí. Potom nasleduje náhly ostrý výbežkový vzrast dýchania „klimakterický“. Objavenie klimakterického vzrastu malo rozhodný účinok na výskum fyziológie plodu. Možno sa naň pozerat ako na stupeň v živote plodov, ktorý oddeľuje vývoj a dozrievanie od zrútenia sa. S klimaktériom sú spojené niektoré ľahko rozoznateľné zmeny (napr. miznutie chlorofylu zo šupiek zrejúcich banánov je tesne spojené s priebehom dýchacieho klimaktéria). Podobné pozorovania sa zistili pri prechode zo zelenej farby na žltú u niektorých odrôd jabĺk, hrušiek a pri prechode zo zelenej farby na červenú u sliviek. Zmeny farby vo väčšine týchto prípadov spôsobuje rozklad chlorofylu. Žlté farbivá plastidov, karotén a xantofyl zostávajú pomerne konštantné. Mäknutie dužiny je totiž úzko spojené s dýchacou schémou.

Hodnoty dýchania pri klimakterickom minime a vrchole sú charakteristickými vlastnosťami pre jednotlivé druhy za daného súboru podmienok. Všetky plody nevykazujú vzostupný výbežok dýchania. U niektorých, ako u citrónov, je postupné znižovanie odberu kyslíka a vývoja kysličníka uhličitého cez dozrievanie až do starnutia. Zrejme nezaznamenané protoplazmatické alebo chemické premeny sú schopné zmeniť priebeh stáleho znižovania. Neklimakterické plody charakterizuje skôr pomalá spotreba rozpustných cukrov, než hydrolýza nerozpustných uhľovodanov.

Dýchanie a dozrievanie obratých plodov sa riadi teplotou a plynmi. Účinky teploty sú kvantitatívne i kvalitatívne. V pomerne úzkom rozsahu, okolo 5 až 30 °C intenzita dýchania v plodoch zodpovedá teplote, určitým spôsobom charakteristickej pre chemické reakcie. Poznatky o zložkách, ktoré sa zúčastnia prenosu elektrónov zredukovaných pyridín nukleotidov na molekule O_2 v rastlinných tkanivách sú ďaleko nie komplexné, a jedine v ohraničených oblastiach sú presné enzymologické údaje. Na druhej strane bol urobený kus práce v zisťovaní povahy fyziologickej refazy dýchania. Skúmania na tejto úrovni poskytovali pozadie pre ďalšie chemické výskumy.

Používali sa rôzne metódy stanovenia povahy fyziologickej refazy dýchania v nedotknutej bunke alebo tkani a v izolovaných častiach bunky. Mimoriadne dôležité v tejto práci boli skúmania mitochondrií, ktoré slúžia ako najväčšie vnútrobunecné centrá dýchania. Podnes sa však urobilo len málo práce v probléme fragmentovania rastlinných mitochondrií od fyziologicky aktívnych častíc a nie sú k dispozícii presné metodiky. Uvádza sa rozsiahla literatúra o fragmentácii živočíšnych mitochondrií, takže už tieto známe metódy môžu slúžiť ako užitočné vodítka pre budúci výskum s rastlinnými časticami.

Mitochondrie sú generátorom energie všetkých buniek, hoci v zelených rastlinách sú zdrojom energie získanej zo slnečného svetla (na reakcie buniek) i chloroplasty. Mitochondrie môžu mať tvar guľovitý alebo tyčinkovitý a rozptätie veľkosti od 0,1 do 5 mikróinov; izolovali sa z rôznych druhov buniek. Hoci tieto častice je v optickom mikroskope sotva vidieť, elektrónovým mikroskopom sa zistila ich štruktúra. Pozostávajú z dvojitej lipoproteínovej vonkajšej membrány, uzatvárajúcej sériu buniek s dvojitou membránou. Vonkajšia membrána sa z prostredia s nízkym ozmotickým tlakom môže nafahovať a

napučiavať. Spravidla na izoláciu mitochondrií, ktoré by boli schopné vykonávať metabolické účinky, musí sa postup starostlivo riadiť.

Pozoruhodný úspech sa dosiahol pri izolovaní aktívnych mitochondrií z plodu avokáda a v poslednej dobe sa získali prípravky, schopné oxidovať niektoré kyseliny Krebsovoho cyklu z iných plodov. Teploty blízke 0 °C, pomerne vysoký ozmotický tlak prostredia, pH blízke neutrálnemu bodu a malá rýchlosť preliňania, sú kritickými požiadavkami pri príprave účinných cytoplazmatických častíc z mezokarpu avokáda.

U niektorých plodov prítomnosť látok, ktoré inaktivujú bielkoviny, ako taníny, ruší úspešné izolovanie. Proti tejto okolnosti sa pôsobilo pri skúmaní banánov prídavkom dosť veľkých množstiev inertného proteínu k izolačnému prostrediu, t. z. tento znižuje koncentráciu inaktívátora tým, že s ním reaguje. Pri nasledujúcej homogenizácii nerozlámané bunky a veľké úlomky, ako materiál bunečnej steny, plastidy a jadrá, sa oddelia malou odstredivou silou. Odstreďovanie, pri ktorom sa používajú odstredivé sily do 15.000 g, strháva skoro celú mitochondrickú frakciu. Metabolická aktivita sa potom stanovuje použitím Warburgovho prístroja, kyslíkovej elektródy, pH-metra alebo spektrofotometra. — Dosiaľ je avokádo jediným plodom, ktorý dával častice schopné oxidovať kyselinu pyrohroznovú, spojovací článok medzi metabolizmom uhľoveďanov a Krebsovým cyklom. Na oxidáciu pyrohroznanu na citronan sa vyžadovali katalytické množstvá jablčnanu. Dôkaz, že cesta trikarboxylovej kyseliny (Krebsov cyklus) účinkuje v mitochondriách avokáda, sa podal vysokými rýchlosťami oxidácie kľúčových kyselin cyklu, štúdiom inhibítorov za použitia malonanu a arzenitanu a izolovaním produktov špecifických reakcií. Tiež sa ukázalo, že častice avokáda vlastnia mechanizmus na oxidáciu redukovaného nukleotidu difosfopyridínu (DNP) kofaktoru dehydrogenáz na oxidáciu a redukciu cytochrómu C a na prechod elektrónov na cytochrómoxidázu, často sa vyskytujúci koncový enzým pri dýchaní.

Vzťah mitochondrickej aktivity k dozrievaniu sa predviedol na výskumoch zahrňujúcich oxidačnú fosforyláciu. Ako výsledok oxidácie kyselin Krebsoho cyklu, menia sa anorganické fosforečnany na organický tvar, menovite na ATP. Pomer mikromolov esterifikovaného fosforečnanu k mikroatómom použitého kyslíka je mierou fosforylačnej účinnosti. Tento pomer má stúpajúcu tendenciu s postupujúcim dozrievaním plodu. Tento vzostup častejšie spôsobuje menšia rýchlosť oxidácie, než stúpajúca fosforyláza.

Toto chovanie sa mitochondrií (a fosforečnanový vzor), ktoré sa získali zo skúmania plátkov tkane, dávajú predpoklad, že vtelenie fosforečnanu do určitých špecifických látok môže byť kľúčovým vysvetlením metabolických zmien v dozrievajúcom plode. Presný zmysel fosforylácií, rezistentných k DNP, vyžaduje ďalšie objasnenie. Stupeň spriahnutia oxidácie s fosforyláciou je problémom všeobecnej biologickej dôležitosti s poľom aktívnych výskumov rastlinných i živočíšnych biochemikov.

Jednou z najúčinnjších metód na predĺženie skladovateľnosti rastlinných produktov je chladiarenské skladovanie pomocou upravenej atmosféry. Poznatky, týkajúce sa metabolizmu plodov, dýchania a vplyvu teploty na rôzne pochody, možno úspešne aplikovať pri tejto metóde úchovy, ktorá spočíva najmä v spomalení metabolizmu v rastlinných produktoch.

Dýchanie sa podstatne spomalí, v dôsledku čoho vzniká rezerva na úsporách a dosiahne sa lepšia a dlhšia skladovateľnosť. I keď závislosť koeficientu dý-

chania a teploty je známa, nemožno uvádzať presné čísla pre vplyv zloženia atmosféry. Keď koncentrácia O_2 v ovzduší klesá, dýchanie sa spomaľuje, avšak optimálne hranice sa menia podľa odrôd a stávia plodu. Dýchanie ovplyvňuje metabolizmus, pritom činnosť CO_2 je rôzna. Môže metabolizmus brzdiť (jablká, avokáda, hrušky), prípadne ako ďalej bude vysvetlené zvýšiť (citrony).

Ďalšie výhody pri skladovaní plodov sa získali pridaním kyslíčnika uhličitého k vzduchu s pomerne malým obsahom kyslíka. Obecne parciálny tlak, ekvivalentný 5–10 %–tám kyslíčnika uhličitého, smeruje k potlačeniu intenzity dýchania. Výnimka v tomto smere sa našla u citrónov. U týchto 10 %–ný kyslíčnik uhčitý v kombinácii s 10 alebo 21 % kyslíka prináša asi povzbudenie absorpcie kyslíka. Aby sa vyskúmal tento neočakávaný výsledok, umiestnili sa citróny na krátky čas do ovzdušia, ktoré obsahovalo rádioaktívny kyslíčnik uhčitý. Po 5-minútovom účinkovaní sa kyslíčnik uhčitý rýchlo odtiahol z kontajnera a oddelila sa kôra, ktorá sa v miešačke ponorila do 70 %–ného alkoholu. Po odstránení tukov z extraktu sa tento chromatograficky analyzoval. Zistilo sa, že kyseliny jablčná, citrónová a asparágová sa rýchlo označkovali. To dáva predpoklad, že oxal-octan, ktorý je veľmi labilný a uniká identifikácii, je prvým produktom, ktorý zachytí rádioaktivitu.

Kyseliny Krebsovho cyklu sa spotrebujú v katalytických množstvách na oxidáciu uhľovodanov. Štúdie kyslíčnika uhličitého podporujú teóriu, že vzrast rýchlosti absorpcie kyslíka citrónmi za vysokých parciálnych tlakov kyslíčnika uhličitého sa môže regulovať tvorbou týchto kyselín.

Skutočnosť, že sa zistila prítomnosť malonanu, ktorý sa označoval pri predĺženom nastavení 14_{CO_2} , dáva predpoklad, že sa mohol uplatniť i iný mechanizmus. Chromatograficky sa ukázalo, že malonan ako i citronan, sa našli v niektorých frakciách. Nepochybný dôkaz, že produkt je vskutku malónovou kyselinou, sa získal nezávislými chemickými prostriedkami.

Skladovanie citrónov v ovzduší, ktoré obsahuje 5 alebo 10 % kyslíčnika uhličitého, vedie k potlačeniu rozkladu chlorofylu. Všetky citróny – na začiatku boli tmavozelené, ale pri určitej hladine kyslíka vzorky v ovzduší s malým obsahom kyslíčnika uhličitého sa sfarbili rýchlejšie, než tie vzorky, ktoré boli vo vyšších koncentráciách.

V dittonskom laboratóriu (výskumná rada poľnohospodárska, Larkfield, V. Británia) po 3 roky merali množstvo tvorby CO_2 a absorpcie O_2 u viacerých odrôd jablk, skladovaných pri teplotách od 0 do 7 °C, v plynných zmesiach, obsahujúcich od 2–21 % O_2 a od 0–10 % CO_2 . Uvádzajú sa výsledky vplyvov koncentrácie O_2 s akumuláciou a bez akumulácie CO_2 . Vplyvy daných koncentrácií O_2 alebo CO_2 sú aktívne v zmesiach obsahujúcich CO_2 vo vzťahu k rýchlostiam dýchania, ale nie z hľadiska dĺžky možnej úchovy plodov. Robili sa rozsiahle štúdie dýchania, hlavne meraním rýchlosti tvorby CO_2 (obvykle pri teplotách 10 °C a vyššie) a absorpcie O_2 , ovplyvnenej zložením atmosféry s teplotou. Tieto merania sa robili v priemyselne užitočnom rozmedzí od 0 °C do 7 °C.

Účelom pokusov bolo skúmať grafy dýchania a zistiť, či tieto nejakým spôsobom odrážali rozdiely v reakcii plodu na dané podmienky skladovania. Bolo otázkou, či poznatky získané výskumom dýchania jabĺk poskytnú údaje, ktoré by umožnili obísť skladovacie skúšky, ktoré sú t. č. nutné, prv než sa odporučia podmienky skladovania v upravenej atmosfére v priemyselnom meradle. Záverom možno povedať, že dýchanie plodov nerezultuje ako dostačujúce vo-

didlo pre určenie v hodnosti určitých produktov pre skladovanie v upravenej atmosfére.

Napriek tomu, že vieme, že podmienky skladovania ovocia a zeleniny v upravenej atmosfére jednak predlžujú dobu skladovateľnosti týchto, jednak znižujú rýchlosť dýchania, nemáme dosiaľ presný vzťah medzi týmito úkazmi. Z ďalších výskumov je jasné, že skladovacia doba sa riadi inými podmienkami (vplyvom podmienok na fyziológiu, farbu atď.), takže nemožno predvídať skladovaciu dobu z údajov o dýchaní.

Štúdium vplyvu jednotlivých fyzikálne-chemických, priemyselne používaných vonkajších zásahov do intracelulárnych dejov buniek tkaní a orgánov, najmä ich vplyvu na enzymatické sústavy a jednotlivé enzýmy, umožní cieľavedome a racionálne zasiahnuť do fyziologických procesov a tieto usmerňovať (biochemické zmeny, skladovanie potravín rastlinného a živočíšneho pôvodu, zrenie atď.) a vytvoriť podmienky pre priemyselnú výrobu.

S ú h r n

Štúdium aktivity niektorých enzymatických sústav v potravinách, najmä v ovoci. Vplyv teploty na reakcie katalyzované enzýmami. Pochody dýchania pri skladovaní ovocia a zeleniny, zmeny aktivity niektorých enzymatických sústav a jednotlivých enzýmov zúčastňujúcich sa na pochodoch dýchania.

Энзимы в пищевых продуктах

Выводы

Изучение активности некоторых энзиматических систем в пищевых продуктах, особенно у фруктов. Влияние температуры на реакции катализированы энзимами. Процессы дыхания при сохранении фруктов и овощей, изменения активности некоторых энзиматических систем и отдельных энзимов принимавших участие на процессах дыхания.

Enzymes in foods

Summary

The study of some enzymatic systems activity especially in the fruit. Temperature's influence on the reactions catalyzed by the enzymes.

Respiration processes in storage of fruit and vegetables, activity changes of some enzymatic systems and individual enzymes participating in respiration processes.