

6.

Chemická a biologická bezpečnost potravin a analýza potravin

Mária Takácsová, Ivona Paveleková

6.1 Úvod

Potrava človeka je z chemického hľadiska veľmi zložitý materiál, skladajúci sa z veľkého množstva rôznorodých chemických látok. Najdôležitejšie prirodzené zložky potravín sú *živiny*, ktoré určujú *výživovú a energetickú* hodnotu potravín.

Medzi hlavné živiny patria bielkoviny, tuky a cukry. Vitamíny a minerálne látky sa označujú aj ako prídavné živiny alebo esenciálne výživové faktory, pretože väčšinu z nich nedokáže ľudský organizmus syntetizovať a musí ich získať z potravy. Medzi živiny zaradujeme aj vodu, ktorá pochádza predovšetkým z potravy a iba v malej miere ju organizmus získava oxidáciou ostatných živín.

Okrem živín sa v požívatinách nachádzajú mnohé ďalšie látky, ktoré môžu mať pozitívne alebo negatívne účinky na organizmus človeka. Látky *senzoricky aktívne* vyvolávajú svojimi organoleptickými vlastnosťami zmyslové vnemy (pôsobia na chuť, čuch, farbou vyvolávajú zrakový vnem a pod.). *Biologicky aktívne* látky, vyskytujúce sa v niektorých potravinách (tzv. funkčných), znižujú riziko rôznych chorôb. Na druhej strane látky, ktoré zhoršujú využiteľnosť živín sa nazývajú *antinutričné* látky. Mnohé potraviny, predovšetkým rastlinného pôvodu, obsahujú aj *toxické* látky. Sem patria látky, ktoré môžu vyvolať u niektorých jedincov potravinovú neznášanlivosť, čo sa prejaví napr. alergickou reakciou, alebo sú to toxíny, ktoré vyvolávajú akútnu toxicitu s vážnymi dôsledkami pre organizmus.

Množstvo chemických zlúčenín sa do potravín pridáva úmyselne, na zlepšenie ich organoleptických alebo nutričných vlastností. Tieto látky nazývame prídavné alebo *aditívne* – *aditíva*. Látky znečisťujúce potraviny, ktoré sa tam dostali v dôsledku ľudskej činnosti sa nazývajú *kontaminujúce* – *kontaminanty*. Kontaminanty spolu s aditívami a toxickými látkami sa označujú spoločným názvom *cudzorodé látky* a ich prítomnosť v potravinách je rozhodujúca z hľadiska zdravotnej bezpečnosti potravín.

V potravinách prebiehajú mnohé chemické, biochemické a fyzikálne deje, ku ktorým dochádza v dôsledku vzájomnej interakcie jednotlivých živín a ďalších zložiek potravy, alebo počas spracovania a skladovania. Dokonalá znalosť mechanizmu týchto dejov umožňuje regulovať a optimalizovať výrobné postupy tak, aby vyrábané potraviny zodpovedali požiadavkám najvyššej kvality, a to z hľadiska výživovej a senzorickej hodnoty, ako aj zdravotnej bezpečnosti.

6.2 Aminokyseliny, peptidy a bielkoviny

Aminokyseliny sa v prírode vyskytujú buď samostatne, alebo viazané v makromolekulových zlúčeninách tzv. peptidovou väzbou -CO-NH-. Podľa veľkosti molekuly, t. j. podľa počtu viazaných aminokyselín, rozoznávame dve veľké skupiny zlúčenín:

- *peptidy*, obsahujúce 2 až 100 aminokyselín,
- *bielkoviny (proteíny)*, obsahujúce stovky až tisícky aminokyselín.

Okrem aminokyselín môžu peptidy a bielkoviny obsahovať aj niektoré iné zlúčeniny. Peptidy podľa počtu naviazaných aminokyselín delíme na oligopeptidy (2 až 10 aminokyselín) a polypeptidy (11 až 100 aminokyselín). Bielkoviny ako základné chemické zložky všetkých živých buniek sú súčasťou takmer všetkých potravín rastlinného aj živočíšneho pôvodu. Rastliny a niektoré mikroorganizmy sú schopné syntetizovať si bielkoviny zo základných chemických látok oxidu uhličitého, vody a dusíkatých anorganických zlúčenín. Živočích, a teda aj človek, ich však musia prijať vo forme rastlinných alebo živočíšnych bielkovín potravou. Pri trávení si živočíšny organizmus rozloží prijaté bielkoviny na základné zložky (aminokyseliny), z ktorých si potom syntetizuje vlastné špecifické bielkoviny, alebo ich využíva ako zdroj energie. Bielkoviny sú teda vo výžive človeka a ostatných živočíchov nenahradiateľné.

6.2.1 Aminokyseliny

Aminokyseliny sú zlúčeniny, v molekulách ktorých sa nachádza aspoň jedna primárna aminoskupina -NH₂ a súčasne aspoň jedna karboxylová skupina -COOH. V prírode sa nachádza niekoľko sto rôznych aminokyselín. Delíme ich preto do dvoch skupín na:

- aminokyseliny nachádzajúce sa vo všetkých živých organizmoch,
- aminokyseliny vyskytujúce sa iba v niektorých organizmoch.

Aminokyseliny patriace do prvej skupiny môžu byť viazané v peptidoch a bielkovinách, alebo sa môžu v organizme nachádzať aj ako voľné aminokyseliny často s významným biologickým účinkom (napr. ako hormóny). Do druhej skupiny patria aminokyseliny viazané v peptidoch, prípadne vyskytujúce sa ako voľné zlúčeniny. Tieto aminokyseliny nie sú zložkami bielkovín.

Napriek veľkému počtu aminokyselín vyskytujúcich sa v prírode, v bielkovinách potravín, rastlinného aj živočíšneho pôvodu, sa vyskytuje iba 23 rôznych

druhov aminokyselín, z ktorých si ľudský organizmus je schopný syntetizovať iba 15. Znamená to, že zvyšných 8 druhov musí prijať v dostatočnom množstve potravou. Tieto tzv. *esenciálne (nevyhnutné) aminokyseliny* sú súčasťou plnohodnotných bielkovín, ku ktorým patria predovšetkým bielkoviny živočíšneho pôvodu (bielkoviny vajec, mlieka, mäsa). Z rastlinných produktov je to predovšetkým sója, ktorej aminokyselinové zastúpenie bielkovín sa významne približuje zastúpeniu aminokyselín v bielkovinách mäsa.

Medzi esenciálne aminokyseliny zaraďujeme v súčasnosti *valín, leucín, izoleucín, treonín, metionín, lyzín, fenylalanín a tryptofán*, aj keď najnovšie poznatky ukazujú, že zoznam esenciálnych aminokyselín nemožno považovať za definitívne uzavretý. Je napríklad známe, že *histidín* nie je pre dospelý organizmus esenciálnou aminokyselinou, ale jeho kvantitatívna syntéza nie je dostatočná, a preto pri dlhodobom deficite histidínu v potrave sa jeho zásoby v organizme vyčerpávajú a prejaví sa jeho nedostatok. Podobne aj *cysteín* je potrebné považovať za esenciálnu aminokyselinu u detí a časti dospelých osôb s narušenou funkciou pečene. Podľa najnovších poznatkov aj *taurín* je esenciálnou aminokyselinou pre dojčatá odkázané na umelú detskú výživu, ktorá na rozdiel od materského mlieka túto aminokyselinu často neobsahuje. Jeho nedostatok spôsobuje poškodenie sietnice a poruchy videnia.

Väčšina esenciálnych aminokyselín sa v strave vyskytuje v dostatočnom množstve. Aminokyseliny, ktorých je v potravinách relatívne menej vzhľadom na dennú potrebu, sa označujú ako *limitujúce aminokyseliny* a určujú výživovú hodnotu potraviny.

Prehľad aminokyselín viazaných v bielkovinách potravín podľa charakteru reťazca a ich označovanie:

alifatické neutrálne aminokyseliny	glycín, alanín, valín, leucín, izoleucín (Gly) (Ala) (Val) (Leu) (Ile)
alifatické hydroxykyseliny	serín, treonín (Ser) (Thr)
sírne aminokyseliny	cysteín, cystín, metionín (Cys) (CySSCy) (Met)
iminové kyseliny	prolín, 3-hydroxyprolín, 4-hydroxyprolín (Pro) (3-Hyp) (4-Hyp)
kyslé aminokyseliny	kyselina asparágová a glutamová (Asp) (Glu) a ich amidy asparagín a glutamín (Asp-NH ₂) (Glu-NH ₂)

zásadité aminokyseliny	lyzín, arginín, histidín (Lys) (Arg) (His)
aromatické aminokyseliny	fenylalanín, tyrozín, tryptofán (Phe) (Tyr) (Trp)

Zvyšné aminokyseliny, označované tiež ako neesenciálne (nahraditeľné), sa podľa druhu vyskytujú v bežných bielkovinách v širokom rozpätí od 2 % až do 40 %.

6.2.2 Peptidy

Spájaním jednotlivých aminokyselín prostredníctvom peptidovej väzby, t. j. kondenzáciou karboxylovej skupiny jednej aminokyseliny s aminoskupinou druhej aminokyseliny, vznikajú peptidy.

Tieto zlúčeniny majú často významné biologické účinky a plnia v organizme človeka rôzne funkcie. K peptidom patria viaceré hormóny, antibiotiká, ale aj toxíny niektorých rastlín a živočíchov. Peptidy vyskytujúce sa v potravinách môžu ovplyvňovať ich organoleptické vlastnosti, napr. chuť.

V potravinách sa peptidy vyskytujú ako produkty metabolizmu živočíšnych alebo rastlinných organizmov. V živých organizmoch vznikajú buď jednoduchou biosyntézou aminokyselín, alebo hydrolyzou prekursorov vznikajúcich počas proteosyntézy. Môžu vznikáť aj pri skladovaní alebo spracovaní potravín enzýmovou alebo neenzýmovou hydrolyzou bielkovín.

Peptidy sa vyskytujú v rastlinných aj živočíšnych materiáloch a niektoré z nich majú veľký význam. Môžu obsahovať aj iné druhy aminokyselín nielen tie, ktoré sú súčasťou bielkovín.

Aspartam (USAL) je dipeptid zložený z kyseliny L-asparágovej a L-fenylalanylmetylesteru. Je to umelé sladidlo 100 až 200-krát sladšie ako sacharóza. Stratu sladkej chuti môžu zapríčiniť chemické zmeny v molekule, pretože pre sladkosť je rozhodujúca hlavne prítomnosť kyseliny asparágovej. Aspartam je nestály vo vode a kyslom prostredí, pH väčšiny potravín však zabezpečuje dostatočnú stálosť tohto sladidla. Nebezpečenstvom môže byť aj mikrobiálna degradácia molekuly aspartamu. Rýchlosť mikrobiálnej degradácie závisí od teploty a množstva mikroorganizmov v prostredí, preto je dodržiavanie hygienických zásad pri výrobe a znížená teplota pri skladovaní potravín nevyhnutnosťou.

Medzi najrozšírenejšie oligopeptidy patrí *glutatión*, zložený z kyseliny L-glutámovej, L-cysteínu a glycínu. Glutatión je prítomný vo všetkých bunkách, kde tvorí významný biologický oxidačno-redukčný systém, môže byť súčasťou nie-

ktorých enzýmov, pozitívne sa uplatňuje ako inhibítor reakcií neenzýmového a enzýmového hnednutia potravín a tiež pri oxidácii kyseliny L-askorbovej.

Gramicidín je cyklický peptid zložený z 5 rôznych aminokyselín, ktoré sa v cykle jeho molekuly dvakrát opakujú. Uplatňuje sa ako antibiotikum.

K oligopeptidom patria aj toxické *falotoxíny* a *amatoxíny*, ktoré sa vyskytujú aj v muchotrávke hľuznatej. Tieto toxíny spôsobujú akútnu otravu, vyvolávajúcu ťažké poškodenie pečene až smrť.

Medzi polypeptidy patria aj viaceré hormóny, napr. sekretín, inzulín, oxytocín alebo vazopresín.

6.2.3 Bielkoviny

Bielkoviny (proteíny) sú polyméry aminokyselín vznikajúce v procese proteosyntézy. Obsahujú viac ako 100 aminokyselín viazaných peptidovou väzbou. Na molekule bielkoviny môžu byť naviazané rôzne anorganické ióny, molekuly vody, ale aj iných organických zlúčenín.

Bielkoviny plnia v živých organizmoch viaceré funkcie:

- sú *stavebnými* zložkami živočíšnych a rastlinných tkanív (skleroproteíny),
- zúčastňujú sa na *transporte* rôznych zlúčenín v organizme (hemoglobín, lipoproteíny),
- *regulujú* priebeh dejov prebiehajúcich v organizmoch (hormóny, enzýmy),
- sú súčasťou *ochranného* systému v organizmoch (imunoglobulíny, protilátky),
- ako súčasť *svalových* vlákien sprostredkujú pohyb (myozín, aktín),
- sú schopné prenášať *zmyslové* informácie (rhodopsín v sietnici oka),
- plnia *výživovú* funkciu (sú zdrojom esenciálnych aminokyselín a dusíka).

Z výživového hľadiska sa bielkoviny delia na:

- *plnohodnotné*, ktoré obsahujú všetkých 8 esenciálnych aminokyselín (vajcia, mlieko),
- *takmer plnohodnotné*, niektoré esenciálne kyseliny sú v nich nedostatkové (mäso),
- *neplnohodnotné*, ide o väčšinu rastlinných bielkovín (patrí sem aj kolagén, ktorý je súčasťou kože, chrupaviek a kostí, pretože neobsahuje esenciálnu aminokyselinu tryptofán).

Podľa zloženia sa bielkoviny delia na:

- *jednoduché*, zložené iba z aminokyselín,

- *zložené*, s obsahom aj iných zložiek, napr. lipidov, sacharidov, kovov, nukleových kyselín.

Na základe tvaru molekuly rozoznávame bielkoviny:

- *globulárne*, ktorých molekula má tvar oblý až guľatý (albumíny, globulíny, gluteníny),
- *fibrilárne*, ktorých molekula má tvar vlákien (kolagén, elastín, keratín).

Ďalšia klasifikácia bielkovín sa môže uskutočňovať na základe iných kritérií, napr. na základe rozpustnosti, elektroforetickej pohyblivosti a pod.

6.2.3.1 Štruktúra bielkovín

Primárna štruktúra bielkovín je daná poradím aminokyselín v peptidovom reťazci. Zastúpenie a poradie aminokyselín je určené geneticky pre každú bielkovinu. Každá bielkovina má teda svoju špecifickú primárnu štruktúru, pričom táto štruktúra je odlišná pre daný druh bielkoviny rôzneho pôvodu. To znamená, že napr. hemoglobín z rôznych živočíšnych druhov nemá rovnakú primárnu štruktúru.

Sekundárna štruktúra určuje vzájomné priestorové usporiadanie susedných, alebo blízkych stavebných jednotiek molekuly. Najbežnejším typom usporiadania sekundárnej štruktúry sú helixy (závitnice). Bežným sekundárnym typom štruktúry je aj betaštruktúra (skladaný list).

Terciárna štruktúra je trojrozmerná štruktúra celého polypeptidu. Pojem sekundárnej a terciárnej štruktúry sa čiastočne prekrývajú a nie sú medzi nimi ostré hranice.

Kvartérna štruktúra bielkoviny určuje priestorové usporiadanie jednotlivých peptidových reťazcov, resp. spojenie určitých bielkovinových podjednotiek do vyššieho celku. Ak sú tieto podjednotky identické, hovoríme o homogénnej kvartérnej štruktúre, v opačnom prípade ide o heterogénnu kvartérnu štruktúru.

6.2.3.2 Vlastnosti a zmeny bielkovín

Vlastnosti bielkovín sú významne ovplyvnené štruktúrou a tvarom molekuly. Veľké rozdiely sa prejavujú najmä v rozpustnosti globulárnych a fibrilárnych bielkovín. Kým globulárne bielkoviny sa vo vode a v zriedených roztokoch elektrolytov dobre rozpúšťajú, fibrilárne bielkoviny vytvárajú často nerozpustné vláknité útvary viac alebo menej hydratované.

Roztoky bielkovín sa označujú ako koloidné roztoky. Na rozpustnosť globulárnych bielkovín vo vodnom roztoku vplýva najmä:

- *pH prostredia* – zmenou hodnoty pH sa rozpustnosť bielkoviny mení,
- *iónová sila* – v oblasti nízkych koncentrácií elektrolytov sa s rastúcou iónovou silou zvyšuje rozpustnosť bielkovín (napr. globulíny nerozpustné vo vode sa po malom prídavku NaCl do roztoku, rozpúšťajú. Na druhej strane však príliš vysoké koncentrácie soli rozpustnosť bielkovín znižujú),
- *permitivita prostredia* – rozpustnosť bielkovín je pri konštantnom pH a iónovej sile funkciou permitivity prostredia. Organické rozpúšťadlá rozpustné vo vode (napr. acetón, etanol) znižujú relatívnu permitivitu prostredia a tým umožňujú vyzrážanie bielkoviny z vodného roztoku. To sa využíva pri izolácii bielkovín, najmä pri nízkych teplotách (–5 až –20 °C), aby nedošlo k denaturácii bielkovín,
- *teplota* – s rastúcou teplotou, v rozpätí 0 až 40 °C, sa rozpustnosť bielkovín vo vodných roztokoch elektrolytov zvyšuje. V rozpätí teplôt 40 až 50 °C bielkoviny podliehajú denaturácii a pri teplotách 140 až 160 °C dochádza k ich pyrolytickému rozkladu.

Na vlastnosti bielkovín najviac vplýva teplota. Pozitívne sa vplyv teploty prejavuje:

- lepšou stráviteľnosťou bielkovín v dôsledku ich denaturácie,
- inaktiváciou niektorých prirodzene prítomných antinutritívnych látok,
- zlepšením senzorickej hodnoty potravín spôsobenej Maillardovými reakciami a reakciami neenzýmového hnednutia.

Negatívne sa vplyv teploty prejavuje:

- pyrolytickým rozkladom bielkovín,
- oxidáciou niektorých aminokyselín vplyvom kyslíka,
- hydrolýzou cystínu za súčasného uvoľňovania sírovodíka, čo spôsobuje úbytok sírnych aminokyselín,
- reakciami neenzýmového hnednutia, pričom klesá výživová hodnota niektorých druhov potravín.

Denaturácia bielkovín

Denaturácia je proces, ktorý je výsledkom pôsobenia fyzikálnych (teplota, tlak, ultrazvuk, žiarenie), chemických (soli, kyseliny, zásady) alebo mechanických (šľahanie bielka na sneh) faktorov. Najčastejšie dochádza k denaturácii pôsobením teploty. V potravinách s vyšším obsahom vody pri 40 až 100 °C a v potravinách s nízkym obsahom vody až do teploty 120 – 150 °C.

Denaturáciou sa mení vysoko usporiadaná štruktúra bielkovín na menej usporiadanú. Primárna štruktúra zostáva zachovaná, mení sa však stav molekuly.

ly bielkoviny a jej biologická aktivita. Globulárne bielkoviny sa rozvinú porušením vodíkových väzieb, pričom dĺžka reťazca zostáva zachovaná. Bielkovina sa stáva prístupnejšia pre tráviace enzýmy a je pre organizmus využiteľnejšia. Fibrilárne bielkoviny podliehajú denaturácii podstatne ťažšie, pretože majú veľmi pevné vodíkové väzby. K ich denaturácii dochádza až po niekoľkohodinovom záhreve vo vodnom prostredí (napr. kolagénové vlákna sa menia na želatínu).

K denaturácii môže dochádzať aj pri nízkych teplotách od 0 do $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pri zmrazovaní vznikajú veľké kryštáliky ľadu, ktoré porušujú fyzikálnu štruktúru bielkovín (najmä bunkové membrány), alebo dochádza k vymrazeniu viazanej vody, ktorá je potrebná na udržanie normálnej prirodzenej štruktúry bielkovín.

Pyrolytický rozklad bielkovín

Pri spracovaní potravín pri vyšších teplotách (140 až $180\text{ }^{\circ}\text{C}$) dochádza k pyrolytickému rozkladu bielkovín, pričom vznikajú tmavo sfarbené produkty, prípadne produkty prchavé, ktoré sa môžu uplatniť ako aromatické látky potravín. Mnohé zlúčeniny vznikajúce pri vysokých teplotách (napr. pri pečení, smažení nad $200\text{ }^{\circ}\text{C}$) zhoršujú hygienickú a výživovú hodnotu potravín, vyskytujú sa medzi nimi aj karcinogénne a mutagénne produkty.

Nežiaduci enzýmový rozklad bielkovín

Dochádza k nemu v dôsledku nesprávnych podmienok skladovania (izbová teplota, vlhkosť). Za týchto podmienok sa v potravinách môžu premnožiť mikroorganizmy produkujúce enzýmy, ktoré spôsobujú rozklad bielkovín a aminokyselín. Vznikajú pritom látky nepriaznivo ovplyvňujúce hygienickú a výživovú hodnotu potravín. Dochádza k tvorbe amoniaku a nižších mastných kyselín (maslová, kaprónová, kaprylová), ktoré nepriaznivo ovplyvňujú chuť a vôňu potravín, môžu sa tvoriť toxické amíny (kadaverín, putrescín, histamín), sírne zlúčeniny (sírovodík), cyklické zlúčeniny a pod. Enzýmový rozklad bielkovín môžeme pozorovať aj v sterilných potravinách, keď zvyškové hydrolázy štiepia bielkoviny na menšie fragmenty. Predchádzať nežiaducemu enzýmovému rozkladu môžeme buď tepelnou úpravou potravín, alebo správnym skladovaním v chlade alebo rýchlym zmrazením.

6.2.3.3 Najdôležitejšie bielkoviny živočíšneho a rastlinného pôvodu

Medzi najdôležitejšie bielkoviny živočíšneho pôvodu patria bielkoviny mlieka a mäsa. Z rastlinných proteínov sú to predovšetkým bielkoviny pšenice a ďalších obilnín.

Mlieko obsahuje približne 3,2 % bielkovín, pričom až 80 % z nich tvorí fosfoproteín *kazeín*. Po vyzrážaní kazeínu pri pH 4,6 zostanú v mlieku *srvátkové bielkoviny*, ktoré sú veľmi citlivé na zázehrev a ľahko podliehajú denaturácii. Bielkoviny mlieka patria medzi plnohodnotné bielkoviny, sú teda zdrojom esenciálnych aminokyselín. V priebehu technologického opracovania podliehajú rôznym zmenám.

Vzhľadom na to, že najčastejším spôsobom ošetrovania mlieka je zázehrev, vplyv teploty na bielkoviny v mlieku je veľmi významný. Ide hlavne o teplotu tuhnutia, pasterizácie a sterilizácie. Zníženie teploty pod bod tuhnutia mlieka a následný ohrev spôsobuje rozpad emulznej štruktúry, ktorá sa prejaví oddelením tukovej a vodnej vrstvy, čím sa stratí homogénnosť tejto potraviny. Takéto mlieko je navyše náchylnejšie na mikrobiálnu kontamináciu so všetkými sprievodnými negatívnymi následkami. Na druhej strane pôsobenie teploty nad 50 °C mliečny albumín a globulín denaturuje, to sa prejaví vznikom kožky na povrchu prevareného mlieka. Z mlieka ho môžeme získať dvoma spôsobmi:

- sladkým zrážaním,
- kyslým zrážaním.

K sladkému zrážaniu dochádza pôsobením syridla, čo je extrakt z teľacích žalúdkov obsahujúci enzým chymozín. Proces sladkého zrážania je ireverzibilný a využíva sa pri výrobe tzv. sladkých (tvrdých) syrov. Pri kyslom zrážaní sa upravuje pH prostredia pôsobením anorganických alebo organických kyselín, alebo postupnou mliečnou fermentáciou, pričom sa vyzráža voľný kazeín. Kyslé zrážanie je reverzibilné a využíva sa pri výrobe kyslých (čerstvých) syrov.

Zastúpenie bielkovín závisí od druhu mäsa. V čistej chudej svalovine sa nachádza 18 až 22 % bielkovín. Bielkoviny mäsa sa rozdeľujú podľa rozpustnosti na:

- sarkoplazmatické – sú rozpustné vo vode, patria medzi plnohodnotné bielkoviny, z technologického hľadiska má najväčší význam *myoglobín* a *hemoglobín*, ktoré podmieňujú červenú farbu mäsa a krvi,
- myofibrilárne – sú rozpustné v roztokoch solí, majú vláknitý tvar molekuly, ovplyvňujú kontrakciu svalov a sú schopné viazať veľký podiel vody v mäse, spôsobujú tzv. väznosť mäsa,
- stromatické – sú rozpustné vo vode aj v roztokoch solí, sú súčasťou spojivového tkaniva a z výživového hľadiska patria medzi neplnohodnotné bielkoviny, pretože neobsahujú napr. tryptofán a takmer vôbec cysteín.

Najdôležitejšie zmeny bielkovín mäsa sú postmortálne zmeny a zmeny, ku ktorým

rým dochádza pri solení mäsa. Postmortálne zmeny bielkovín mäsa prebiehajú v štyroch štádiách:

- prae-rigor (prvé štádium pred rigorom) – mäso má vysokú väznosť, nie je tuhé, neuvolňuje vodu, je vhodné na výrobu mletých mäsových výrobkov; je to tzv. „teplé mäso“ (35 až 40 °C), môže sa mraziť a tým sa uchovávajú jeho vlastnosti,
- rigor mortis – nastáva u hovädzieho mäsa 3 až 6 hodín po porážke, u bravčového mäsa skôr, po 1 až 6 hodinách. Charakteristickými vlastnosťami stavu rigor mortis je pokles hodnoty pH, čo sa prejaví väčšou trvanlivosťou mäsa (potlačí sa vznik hnilobnej mikroflóry), ale na druhej strane sa znižuje väznosť mäsa a mäso začína tuhnúť,
- zrenie mäsa – v tomto štádiu sa uvoľní rigor mortis, a to sa prejaví opätovným zvýšením pH a väznosti (aj keď nie na pôvodné hodnoty), krehkosťou mäsa, zvýšením koncentrácie peptidov a aminokyselín, zvýšením rozpustnosti bielkovín a zlepšením senzorickej hodnoty,
- autolýza – nastáva pri dlhodobom skladovaní ako nežiaduci proces, pri ktorom dochádza k degradácii bielkovín a aj ďalších výživovo dôležitých látok.

Solenie mäsa, t. j. prídavok NaCl alebo soliacich zmesí, môže tiež spôsobiť výrazné zmeny bielkovín mäsa. Solenie s NaCl sa v technológii mäsa využíva iba v obmedzenej miere, hlavne pri výrobe niektorých drobných a varených mäsových výrobkov. Častejšie sa využíva solenie mäsa a výrobkov dusitanovou a dusičnanovou soliacou zmesou kvôli dosiahnutiu ružovej farby a zvýšeniu trvanlivosti výrobkov.

Obilniny patria k najvýznamnejším zdrojom rastlinných bielkovín vo výžive človeka. Veľká časť bielkovín prechádza pri mlynskej úprave obilných zŕn do otrúb a pretože vonkajšie vrstvy zrna sú na bielkoviny bohatšie ako vnútorné, množstvo bielkovín v múke závisí od vymletia, t. j. biela múka má menej bielkovín ako tmavá celozrnná.

Množstvo bielkovín v pšeničnej múke je približne 10 až 15 %. Medzi najdôležitejšie bielkoviny pšenice patria *gliadín* a *gluteín*, ktoré sú súčasťou lepku. Pšeničná múka je charakterizovaná silou, t. j. schopnosťou vytvoriť cesto s určitým obsahom CO₂, v určitom objeme a tvare finálneho výrobku. Sila múky je určená množstvom a vlastnosťami bielkovín a proteolytických enzýmov.

V cereálnych bielkovinách sa vyskytuje aj *lyzín*, *tryptofán* a *metionín*. Aminokyseliny sa ľahko zapájajú do reakcií neenzýmového hnednutia, ktoré na jednej strane zvyšuje senzorickejšiu hodnotu, ale na druhej strane znižuje výživovú hodnotu potravín.

6.2.3.3 Netradičné zdroje bielkovín

Bilancia efektívneho využitia bielkovín vo výžive človeka ukazuje, že existujú veľké rozdiely medzi množstvom bielkovín vyprodukovaných poľnohospodárskou výrobou a stupňom ich využitia v potravinárskom priemysle. Časť týchto bielkovinových zdrojov sa vracia do poľnohospodárstva vo forme krmiva, časť sa likviduje ako odpad a časť predstavuje manipulačné a iné straty. Z hľadiska vynaložených nákladov ide o plytvanie. Treba preto vo väčšej miere využívať zdroje bielkovín z poľnohospodárskej výroby na výživu človeka, a tým čiastočne riešiť aj problém podvýživy a hladu vo svete.

Na základe súčasných poznatkov a možností sa *netradičné zdroje bielkovín*, predovšetkým druhotné suroviny potravinárskeho priemyslu a suroviny doteraz v potravinárstve, nevyužívajú. Okrem toho, že tieto suroviny musia mať dostatočné zastúpenie bielkovín a vyhovujúcu skladbu aminokyselín, hlavne esenciálnych, musia vyhovovať aj senzorickým a hygienickým požiadavkám. Spôsob izolácie bielkovín nesmie byť náročný, dôležitá je aj ich cenová prístupnosť a ekonomická stránka procesu získavania a spracovania.

Podľa pôvodu suroviny rozdeľujeme netradičné zdroje bielkovín na:

- *rastlinné* – sója, repka a semená ďalších olejní, pšenica, ovos, hrach, kukurica, zemiaky, listy a zelené struky, kokosové orechy a tabakové listy,
- *živočíšne* – krv, mlieko, vajcia, vedľajšie jatočné produkty, ako kosti, plúca, žalúdky, držky a pod., ryby a morské živočíchy,
- *z mikroorganizmov* – kvasinky, baktérie, riasy.

V druhej polovici minulého storočia boli dobre rozpracované technológie využívajúce na výrobu bielkovinových koncentrátov a izolátov hlavne suroviny z rastlinných materiálov, napr. extrakčné šroty olejní a strukovín, listy niektorých rastlín a zeleninové vňate. *Koncentráty bielkovín* obsahujú 50 až 70 % proteínov. Získavajú sa denaturáciou a následnou extrakciou rozpustných nebielkovinových zložiek. Využívajú sa hlavne v mäsovej a pekárenskej výrobe. *Izoláty bielkovín* môžu obsahovať až 90 % proteínov. Zo surovín sa získavajú extrakciou zriedeným roztokom hydroxidu sodného alebo vápenatého. Nebielkovinové zložky sa odstraňujú úpravou pH prostredia, čím sa dosiahne ich vyzrážanie. Vzhľadom na vysoký obsah bielkovín sa izoláty využívajú ako potravinové doplnky alebo medziprodukty určené na ďalšie spracovanie.

6.3 Lipidy

Lipidy sú významné zložky potravín, ktoré ovplyvňujú ich výživovú a energetickú hodnotu. Z chemického hľadiska zaraďujeme k nim predovšetkým deriváty mastných kyselín, ich estery a amidy. V praxi sa k lipidom priradujú aj iné neprchavé lipofilné zlúčeniny, ktoré v prírodných aj priemyselných produktoch správajú lipidy. Preto ich nazývame sprievodné látky – lipoidy. Chemická štruktúra lipoidov je výrazne odlišná od lipidov a často ani neobsahujú mastné kyseliny. Patria sem rôzne terpenoidy (steroidy, karotenoidy), lipofilné vitamíny, niektoré farbivá a prírodné antioxidanty a ďalšie lipofilné zlúčeniny. Na základe chemického zloženia sa lipidy delia do troch skupín:

- *homolipidy* – zlúčeniny mastných kyselín a alkoholov,
- *heterolipidy* – okrem mastných kyselín a alkoholu obsahujú ďalšiu kovalentne viazanú zlúčeninu (kyselinu fosforečnú vo fosfolipidoch alebo D-galaktózu v glykolipidoch),
- *komplexné lipidy* – obsahujú homolipidy a heterolipidy, ale aj ďalšie zložky, ktoré sú viazané inými väzbami, nielen kovalentnými (vodíkovými väzbami alebo hydrofóbnymi interakciami).

V potravinárskej technológii a praxi sa však názov lipidy takmer nepoužíva. Bežne sa používajú pojmy tuky a oleje, mastné kyseliny, vosky a lecitín, pretože iba tieto zložky majú najväčší priemyselný význam.

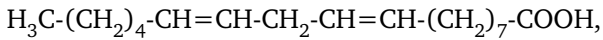
6.3.1 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny sú z hľadiska výživy najdôležitejšou zložkou lipidov. Podľa chemického názvoslovia ide o karboxylové kyseliny s alifatickým uhľovodíkovým reťazcom, ale v lipidoch sa vyskytujú aj mastné kyseliny cyklické a aromatické. V prírode, a teda aj v potravinách, sa vyskytujú mastné kyseliny s rôznym stupňom nenasýtenosti. Delíme ich na:

- *nasýtené mastné kyseliny* – bežne sa vyskytujú v prírodných lipidoch, zvyčajne majú párny počet uhlíkov (4 až 60) v alifatickom reťazci. V praxi sa používajú ich triviálne názvy, napr. kyselina maslová, palmitová, stearová,
- *nenasýtené mastné kyseliny s jednou dvojitou väzbou – monoénové*, líšia sa navzájom v počte atómov uhlíka, polohou dvojitej väzby a jej priestorovou konfiguráciou. Najbežnejšou monoénovou kyselinou vyskytujúcou sa v prírodných lipidoch je kyselina olejová (cis-9-oktadecénová) a kyselina palmitolejová (cis-9-hexadecénová). V niektorých rastlinných zdrojoch (v horčičných

a repkových semenách) nájdeme aj kyselinu erukovú, pri ktorej existujú pochybnosti o jej zdravotnej bezpečnosti. Preto sa vyšľachtili odrody takej repky, ktoré majú obsah tejto kyseliny výrazne nižší ako klasické odrody,

- *nenasýtené mastné kyseliny s viacerými dvojitými väzbami – polyénové*, sú veľmi dôležité z hľadiska výživy, viaceré patria medzi esenciálne (nenahradiiteľné) mastné kyseliny. Jedna z najvýznamnejších esenciálnych mastných kyselín je *kyselina linolová* (cis,cis-9,12-oktadekadiénová)



ktorá patrí medzi kyseliny radu n-6 (alebo ω -6), čo znamená, že posledná dvojitá väzba vychádza zo šiesteho uhlíkového atómu od koncovej metylovej skupiny. Podobne *kyselina linolénová* (cis,cis,cis,-9,12,15-oktadekatriénová)



patrí do n-3 (alebo ω -3) radu mastných kyselín, t. j. poslednú dvojitú väzbu má na treťom uhlíkovom atóme od koncovej metylovej skupiny. Mastné kyseliny radu n-3 a n-6 majú dôležité miesto vo výžive, sú prekurzormi viacerých fyziologicky dôležitých látok v organizme, ovplyvňujú stav ciev, zrážavosť krvi, krvný tlak. Hlavným zdrojom mastných kyselín radu n-3 sú morské ryby a cicavce, sladkovodné ryby a rastlinné oleje. Zdrojom mastných kyselín radu n-6 sú najmä rastlinné oleje. Ideálny pomer mastných kyselín radu n-6 k radu n-3 je 10:1.

- *mastné kyseliny s trojitými väzbami a rôznymi substituentmi* – v porovnaní s predchádzajúcimi skupinami tieto typy mastných kyselín v potravinárstve a vo výžive nemajú väčší význam.

6.3.2 Tuky a oleje

Z potravinárskeho hľadiska sú najvýznamnejšími lipidmi estery glycerolu a mastných kyselín. Podľa počtu naviazaných zvyškov mastných kyselín rozoznáваме tri typy acylglycerolov, a to:

- monoacylglyceroly – s jedným zvyškom mastnej kyseliny,
- diacylglyceroly – s dvoma zvyškami mastných kyselín,
- triacylglyceroly – s tromi zvyškami mastných kyselín.

V prírode sa najčastejšie vyskytujú acylglyceroly, ktoré majú na jednej molekule glycerolu naviazané tri zvyšky mastných kyselín, pričom tieto kyseliny môžu byť rovnaké (jednoduché triacylglyceroly) alebo rôzne (zmiešané triacylglyceroly). Triacylglyceroly sa všeobecne označujú ako tuky. Pokiaľ sú tuky pri izbovej teplote tekuté, označujú sa ako oleje. Toto delenie podľa skupenstva má

už dnes iba historický význam, ale v bežnej praxi sa ešte stále používa. Triacylglyceroly sa vyskytujú v rastlinných aj živočíšnych materiáloch, pričom zastúpenie jednotlivých druhov mastných kyselín ovplyvňuje ich pôvod. Vo väčšine rastlinných olejov prevláda kyselina olejová a linolová a z nasýtených kyselina palmitová. V tukoch domácich zvierat prevažuje kyselina olejová a z nasýtených hlavne palmitová a stearová. Mliečne tuky obsahujú vyššie percento nasýtených mastných kyselín so 4 až 12 atómami uhlíka v reťazci. Tuky rýb a morských živočíchov obsahujú vyššie nenasýtené mastné kyseliny s 20 až 22 atómami uhlíka a s 3 až 6 dvojitými väzbami v reťazci.

6.3.3 Ďalšie lipidy a lipoidy

Ako aditíva upravujúce konzistenciu potravín sa využívajú niektoré fosfolipidy (fosfatidylcholín = lecitín). Fosfolipidy zaraďujeme medzi heterolipidy, ktoré obsahujú okrem mastných kyselín a alkoholu aj kyselinu fosforečnú. Väčší než potravinársky je ich fyziologický význam, pretože sú súčasťou bunkových membrán, kde sa uplatňujú pri transportných procesoch.

Lipoidy, sprievodné látky lipidov, sú látky lipofilného charakteru, ktoré sa získajú extrakciou potravinárskeho materiálu pri izolácii prírodných lipidov. Hlavný podiel sprievodných látok lipidov tvoria *steroly*. Sú to alicyklické alkoholy odvodené od cyklopentánperhydrofenantrénu. Rozdeľujú sa podľa pôvodu na živočíšne, rastlinné a mikrobiálne.

Medzi živočíšne steroly patrí *cholesterol*, ktorý je veľmi dôležitý pre organizmus človeka. Je nevyhnutný pri výstavbe a obnove bunkových membrán a plní aj ďalšie biologicky významné úlohy. Cholesterol je prekursorom steroidných hormónov a žlčových kyselín. V organizme sa syntetizuje v dostatočnom množstve, a preto nie je jeho prísun potravou potrebný.

Naproti tomu cholesterol predstavuje jeden z najzávažnejších rizikových faktorov vzniku aterosklerózy. Pri zvýšení hladiny cholesterolu v krvi sa zvyšuje riziko jeho úniku a ukladania sa na nevhodných miestach, predovšetkým do cievnych stien, čím sa zúži ich vnútorný prierez a zhorší zásobovanie životne dôležitých orgánov. Denný príjem cholesterolu nemá byť vyšší ako 300 mg. Hladinu cholesterolu v krvi možno ovplyvniť vhodným výberom potravín, zložením mastných kyselín a množstvom hrubej vlákniny. Na reguláciu jeho množstva v krvi je dôležitý pomer polyénových mastných kyselín k nasýteným kyselinám v potrave. Nadbytočný prísun nasýtených mastných kyselín znamená aj nárast hladiny cholesterolu a naopak zvýšený príjem polyénových mastných kyselín hladinu cholesterolu znižuje. Odborníci odporúčajú zníženie konzumácie živo-

číšnych tukov (maslo, masť) a zvýšenie príjmu rastlinných olejov a tukov z rýb a morských živočíchov v potrave. Hrubá vláknina viaže časť prebytočného cholesterolu na svojom povrchu a tým zabraňuje jeho vstrebávaniu v tenkom čreve. Okrem toho, že sa cholesterol ukladá v cievach, pri tepelnej úprave pokrmov vznikajú jeho oxidované deriváty, ktoré môžu byť pre cievny systém nebezpečnejšie ako samotný cholesterol.

6.3.4 Zmeny lipidov – tuchnutie

Lipidy patria medzi labilné zložky potravín, ktoré veľmi ľahko podliehajú nežiaducim zmenám, ktoré označujeme pojmom tuchnutie. Ide o súbor reakcií, ktoré vedú k tvorbe produktov zhoršujúcich výživovú a senzoryckú hodnotu potravín. Tuchnutím označujeme:

- hydrolyzu tukov,
- reverziu tukov,
- ketónové tuchnutie,
- autoxidáciu tukov.

Hydrolyza tukov je proces prebiehajúci buď chemickou cestou (pri dlhodobom varení a smažení), alebo častejšie pôsobením enzýmu lipázy (pri nevhodnom skladovaní potravín). Pri hydrolyze dochádza k rozkladu tukov na pôvodné zložky, t. j. na glycerol a mastné kyseliny. Aktívna lipáza sa vyskytuje v rastlinných surovinách, najmä v nezrelých plodoch a klíčiach semenách, je aj v živočíšnych tukových tkanivách, a tiež ju môžu produkovať niektoré mikroorganizmy, napr. plesne a baktérie. Hydrolyzou sa zhoršujú organoleptické vlastnosti tukovej suroviny, hlavne vôňa a chuť, a zvyšuje sa náchylnosť tuku na oxidčné zmeny.

Reverzia je proces tuchnutia, ktorý prebieha pôsobením enzýmu lipoxygenázy. Tento enzým sa vyskytuje v rastlinných aj živočíšnych materiáloch a produkujú ho aj niektoré mikroorganizmy. Lipoxygenáza oxiduje esenciálne mastné kyseliny a spôsobuje vznik peroxidov a hyperoxidov, ktoré sa následne štiepia na senzorycky a nutrične nežiaduce produkty. Reverzia prebieha v širokom teplotnom rozpätí (od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až po $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$) a spôsobuje rozklad esenciálnych mastných kyselín v produktoch s vyšším obsahom tuku, napr. v rastlinných olejoch (slnečnicový, sójový), ale prejavuje sa aj zmenou vlastností tukov pri skladovaní a spracovaní konzervárenských produktov.

Ketónové tuchnutie je charakteristické hlavne pre mliečny a kokosový tuk. Spôsobujú ho mikroorganizmy produkciou enzýmov, ktoré oxidujú mastné ky-

seliny za vzniku látok dodávajúcich jedlým tukom (najmä maslu) nežiaduci špecifický tzv. parfémový zápach.

Najrozšírenejšou nežiaducou zmenou lipidov, ktorá prebieha nielen v potravinách s vyšším, ale aj s nízkym obsahom tukov (ovocie, zelenina), je *autooxidácia*. Táto zmena nevyžaduje prítomnosť enzýmov, ale nevyhnutnou podmienkou je prítomnosť kyslíka a vyššia teplota. Nasýtené mastné kyseliny podliehajú autooxidácii pri bežných teplotách iba veľmi pomaly, ale nenasýtené mastné kyseliny podliehajú podstatne rýchlejšie. Autooxidácia je radikálová reakcia, pretože štiepením väzieb mastných kyselín vznikajú veľmi reaktívne radikály. Energia potrebná na štiepenie týchto väzieb sa získava z rôznych zdrojov. Môže to byť:

- záhrev, t. j. tepelná energia,
- ultrafialové alebo rádioaktívne žiarenie,
- viditeľné svetlo,
- pôsobenie iných voľných radikálov,
- prítomnosť stopových množstiev kovov.

Primárnymi produktmi autooxidácie sú hydroperoxydy, ktoré síce nemajú výrazný vplyv na kvalitu potraviny, ale z nich vznikajú sekundárne produkty, ktoré nežiaduco ovplyvňujú sensorickú hodnotu potraviny a môžu byť aj toxické pre organizmus človeka.

Rýchlosť reakcií autooxidácie ovplyvňuje celý rad faktorov (teplota, prístup vzduchu, žiarenie, prítomnosť stopových množstiev kovov), čo umožňuje ich inhibíciu. Spomaliť reakcie autooxidácie je možné:

- *znížením koncentrácie oxylabilných zložiek v potravine* – odstránením alebo znížením podielu tuku alebo polyénových mastných kyselín stužovaním, t. j. hydrogenáciou alebo preesterifikáciou,
- *znížením teploty skladovania alebo tepelnej úpravy,*
- *ochranou potravín pred účinkom UV žiarenia a svetla* – skladovaním v tme, aplikáciou vhodných obalov a pod.,
- *prídavkom látok, ktoré viažu stopové množstvá kovov* – kovy pôsobia ako katalyzátor autooxidácie,
- *prídavkom antioxidantov zneškodňujúcich radikály* – vitamín E, kyselina L-askorbová, syntetické antioxidanty,
- *obmedzením alebo odstránením prístupu kyslíka* – použitím nepriepustných obalov, balením v inertnej atmosfére.

6.3.5 Technologicky významné reakcie tukov a olejov

Lipidy patria k reaktívnym zložkám potravín. Ľahko podliehajú hlavne autooxidácii a určitý význam majú aj ich hydrolytické reakcie. Priemyselný význam majú však hlavne:

- *esterifikačné reakcie lipidov* – uplatňujú sa pri úprave vlastností produktov, napr. pri výrobe tukov s definovaným zastúpením mastných kyselín, alebo teplotou topenia (tuky stabilnejšie pri tepelnom záhreve), pri výrobe emulgátorov alebo príprave esterov mastných kyselín na laboratórne účely,
- *hydrogenácia (stužovanie)* – jej cieľom je výroba stužených tukov, ktoré sú odolnejšie voči nežiaducim zmenám pri skladovaní alebo tepelnej úprave a zároveň sú aj ľahšie stráviteľné a dobre roztierateľné. Hydrogenácia prebieha postupne, z polyénových vznikajú monoénové kyseliny a z nich môžu vznikáť až nasýtené kyseliny. Premena všetkých nenasýtených kyselín na nasýtené však nie je žiaduca, pretože vzniká príliš tvrdý, ťažko stráviteľný tuk s vysokým bodom topenia. Nevýhodou hydrogenácie je, že pri nej dochádza k izomerizácii dvojitej väzby, pričom vzniká určité množstvo *trans*-izomérov mastných kyselín, o ktorých existujú určité pochybnosti, vzhľadom na ich vplyv na zdravie človeka,
- *zmydelňovanie* – ide o reakciu, ktorá sa využíva pri výrobe mydiel.

6.4 Sacharidy

Sacharidy patria medzi najrozšírenejšie zložky potravín. Na základe chemického zloženia ich zaraďujeme k polyhydroxyaldehydom a polyhydroxyketómom, ktoré majú aspoň 3 alifaticky viazané uhlíkové atómy. K sacharidom však patria aj geneticky príbuzné deriváty, ktoré nemajú žiadnu aldehydovú alebo ketónovú funkčnú skupinu. Sacharidy sa rozdeľujú na základe molekulovej hmotnosti, t. j. podľa počtu navzájom viazaných jednoduchých cukrov na:

- monosacharidy – zložené z jedného sacharidu, aldózy alebo ketózy (podľa prítomnej karbonylovej skupiny),
- oligosacharidy – zložené z dvoch alebo až desiatich rovnakých alebo rôznych monosacharidov,
- polysacharidy – zložené z viac ako desiatich rovnakých alebo rôznych monosacharidov,
- zložené sacharidy – obsahujú okrem sacharidov aj iné zlúčeniny, napr. lipidy, proteíny, peptidy.

Sacharidy vznikajú v prírode v bunkách fotoautotrofných organizmov v procese fotosyntézy. Heterotrofné organizmy ich získavajú z organizmov autotrofných, alebo si ich syntetizujú z nesacharidových substrátov. Sacharidy sú teda stálou súčasťou buniek jednak živočíšnych, kde je ich obsah niekoľko percent, jednak rastlinných tkanív, kde môžu tvoriť až 85 – 90 % sušiny. Sacharidy plnia v bunkách viacero funkcií:

- predstavujú jeden z hlavných zdrojov energie pre organizmus (1g cukru poskytuje energiu 17 kJ),
- sú stavebnými jednotkami buniek, chránia bunky pred rôznymi vonkajšími vplyvmi,
- sú biologicky aktívnymi látkami, alebo sú aspoň zložkami biologicky aktívnych látok (hormóny, vitamíny).

Monosacharidy sa vyskytujú v pomerne premenlivom množstve takmer vo všetkých potravinách. Relatívne veľa monosacharidov sa vyskytuje v ovocí. Ich množstvo však závisí od stupňa zrelosti, druhu ovocia, od podmienok skladovania, spracovania a pod. Z potravinárskeho hľadiska sú z monosacharidov dôležité hlavne niektoré hexózy (obsahujú šesť atómov uhlíka) a pentózy (obsahujú päť atómov uhlíka). Glukóza (hroznový cukor) a fruktóza (ovocný cukor) sú najčastejšie sa vyskytujúce hexózy vo väčšine potravín. V menšom množstve sa v potravinách vyskytujú aj ďalšie voľné cukry, napr. manóza a galaktóza. Pentózy sa v potravinách vyskytujú v menšom množstve ako hexózy a sú to predovšetkým ribóza, arabinóza a xylóza (drevný cukor). Sacharidy sa do mnohých potravín pridávajú zámerné na zlepšenie organoleptických vlastností (chuť, textúra). Monosacharidy sa najčastejšie pridávajú vo forme invertného cukru a glukózových a fruktózových sirupov.

Oligosacharidy sú prirodzené zložky potravín, viazané alebo voľné sa vyskytujú v ovocí, zelenine, v mlieku. Zložené sú z bežných monosacharidov (glukózy, fruktózy, galaktózy, manózy) v rôznych kombináciách. Z oligosacharidov sú všeobecne najznámejšie napr. sacharóza (repný alebo trstinový cukor), laktóza (mliečny cukor), maltóza (sladový cukor). V poslednom období sa mnohé oligosacharidy používajú ako potravinárske aditíva, ktoré majú zabezpečiť zvýšenú viskozitu, alebo väznosť vody ako prevenciu proti vysychaniu potraviny, alebo majú zabezpečiť zníženie aktivity vody ako ochranu pred mikrobiálnou kontamináciou, prípadne zabrániť retrogradácii škrobu pri starnutí pečiva a pod. Viaceré oligosacharidy sú vo vode rozpustné, tvoria mierne sladké roztoky s vyššou viskozitou, ako majú monosacharidy. Preto sa uplatňujú pri výrobe nízko energetických a diabetických potravinárskych výrobkov. Niektoré majú aj prebiotické, probiotické a synbiotické účinky.

Väčšina *polysacharidov* vyskytujúcich sa v organizmoch má buď rezervnú (škrob, glykogén, inulín), alebo stavebnú funkciu (celulóza, hemicelulóza, pektínové látky). Polysacharidy sa uplatňujú pri eliminácii osmotického stresu, pri ochrane poškodených pletív a pod. Celulóza, hemicelulóza a pektínové látky sú aj súčasťou tzv. vlákniny, ktorá je v organizme človeka nestráviteľná. Vlákni- na je však dôležitá z hľadiska prevencie niektorých ochorení predovšetkým kar- diovaskulárnych a karcinogénnych. Oproti rastlinným škrobom a živočíšnemu glykogénu, organizmy využívajú polysacharidy ako zdroj energie.

Prevládajúcim polysacharidom v ovocí je pektín, v menšej miere sa tu vysky- tuje celulóza, hemicelulóza a lignín. Škroby sa vyskytujú iba v nezrelom ovocí a s výnimkou banánov, postupným dozrievaním ovocia sa ich obsah znižuje. Na- proti tomu škroby sú prevládajúcimi polysacharidmi v zelenine a okopaninách, pričom s dozrievaním ich obsah rastie. Sú aj hlavnými polysacharidmi všetkých obilnín. Dôležitými zložkami zeleniny a obilnín sú aj neškrobové polysacharidy – celulóza, hemicelulóza, pektíny a lignín.

V potravinárskej výrobe majú polysacharidy veľký význam. Ovplyvňujú orga- noleptické vlastnosti potravín, používajú sa ako plnivá, zahusťovadlá, zvyšujú viskozitu výrobkov, pôsobia ako stabilizátory alebo sa používajú ako gély. V po- slednom čase ich význam rastie aj v súvislosti s vývojom nových technológií vý- roby potravín so zníženým obsahom tukov a sacharózy. Spotreba natívneho škrobu v potravinárstve síce klesá, ale naproti tomu výrazne vzrastá spotreba rôznych modifikovaných škrobov a celulózy, rastlinných gúm, polysacharidov morských rias a mikroorganizmov.

6.4.1 Zmeny sacharidov

Z technologického hľadiska sú významné predovšetkým tieto typy reakcií:

- hydrolýza oligosacharidov a polysacharidov,
- karamelizácia,
- neenzýmové hnednutie a Maillardové reakcie.

Hydrolýza, chemická alebo enzýmová, je reakcia, pri ktorej sa získavajú z oli- gosacharidov a polysacharidov jednoduchšie sacharidy až monosacharidy. Rýchlosť hydrolýzy podmieňuje hlavne pH prostredia a pri niektorých technoló- giách môže byť táto reakcia nežiaduca. Hydrolýza sacharózy, pôsobením kyselín alebo enzýmu invertázy, spôsobuje vznik ekvimolárnej zmesi pôvodných zložiek tvoriacich sacharózu, t. j. D-glukózy a D-fruktózy. Táto zmes, na rozdiel od sa-

charózy otáčajúcej rovinu polarizovaného svetla doprava, otáča rovinu polarizovaného svetla opačne, pretože ľavotočivosť fruktózy je väčšia ako pravotočivosť glukózy. Zmena otáčavosti roviny polarizovaného svetla sa nazýva *inverzia*, a preto vznikajúcu zmes glukózy a fruktózy nazývame aj *invertný cukor*. Invertný cukor je relatívne stabilný v mierne kyslom a v neutrálnom prostredí, ale v silne kyslom a alkalickom prostredí, pri vyššej teplote a v prítomnosti aminokyselín ľahko podlieha ďalším reakciám, predovšetkým sa zapája do reakcií neenzýmového hnednutia. Preto je inverzia nežiaduca hlavne v cukrovarníckej a konzervárenskej výrobe.

Karamelizácia sacharidov je proces, pri ktorom vznikajú pri teplote 150 až 190 °C, najviac však 240 °C, hnedé až hnedočierne produkty rôzneho zloženia tzv. karamel. Karamelizácia prebieha pri vyšších teplotách, preto ju považujeme za osobitný prípad pyrolýzy, aj keď vzhľadom na tvorbu farebných produktov, by sme ju mohli považovať za reakciu neenzýmového hnednutia. Tvorba karamelu závisí od viacerých faktorov, napr. od obsahu vody, pH prostredia, teploty, reakčného času, prítomnosti kyselín a zásad. V potravinárskej výrobe sa karamel používa pre svoje organoleptické vlastnosti (farba, chuť, vôňa). Pri jeho výrobe je veľmi dôležité dodržiavať presné technologické postupy, pretože v opačnom prípade môžu vzniknúť aj látky s horkou a pálivou príchuťou, ktoré organoleptické vlastnosti výrobku znehodnocujú.

Reakcie neenzýmového hnednutia potravín patria medzi najrozšírenejšie a najvýznamnejšie reakcie, ktoré prebiehajú pri spracovaní a skladovaní potravín. Na týchto reakciách sa zúčastňujú zlúčeniny rozličného zloženia, tzv. prekurzory, z ktorých vznikajú hnedo sfarbené produkty. Medzi prekurzory patria najmä monosacharidy, ale aj niektoré oligosacharidy, chinóny a ich deriváty, autooxidačné produkty tukov, olejov aj iných lipidov, aromatické látky potravín, zlúčeniny ťažkých kovov, prírodné farbivá a amínové deriváty. Na reakciách neenzýmového hnednutia sa zvyčajne zúčastňuje niekoľko prekurzorov naraz a pomer rozsahu reakcií jednotlivých typov závisí od zloženia suroviny, od spôsobu a podmienok pri výrobe a skladovaní.

Za špeciálny prípad reakcií neenzýmového hnednutia sa považujú *Maillardove reakcie*. Ide o reakcie sacharidov s aminokyselinami, pri ktorých sa tvoria hnedé vysokomolekulové melanoidíny. Tieto reakcie bývajú často sprevádzané aj inými súbežnými reakciami. Štúdiom rôznych zlúčení, vznikajúcich pri Maillardových reakciách, a mechanizmom ich tvorby, sa v súčasnosti zaoberá veľa odborníkov hlavne z dvoch dôvodov. Na jednej strane je potrebné Maillardove reakcie v potravinách potláčať, pretože môžu viesť k zníženiu ich výživovej hodnoty a k zhoršeniu organoleptických vlastností. Je to hlavne v prípade tých druhov potravín, ktoré sú zdrojmi plnohodnotných bielkovín (mlieko, mliečne

a konzervárenské výrobky). Na druhej strane, pri výrobe pečených, smažených a pražených výrobkov (pečené mäso, kôrka chleba, pražená káva), sa uprednostňuje senzorická hodnota (najmä chuť a vôňa) pred výživovou a Maillardove reakcie sa považujú za užitočné.

6.5 Vitamíny

Vitamíny sú organické nízko molekulové zlúčeniny, ktoré si organizmus človeka nevie syntetizovať sám, a preto ich musí prijať potravou. Sú to esenciálne zložky potravy, ktoré sú pre človeka nevyhnutné, aj keď neslúžia ako zdroj energie, ani ako stavebný materiál pre organizmus. Ich význam spočíva vo viacerých funkciách, ktoré plnia v metabolizme organizmu človeka. Vitamíny zohrávajú významnú úlohu ako prekurzory kofaktorov rôznych enzýmov, uplatňujú sa v oxidačno-redukčných systémoch, sú súčasťou katalyzátorov biochemických reakcií atď., preto ich často označujeme ako *exogénne esenciálne biokatalyzátory*.

Vitamíny sú látky s rôznou chemickou štruktúrou. Vykonávajú rovnaké funkcie v rôznych druhoch organizmov, ale nemusia byť pre všetky organizmy esenciálne. Napríklad určité druhy mikroorganizmov sú schopné si niektoré vitamíny samé syntetizovať, a preto tieto látky nie sú pre ne vitamínmi.

Vitamíny sa vyskytujú v rastlinných aj živočíšnych zdrojoch potravy. Klasifikujú sa podľa spoločných fyzikálnych vlastností, konkrétne podľa rozpustnosti v polárnych a nepolárnych rozpúšťadlách. Na základe rozpustnosti delíme vitamíny do dvoch skupín:

- *vitamíny rozpustné vo vode (hydrofilné)* – vitamíny skupiny B (tiamín, riboflavín, nikotínamid, kyselina pantoténová, pyridoxín, kyselina listová, biotín, korinoidy), vitamín C a bioflavonoidy. Hydrofilné vitamíny sa zväčša uplatňujú v organizme ako katalyzátory v metabolizme nukleových kyselín, bielkovín, sacharidov, tukov a ďalších látok.
- *vitamíny rozpustné v tukoch (lipofilné)* – vitamíny A, D, E a K. Tieto vitamíny plnia v organizme rôzne funkcie. Okrem toho, že sa môžu zúčastňovať na rôznych biochemických reakciách, pôsobia aj ako antioxidanty.

Niektoré látky, ktoré nevykazujú fyziologické účinky, sú schopné sa v organizme zmeniť na vitamíny. Tieto prekurzory vitamínov nazývame *provitamínmi*. Pri pôsobení určitých faktorov je organizmus schopný z provitamínu syntetizovať vitamín (napr. pôsobením enzýmu karotenázy vzniká z karotenoidov vitamín A; z niektorých sterolov vzniká vitamín D účinkom UV žiarenia).

Potreba vitamínov pre organizmus je pomerne nízka, závisí však od viacerých faktorov, ako napr. vek, pohlavie, zdravotný stav organizmu, životný štýl, stravovacie návyky, pracovná aktivita a pod. Hydrofilné vitamíny sa v organizme neukladajú, ich prebytok sa vylučuje močom. Lipofilné vitamíny sa ukladajú v pečeni a čas, počas ktorého množstvo vitamínu predstavuje potrebnú rezervu pre organizmus, tzv. *rezervná kapacita*, sa môže pohybovať od 4 až 10 dní (tiamín) po niekoľko rokov (vitamín A – 1 až 2 roky, korinoidy – 3 až 5 rokov).

Nedostatok vitamínov sa v organizme človeka prejavuje nežiaducimi chorobnými príznakmi, ktoré označujeme pojmom *hypovitaminóza* (ľahšia forma ochorenia v dôsledku nedostatočného množstva vitamínu), alebo *avitaminóza* (ťažšia forma ochorenia v dôsledku úplného nedostatku vitamínu, výsledkom je porušenie niektorých biochemických reakcií v organizme). K chorobným prejavom môže dochádzať nielen v dôsledku nedostatočného prísunu vitamínov potravou, ale aj v dôsledku nedostatočnej resorpcie, vplyvom fyziologických zmien v organizme, vplyvom antivitamínov a pod. Opačným prípadom je *hypervitaminóza*, t. j. nadmerný príjem niektorých vitamínov. Predovšetkým lipofilné vitamíny A a D môžu v nadbytku vyvolávať poruchy niektorých biochemických procesov a závažné ochorenia organizmu.

Množstvo a využitie jednotlivých vitamínov v organizme môže byť ovplyvnené aj prítomnosťou iných zložiek potravín, ktoré zabraňujú využitiu vitamínov, alebo priamo ich metabolizmus inhibujú. Tieto látky nazývame antagonistami vitamínov alebo *antivitamínmi*. Sú to látky, ktoré určitým spôsobom eliminujú biologické účinky vitamínov, čo vedie k prejavom ich deficitu v organizme. Poznáme tri skupiny antivitamínov:

- *zlúčeniny s podobnou štruktúrou ako vitamíny*, ktoré v reakciách môžu vitamín nahradiť a tým zmeniť priebeh príslušnej reakcie,
- *enzýmy*, ktoré oxidujú alebo rozkladajú vitamíny a tým ich menia na neúčinné látky,
- *látky*, ktoré s vitamínmi tvoria nevyužiteľné komplexy.

Látky prvej skupiny, tzv. pravé antivitamíny, sa obyčajne bežnými technologickými postupmi nedajú odstrániť, ale antivitamíny z ďalších dvoch skupín je možné vhodnou úpravou (napr. tepelnou) eliminovať.

V potravinách sa vitamíny vyskytujú buď voľné, alebo viazané, najčastejšie na bielkoviny alebo sacharidy, v množstvách od $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ až po niekoľko sto až tisíc $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Významnými zdrojmi vitamínov sú hlavne základné potraviny – mäso, mlieko, vajcia, chlieb, ovocie a zelenina. Niektoré potraviny obsahujú veľmi vysoký obsah vitamínu (napr. šípky vitamín C), iné obsahujú len určitý druh vitamínov (korinoidy sú iba v potravinách živočíšneho pôvodu). Obsah vitamínov

v potravinách závisí významne aj od správneho skladovania, technologického postupu a kulinárnej úpravy. Sú to veľmi labilné zložky potravín, citlivé na rôzne fyzikálno-chemické vplyvy a faktory (teplota, pH, žiarenie), čo spôsobuje väčšie alebo menšie straty počas skladovania a spracovania. Množstvo vitamínov v surovinách a produktoch je preto indikátorom podmienok ich skladovania, kvality a šetrnosti technologických a kulinárnych operácií.

Vzhľadom na význam vitamínov vo výžive človeka je potrebné používať také spôsoby skladovania a spracovania ich zdrojov, aby sa v maximálnej miere uchovalo ich množstvo v potravine. Nie vždy je však možné dosiahnuť také postupy, ktoré nevedú k žiadnym stratám vitamínov počas ich spracovania. Preto sa uplatňuje tzv. *reštitúcia a fortifikácia* potravinárskych výrobkov vitamínmi. Pri reštitúcii sa dopĺňa obsah vitamínov na ich pôvodnú hladinu v potravine, pri fortifikácii sa potravina obohacuje vitamínom na vyššiu koncentráciu, ktorá je potrebná z fyziologických alebo iných dôvodov (napr. zlepšenie organoleptických a technologických vlastností výrobkov, antioxidačné účinky).

6.5.1 Vitamíny rozpustné vo vode

Vitamín B₁ – tiamín je kofaktorom viacerých enzýmových systémov. Zohráva dôležitú úlohu pri odbúraní sacharidov, metabolických produktov tukov a bielkovín. Patrí medzi pomerne termostabilné vitamíny predovšetkým v mierne kyslom prostredí. V alkalickom a neutrálnom prostredí je jeho deštrukcia rýchla a podnecuje tvorbu rôznych produktov (vznikajú hlavne zlúčeniny obsahujúce síru). Termostabilita tiamínu v prirodzenom materiáli súvisí aj s jeho schopnosťou reagovať s cysteínom a cystínom a bielkovinami obsahujúcimi tieto aminokyseliny. V tomto prípade sa prejaví stabilizačný efekt bielkovín.

Tiamín sa v mäse vyskytuje voľný alebo viazaný s bielkovinami. Čiastočne sa deštruuje počas sušenia, údenia, varenia, konzervácie dehydratáciou, ionizujúcim žiarením. V mlieku sa vyskytuje najmä voľný, ale čiastočne aj viazaný s bielkovinami. V priebehu skladovania a spracovania mlieka sa môže rozkladať. Počas pasterizácie a sterilizácie mlieka obsah tiamínu klesá v závislosti od teploty a času ohrevu.

Pri dehydratácii je úbytok tiamínu ešte výraznejší ako pri ohreve. V sušených výrobkoch závisí jeho obsah od času a podmienok skladovania, hlavne od teploty a prístupu kyslíka.

Tiamín a jeho deriváty sa nachádzajú v mnohých rastlinných aj živočíšnych druhoch potravín (mäso, strukoviny, obilie, droždie, vnútornosti), aj keď v pomerne malých množstvách.

Vitamín B₂ – riboflavín. V biologickom systéme sa vyskytuje vo forme koenzýmov oxidačno-redukčných systémov (riboflavínové enzýmy). V kyslom prostredí je pomerne termostabilný, v neutrálnych a alkalických roztokoch sa rozkladá za vzniku fyziologicky neúčinných produktov. Veľmi citlivý je hlavne na svetelné žiarenie. Účinkom svetla sa rozkladá na produkty, ktoré sa za určitých podmienok môžu zapájať do reakcií neenzýmového hneďnutia. Jeho najvýznamnejšou chemickou vlastnosťou je schopnosť zúčastňovať sa na oxidačno-redukčných reakciách.

Pri technologickom a kulinárnom spracovaní dochádza k úbytku riboflavínu najčastejšie v dôsledku jeho vylúhovania. Straty riboflavínu sa znižujú hydrotermickými operáciami s obmedzeným prístupom svetla a uchovaním potravín vo vhodných obaloch. Pri nižších teplotách sa riboflavín viaže s bielkovinami mlieka. Množstvo takto naviazaného riboflavínu môže dosiahnuť až 30 %.

Najbohatšími zdrojmi riboflavínu sú pečeň, vajcia, syry a mäso. Jeho množstvo v surovinách rastlinného pôvodu je ovplyvnené odrodou, hnojením a klimatickými podmienkami. V živočíšnych produktoch na jeho obsah vplýva najmä krmivo a fyziologický stav zvierat pred porážkou a pod.

Vitamín PP – kyselina nikotínová a nikotínamid (niacín a niacínamid). Obe látky sú biologicky rovnako účinné a uplatňujú sa hlavne pri biologických oxidáciách. Nikotínamid je súčasťou dvoch koenzýmov, ktoré zohrávajú dôležitú úlohu v biochemických systémoch.

Kyselina nikotínová a nikotínamid patria medzi najstabilnejšie vitamíny. Technologickým opracovaním a skladovaním dochádza iba k nízkym stratám, ktoré pri hydrotermických operáciách nie sú vyššie ako 10 %. Vitamín PP sa viaže na sacharidovú zložku, pričom táto jeho forma, tzv. niacytín, je pre organizmus človeka nevyužiteľná. Objavom niacytínu sa vysvetlilo aj ochorenie na pelagru u ľudí, ktorí sa živili výhradne kukuricou, ktorá obsahuje práve takto viazanú formu kyseliny nikotínovej.

Kyselina nikotínová je široko zastúpená v rastlinných a živočíšnych potravinách spolu s ostatnými vitamínmi B-komplexu. Bohatým zdrojom sú vnútornosť, mäso, kvasinky, obilie a tmavá múka, listová zelenina a huby. Nikotínamid vzniká v organizme z kyseliny nikotínovej.

Vitamín B₅ – kyselina pantoténová je zložkou koenzýmu A, ktorý zohráva dôležitú úlohu pri viacerých metabolických procesoch (odbúravanie mastných kyselín, cyklus kyseliny citrónovej). Kyselina pantoténová je stabilná v mierne kyslom prostredí (pH 5,5 až 7,0), a aj pri zvýšenej teplote. V priebehu technologických operácií môže nastať pokles obsahu tohto vitamínu pri tepelnej úprave,

množstve vody, ale aj ďalších faktorov v rozpätí od 12 až 50 %. K najväčším stratám dochádza vylúhovaním do roztoku alebo vývaru. Konzervovaním potravín môže dochádzať až k približne 70-percentným stratám vitamínu B₅ (v potravinách rastlinného pôvodu), v konzervovaných potravinách živočíšneho pôvodu sú straty nižšie, od 20 do 35 %.

Vhodnými zdrojmi kyseliny pantoténovej sú vnútornosti, vajcia, syry a droždie.

Vitamín B₆ – pyridoxín. Týmto názvom označujeme tri fyziologicky účinné vitamíny tzv. pyridoxínovej triády – pyridoxol, pyridoxal a pyridoxamín. Látky pyridoxínovej triády sú kofaktory, ktoré sa zapájajú predovšetkým do metabolizmu aminokyselín, transportu aminokyselín do buniek, dôležitých chemických reakcií v nervovom systéme a mozgu. Biologický účinok vitamínu B₆ je podmienený jeho štruktúrou.

Pyridoxínová triáda je pri tepelnom spracovaní pomerne stabilná a ani vplyvom kyslíka nedochádza k jej výraznému rozkladu. Vitamín B₆ existuje vo voľnej forme, ale aj viazaný s bielkovinami alebo v ovocí, zelenine a v cereáliách viazaný so sacharidmi.

Pri technologickom a kulinárnom spracovaní dochádza k zmenám obsahu pyridoxínu v závislosti od druhu potraviny a spôsobu spracovania. Napríklad pri varení mäsa dochádza k približne 45 až 65-percentným, pri pečení k 70-percentným a pri dusení až k 80-percentným stratám vitamínu. Straty počas skladovania konzervovaného mäsa sú od 10 do 50 %. V mlieku je vitamín B₆ pomerne stabilný pri pasterizácii a vysoko teplotnom ohreve, pri sterilizácii môže dôjsť až 58-percentným stratám. Pri tepelnom ošetrení mlieka vytvára pyridoxín sekundárne komplexy s bielkovinami, ktoré majú zníženú vitamínovú aktivitu. Tvorba týchto komplexov viedla k fortifikácii sušeného mlieka pyridoxínom. Pomerne výrazné straty vitamínu B₆ sa udávajú pre konzervovanú zeleninu 40 až 80 %, pre konzervované ovocie je to asi 40 %.

Zdrojom tohto vitamínu je najmä pečeň, ryby, droždie, žĺtok, kuracie mäso, listový šalát, obilné klíčky, zelenina.

Vitamín B_c – kyselina listová a jej deriváty (kyselina folová a folacín). Uplatňujú sa v enzýmových systémoch, sú esenciálne pre syntézu nukleových kyselín.

Kyselina listová tvorí s niektorými kovmi farebné komplexné zlúčeniny. V neutrálnom prostredí je pomerne stabilná, ale zahrievaním v kyslom alebo alkalickom prostredí sa rozkladá. Pôsobením svetla podlieha fotolýze a je tiež citlivá na oxidačné a redukčné činidlá. Stabilná je teda iba v tme a v neutrálnom prostredí.

Skupina derivátov kyseliny listovej, tzv. folacín, sa vyskytuje v potravinách vo

voľnej forme alebo viazaný na bielkovinové nosiče (polyglutamáty), prípadne na polysacharidy.

K znižovaniu celkového množstva folacínu dochádza pri zrení mäsa a pri varení mäsa je jeho úbytok najväčší z celej skupiny B-vitamínov (až 95 %). Stabilita folacínu v mlieku závisí od prístupu atmosférického kyslíka. Pri výrobe sušeného mlieka dochádza až 60 % stratám. V cereálnych výrobkoch bývajú straty asi 25 % a v konzervovaných rastlinných produktoch od 35 do 84 %. Prírodným stabilizátorom tohto vitamínu je kyselina askorbová.

Kyselina listová sa nachádza najmä v zelených častiach rastlín, ale bohatým zdrojom je aj pečeň, vnútornosti, žltok a obilné klíčky.

Vitamín H – biotín sa uplatňuje ako koenzým pri karboxylačných a dekarboxylačných reakciách. Je stabilný pri zohrevení aj pôsobení svetla v neutrálnom alebo kyslom prostredí, v alkalickom prostredí je značne nestály.

Straty biotínu sa výraznejšie prejavujú pri varení mäsa (77 %) a tiež v konzervovanej zelenine (50 %). Počas pasterizácie mlieka dochádza k nižším stratám (asi 11 až 14 %) a nepatrné straty sa zistili aj pri pečení chleba.

Biotín sa vyskytuje v malom množstve vo všetkých živočíšnych aj rastlinných materiáloch buď voľný, alebo viazaný. Najbohatšími zdrojmi biotínu sú droždie, materská kašička, čokoláda, huby, hrášok, vnútornosti, mäso, ryby, žltok, tuky a mlieko.

Vitamín B₁₂ – kobalamín je klasickým predstaviteľom skupiny látok nazývaných korinoidy. Tieto látky sú odvodené od korínu s komplexne viazaným atómom kobaltu, pričom jeho štruktúra je veľmi zložitá. Korinoidy plnia v organizme úlohu koenzýmov.

Vitamín B₁₂ je v čistom stave v mierne kyslom prostredí (pH 4 až 6) termostabilný. Rozkladá sa v silne kyslom a alkalickom prostredí, účinkom oxidačných a redukčných činidiel, ako aj pôsobením svetla (táto zmena je však reverzibilná).

Pri tepelnom spracovaní mäsa dochádza k výrazným stratám kobalamínu, od približne 45-percentného úbytku pri dusení až po priemerne 55-percentné straty pri pečení. Počas sterilizácie sú straty vitamínu až 70 %. Spôsob technologického opracovania ovplyvňuje aj množstvo kobalamínu v mlieku. Pokým v pasterizovanom mlieku sú straty okolo 7 %, v priebehu varenia dosahujú 30 % a po sterilizácii môžu dosiahnuť až 95 %.

Kobalamín sa vyskytuje najmä v potravinách živočíšneho pôvodu, predovšetkým v pečeni a ľadvinách. V menšom množstve je prítomný aj v mäse, mlieku, syroch a vajciach.

Vitamín C – kyselina L-askorbová a L-dehydroaskorbová. Biochemická úloha kyseliny L-askorbovej súvisí s jej schopnosťou reverzibilnej oxidácie. Jej oxidovaná forma (L-dehydroaskorbová kyselina) sa môže redukovať späť na kyselinu L-askorbovú, preto vitamín C považujeme za oxidačno-redukčný systém. Okrem toho sa kyselina L-askorbová zúčastňuje na prenose vodíka a elektrónov z východiskových substrátov až na molekulový kyslík, zohráva špecifickú úlohu pri syntéze kolagénu a uplatňuje sa aj pri iných reakciách v organizme.

Kyselina L-askorbová ľahko oxiduje vo vodnom prostredí, najmä pôsobením kyslíka, teploty a svetla. Oxidácia intenzívne prebieha pri vyššom pH a pri zvýšenej teplote. Kovové katióny túto reakciu často katalyzujú. Predpokladá sa, že samotná kyselina L-askorbová nevstupuje do interakcie s inými zložkami potravín. Po oxidácii na kyselinu L-dehydroaskorbovú, resp. po vzniku ďalších degradačných produktov dochádza k zapojeniu sa týchto zložiek do rôznych reakcií, hlavne však do reakcií neenzýmového hnednutia. Kyselina L-dehydroaskorbová reaguje s aminokyselinami a bielkovinami, pričom vzniká jej amónna soľ, ktorá je nestabilná a ďalšími reakciami sa mení na hnedý pigment (melanoidíny). Počas tepelnej úpravy zeleniny a ovocia sa kyselina L-dehydroaskorbová degraduje a zapája do reakcií neenzýmového hnednutia.

Vitamín C má vďaka svojim vlastnostiam široké uplatnenie ako potravinárske aditívum v konzervárstve, vo fermentačnej technológii, v technológii mäsa, tukov a cereálií. Do potravín sa aplikuje ako antioxidant buď vo voľnej forme, alebo vo forme sodnej soli, prípadne vo forme esteru kyseliny palmitovej. Pri spracovaní mäsa a výrobe mäsových výrobkov sa uplatňuje ako inhibítor nitro-z-amínov, používa sa na zlepšenie pekárskych vlastností múky.

Na straty kyseliny L-askorbovej vplýva celý rad rôznych faktorov od spôsobu technologického spracovania cez skladovanie, teplotu, pH, množstvo kyslíka, prítomnosť kovových katiónov a pod. Všeobecne platí, že čím sú teplota a čas skladovania a spracovania nižšie, tým viac vitamínu C sa v potravine uchová.

Najväčšie množstvá vitamínu C sa prirodzene vyskytujú v šípkach, zemiakoch a ovocí. Z potravín živočíšneho pôvodu je ho najviac v pečeni.

6.5.2 Vitamíny rozpustné v tukoch

Vitamíny A – retinoidy. Túto skupinu látok tvoria:

- vitamín A₁ – retinol,
- vitamín A₂ – neoretinol,
- provitamíny A.

Z hľadiska potravinárskej chémie má najväčší význam retinol, vitamín A₁. Zasahuje do viacerých fyziologických procesov, je esenciálny pri vzniku glykoproteínov, raste a metabolizme telových buniek, jeho avitaminózou dochádza k šeroslepote, zmenám epitelu a k poruchám rastu.

Retinol a neoretinol sa vyskytujú iba v živočíšnych produktoch, pokým provitamíny A – karotenoidy, sa vyskytujú aj v rastlinných materiáloch.

Retinol je citlivý na prítomnosť svetla, predovšetkým na UV žiarenie, ľahko sa oxiduje kyslíkom, pričom sa táto reakcia urýchľuje prítomnosťou ťažkých kovov. Môže sa oxidovať aj enzýmami. V anaeróbných podmienkach je pomerne termostabilný.

Provitamíny A – karotenoidy, vyskytujúce sa hlavne v rastlinných produktoch, umožňujú enzýmovým štiepením vznik retinolu alebo neoretinolu. Z β-karoténu vznikajú dve molekuly retinolu a z α-karoténu, γ-karoténu a kryptoxantínu vzniká jedna molekula retinolu. Karotenoidy sú žlté, oranžové až červenofialové prírodné farbivá citlivé na svetlo, UV žiarenie a vzdušný kyslík. V anaeróbných podmienkach a v tme sú aj termostabilné.

Hlavnými zdrojmi vitamínu A sú pečeň, olej rýb, maslo, mlieko, syry a vajcia. Karotenoidy sa vo významnejších množstvách nachádzajú v zelenine a ovocí.

Vitamíny D – kalciferoly. Túto skupinu látok tvoria:

- vitamín D₂ – ergokalciferol,
- vitamín D₃ – cholekarciferol,
- vitamín D₄ – dihydroergokalciferol.

Kalciferoly sú dôležité v metabolizme vápnika a fosforu, sú prekurzorom steroidných hormónov, ich deficit spôsobuje rachitis a osteomaláciu. Vitamíny skupiny D sú buď prirodzenou súčasťou potravín, alebo vznikajú z príslušných provitamínov (sterolov) pôsobením UV žiarenia. Sú labilné v kyslom prostredí a k ich deštrukcii dochádza aj vplyvom zvýšenej teploty, sú citlivé na svetlo. No po rozpustení v tukoch alebo v alkalických roztokoch sú termostabilné.

Kalciferoly sa nachádzajú v rybom oleji, pečeni, žĺtku, masle a dobrým zdrojom ich provitamínov je droždie, niektoré oleje a žltok.

Vitamíny E – tokoferoly. Do skupiny tokoferolov sa zaraďujú látky odvodené od tokolu a tokotrienolu. Základnou látkou je α-tokoferol, ktorý je aj biologicky najúčinnjší. Vitamín E je prirodzený antioxidant, spomaľuje autooxidáciu nenasýtených mastných kyselín, v organizme pôsobí ako redoxný systém, ktorý sa uplatňuje v oxidačno-redukčných procesoch.

V zásaditom prostredí sú tokoferoly stabilné predovšetkým pri nižších teplotách, zvýšené teploty spôsobujú ich deštrukciu. V kyslom prostredí sú stabilné aj

pri teplote 100 °C. Sú však veľmi citlivé na vzdušný kyslík a UV žiarenie. Stabilita tokoferolov sa zvyšuje, ak sa vyskytujú vo forme esterov, pričom sú v tejto forme aj fyziologicky účinnejšie.

Straty tokoferolov počas technologických operácií a skladovania sú relatívne nízke. V mlieku je po pasterizácii iba 5-percentný úbytok vitamínu. Počas zrenia syrov dochádza najprv k poklesu obsahu vitamínu E, neskôr sa jeho koncentrácia zvýši a finálny produkt obsahuje vyššie množstvo vitamínu ako pôvodné mlieko.

Najvýznamnejšími zdrojmi vitamínu E sú rastlinné oleje, maslo, vajcia a strukoviny.

Vitamíny K. Do skupiny vitamínov K zaraďujeme deriváty 2-metyl-1,4-naftochinónu:

- vitamín K₁ – fylochinón, vyskytuje sa v zelených rastlinách,
- vitamín K₂ – farnochinón, produkuje črevná mikroflóra,
- vitamín K₃ – menadión, je synteticky pripravená látka.

V rastlinnom materiáli sa vitamíny skupiny K zúčastňujú na aeróbnej fosforylácii, v živočíšnych organizmoch zasahujú do procesu zrážania krvi.

Sú pomerne labilné, citlivé na oxidáciu, redukciu, svetlo, hlavne UV žiarenie. Rozkladajú sa aj pôsobením zásad a silnejších kyselín. Vitamín K₁ je termostabilný, k jeho deštrukcii dochádza až pri teplote 100 °C.

Vitamíny K sa vyskytujú najmä v zelených rastlinách, strukovinách, zelenine, v zemiakoch, špenáte, rajčínach, karfirole, hrachu a mrkve. V živočíšnych potravinách je ich menej.

6.6 Minerálne látky

Minerálne látky potravín sa obyčajne definujú ako prvky obsiahnuté v popole, resp. ako prvky, ktoré zostávajú vo vzorke potraviny po úplnej oxidácii organického podielu. Klasifikujú sa na základe viacerých kritérií napr. podľa ich obsahu v potravine alebo ich biologického a nutričného významu v organizme, účinkov v strave, podľa pôvodu.

Podľa množstva sa delia minerálne látky na:

- *makrominerálie* – vyskytujú sa v potravinách v množstvách vyšších ako 100 mg.kg⁻¹; patria sem Na, K, Mg, Ca, Cl, P a S,
- *mikrominerálie (stopové prvky)* – ich množstvá v potravinách sú menšie ako 100 mg.kg⁻¹, dokonca sa môžu pohybovať iba v µg na kilogram; potravinár-

sky významné sú hlavne Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, F, Fe, Hg, I, Mn, Mo, Pb, Se, Sn, Zn.

Rozdelenie minerálnych látok v potravinách na makro- a mikrominerálie približne zodpovedá aj zastúpeniu týchto prvkov v ľudskom organizme. Ich obsah v potravinách je však aj v rámci jedného druhu potravy výrazne odlišný. Táto variabilita je daná rôznym metabolizmom toho istého prvku v rôznych organizmoch, genetickými faktormi, podmienkami poľnohospodárskej výroby a potravinárskeho spracovania. U rastlín obsah minerálnych látok ovplyvňuje ich obsah v pôde, hnojenie, klimatické podmienky, stupeň zrelosti plodiny a pod. U živočíchov rozhoduje výživa, zdravotný stav, vek zvierat. Všeobecne teda platí, že zaradenie prvkov do skupiny makro- alebo mikrominerálií je iba orientačné.

Na základe fyziologického významu rozdeľujeme minerálne látky na:

- *esenciálne, nenahraditeľné* – tieto prvky musí organizmus prijímať v potrave v určitom množstve, aby boli zabezpečené jeho základné biologické funkcie; patria sem všetky makrominerálie a viacero stopových prvkov,
- *toxické* – prvky alebo ich zlúčeniny, ktoré majú toxický vplyv na organizmus; najdôležitejšie toxické prvky v potravinách sú Pb, Cd, Hg a As,
- *neesenciálne, nahraditeľné* – prvky fyziologicky indiferentné alebo prvky, pri ktorých nie je doposiaľ známy žiadny biologický účinok a pritom nie sú pre organizmus toxické; sem patria všetky mikrominerálie.

Zaradenie prvkov do predchádzajúcich skupín nie je celkom presné, pretože závisí od biologického druhu, pre ktorý je daný prvok esenciálny. Tiež toxicita jednotlivých prvkov môže byť pre rôzne organizmy odlišná, napr. arzén je všeobecne považovaný za toxický prvok, ale pre niektoré živočíchy je fyziologicky stimulujúci. Aj niektoré esenciálne prvky môžu byť vo vyšších dávkach pre organizmus toxické.

Podľa zdrojov výskytu sa klasifikujú minerálne látky do dvoch skupín:

- *invariabilné prvky* – nachádzajú sa v určitých charakteristických množstvách vo všetkých druhoch organizmov (napr. Na, K, P, S, Cl, Fe, Zn, Cu, Mn),
- *variabilné prvky* – vo vyšších koncentráciách sa nachádzajú iba v niektorých organizmoch (napr. vanád sa nachádza vo väčšom množstve v plodniciach húb, vo väčšine ostatných organizmov je to stopový prvok).

Minerálne látky plnia v organizme celý rad dôležitých funkcií. K najdôležitejším zaraďujeme:

- reguláciu kyslosti vnútorného prostredia organizmu,
- udržiavanie osmotického tlaku,
- ovplyvňovanie rozpustnosti koloidov,

- účasť na látkovej výmene,
- úlohu stavebných zložiek organizmu a pod.

Väčšina minerálnych látok patrí medzi tzv. *prirodzené zložky potravín*, to znamená, že tieto prvky sú prítomné v potravine v určitých charakteristických množstvách ako výsledok ich kolobehu v prírode a prirodzenej distribúcie v rôznych zložkách biosféry. Počas technologického spracovania a výroby sa však do potraviny môžu dostať aj zvýšené koncentrácie prvkov, ktoré potom danú potraviny znečisťujú. Takéto prvky zaraďujeme medzi tzv. *cudzorodé kontaminujúce látky, kontaminanty*. Za kontaminanty sa obvykle označujú toxické prvky, ale aj esenciálne prvky, ktorých obsah je výrazne vyšší, ako je jeho charakteristické množstvo pre danú potravinu. Okrem toho počas technologických operácií sa zámernie pridávajú do potravín určité prvky, ktoré majú nahradiť straty alebo nedostatočné množstvá niektorých esenciálnych prvkov v nich. Tieto prvky patria k *cudzorodým aditívnym látkam, aditívam*. Ich prídavok sa prísne riadi zdravotnou bezpečnosťou potraviny.

Minerálne prvky patria medzi pomerne stabilné zložky potravín. K ich poklesu dochádza najčastejšie vylúhovaním pri interakcii s vodou, alebo reakciou s organickými látkami, prípadne navzájom medzi sebou, pričom vznikne nevyužiteľná zlúčenina.

6.7 Voda

Organizmus prijíma vodu z potravín rastlinného aj živočíšneho pôvodu. Voda môže vznikáť aj priamo v organizme počas metabolizmu jednotlivých zložiek potravy (z 1 g bielkovín sa vytvorí 0,41 g, zo sacharidov 0,60 g a z tukov až 1,07 g vody). Obsah vody v potravinách je premenlivý, a preto rozdeľujeme potraviny na tri skupiny:

- potraviny s vysokým obsahom vody – zelenina, ovocie, mlieko, mäso,
- potraviny so stredným obsahom vody – obilie, strukoviny,
- potraviny s nízkym obsahom vody – cukor, masť, olej.

V nápojoch sa množstvo vody pohybuje podľa množstva pridaného cukru a obsahu ostatných látok. Džúsy vyrobené z čerstvého ovocia majú obsah vody približne rovnaký ako ovocie. V ostatných nealkoholických nápojoch je až 90 % vody. V pive závisí jej obsah od koncentrácie mladiny a stupňa prekvasenia, v iných alkoholických nápojoch od množstva prítomného etanolu a cukru.

Spracovaním a skladovaním dochádza ku zmenám obsahu vody v potravi-

nách. Pri tepelnom spracovaní (varenie, pečenie, praženie, sušenie), pri zmrazovaní a rozmrazovaní zaznamenávame jej úbytok. Naopak počas niektorých technologických operácií sa môže obsah vody zvýšiť (máčanie, napučívanie). Počas skladovania dochádza najčastejšie k vysychaniu potravín, a teda k znižovaniu obsahu vody v nich. Pri vlhnutí potravín (dehydrované výrobky, káva, čaj) sa obsah vody, pri skladovaní vo vlhkom prostredí, nežiaduco zvyšuje. Určité množstvo vody však môže vznikáť aj chemickými reakciami prebiehajúcimi v potravinách (napr. termickými reakciami pri pražení kávy).

Voda sa v potravinách nachádza vo voľnej alebo viazanej forme. *Voľná voda* je nevyhnutným reakčným prostredím väčšiny chemických a mikrobiologických procesov, ktoré menia vlastnosti potravín. Takéto nežiaduce procesy možno spomaliť vysušením a vymrazením vody alebo zvýšením viskozity prostredia. Na druhej strane skoncentrovaním reagujúcich zložiek (napr. pri vysúšaní) môžeme nežiaduce procesy urýchliť, pretože pravdepodobnosť ich vzájomných interakcií sa zvyšuje. Ktorá z možností prevláda, to závisí od stupňa vysušenia, teploty a špecifického zloženia potraviny. Vysoké zastúpenie voľnej vody v potravinách je jednou z príčin ich nevyhovujúcej stability. *Voda viazaná* fyzikálne alebo fyzikálno-chemicky, t. j. pevne viazaná (napr. kryštalizačná a adsorpčná), sa pri zmenách potravín prakticky neuplatňuje. Dôležitú úlohu však zohráva voda viazaná vodíkovými väzbami na organické látky, najmä hydrofilné koloidy. Vplyvom vonkajších faktorov (tlak, teplota, sušenie, vymrazovanie) sa menej stabilné vodíkové väzby koloidov rozpadajú a vodný obal koloidov prechádza až na voľnú vodu. Z predchádzajúceho vyplýva, že dôležitejším faktorom, ako je obsah vody v potravinách, je jej dostupnosť. Čím je voda v potravine pevnejšie viazaná, tým je menej dostupná a aj podmienky na priebeh nežiaducich chemických a mikrobiologických procesov sú menej priaznivé.

Mierou dostupnosti vody v potravine je *aktivita vody* (a_w), ktorá tým nadobúda zásadný význam pre potreby potravinárskej praxe. Ak je potravina v rovnováhe s okolitým vzduchom, je jej aktivita vody rovnaká ako rovnovážna relatívna vlhkosť vzduchu. Na základe hodnoty aktivity vody a relatívnej vlhkosti vzduchu sa dá predpokladať, či bude daná potravina v určitých podmienkach vysychať alebo naopak vlhnúť. V prípade, že je aktivita vody v potravine vyššia ako relatívna vlhkosť vzduchu, potravina vodu stráca, vysychá. V opačnom prípade potravina bude vlhkosť naberať. Znamená to, že hodnota aktivity vody ovplyvňuje biologickú a mikrobiologickú stabilitu potravín.

Aktivita vody sa pohybuje v rozpätí hodnôt 0 až 1. Hodnota aktivity vody v potravine ovplyvňuje rast a rozmnožovanie mikroorganizmov. Bežné baktérie vyžadujú na svoj rast a rozmnožovanie hodnotu a_w aspoň 0,94, kvasinky 0,78

a plesne približne 0,65. Preto je potrebné, aby výrobky mali hodnotu a_w nižšiu, ako sú uvedené kritické hodnoty. Okrem mikrobiálnych zmien ovplyvňuje aktivita vody v potravinách aj rýchlosť viacerých dôležitých enzýmových aj neenzýmových reakcií (napr. enzýmová hydrolýza lipidov v sušenom mäse sa výrazne znižuje so znižujúcou sa hodnotou a_w ; naopak Maillardove reakcie sa so znižovaním tejto hodnoty urýchľujú). Aj organoleptické vlastnosti potravín môžu byť ovplyvnené hodnotou a_w , pretože napr. krehkosť alebo chrumkavosť sa s rastúcou vlhkosťou strácajú.

6.8 Senzoricky aktívne látky

Senzorická kvalita potravín je dôležitý psychický faktor ovplyvňujúci druh, množstvo a využiteľnosť konzumovanej stravy. Senzorickú kvalitu potravín určujú prítomné senzoricky aktívne látky, ktoré vnímame zmyslami, t. j. čuchom, zrakom, chuťou, ale aj hmatom. K senzoricky aktívnym látkam preto zaraďujeme:

- látky vonné – ovplyvňujú vôňu potravín,
- látky chuťové – ovplyvňujú chuť potravín,
- farbivá – ovplyvňujú sfarbenie potravín,
- látky určujúce textúru potravín.

Vôňa, chuť, farba a textúra sú organoleptické vlastnosti potravín, ktoré sú často pre konzumenta významnejšie ako obsah základných zložiek, pretože ich vníma ako prvú informáciu ovplyvňujúcu jeho celkový dojem z pokrmu. Mnohé potraviny konzumujeme iba pre ich senzorickú hodnotu (pochutiny, lahôdky), výživová hodnota týchto potravín je často zanedbateľná. Z chemického hľadiska patria tieto látky k uhľovodíkom, alkoholom, karboxylovým kyselinám, karbonylovým, dusíkatým, sírnym a kyslíkatým zlúčeninám.

Vonné látky pôsobia predovšetkým na čuchový orgán, ale môžu súčasne pôsobiť aj na chuťové receptory, a teda sú zároveň chuťovými látkami. Chuťové látky pôsobia na chuťové receptory a okrem základných chutí (sladkej, slanej, kyslej a horkej) vyvolávajú aj iné chuťové vnemy, napr. trpká, štiplavá. Niektoré chuťové látky zároveň aj voňajú.

Farebné látky podmieňujú charakteristické sfarbenie potraviny, ale ovplyvňujú aj prahové koncentrácie chuťových látok a schopnosť identifikovať vôňu. Často práve charakteristické sfarbenie rozhoduje o tom, že potravinu konzument akceptuje.

Podľa pôvodu rozdeľujeme vonné, chuťové a farebné látky do dvoch skupín:

- *primárne sensoricky aktívne látky* – sú prítomné v potravinách rastlinného aj živočíšneho pôvodu ako produkty metabolizmu, sú to teda sekundárne metabolity produkované vnútrobunkovými procesmi. Ich kvalita a kvantita závisí od viacerých faktorov, napr. od živočíšneho alebo rastlinného druhu, od stupňa zrelosti, veku zvierťa a pod.,
- *sekundárne sensoricky aktívne látky* – vznikajú pri skladovaní a spracovaní ako produkty enzýmových a neenzýmových reakcií bielkovín, sacharidov, lipidov a ostatných zložiek potravín.

Pod pojmom textúra rozumieme také vlastnosti potravín, ktoré vyvolávajú hmatový (haptický) vnem v ústnej dutine, alebo aj vnem súvisiaci s dotykom rukami. Do tejto kategórie zaraďujeme znaky ako chrumkavosť, krehkosť, tvar, vzhľad, konzistencia atď.

6.9 Prírodné farbivá

Farbivá (pigmenty) tvoria významnú skupinu sensoricky aktívnych látok, ktoré určujú charakteristické sfarbenie potravín. Delia sa na tri skupiny:

- *prírodné farbivá* – sa syntetizujú v živočíšnych alebo rastlinných bunkách. Sú buď prirodzenou súčasťou potravín, alebo sa získavajú z nepotravinárskych prírodných materiálov (riasy, lišajníky, mikroorganizmy). K prírodným farbivám zaraďujeme aj niektoré farebné produkty získané pri technologickom spracovaní potravinárskych surovín (karamel, sladový extrakt),
- *syntetické farbivá identické s prírodnými* – získavajú sa síce chemickými reakciami, ale ich štruktúra je totožná so štruktúrou prírodných farbív (syntetický betakarotén),
- *syntetické farbivá* – pripravujú sa chemickými reakciami.

Prírodné farbivá sú heterogénne zlúčeniny, patriace podľa chemickej štruktúry k rôznym skupinám látok. Na základe ich vlastností môžeme prírodné farbivá deliť podľa farby, chemického zloženia, biologických funkcií a fyzikálnych vlastností (rozpustné vo vode a rozpustné v tukoch).

Poskytujú farebné odtiene v rozsahu celého viditeľného spektra, od fialovej cez modrú (antokyaníny), zelenú (chlorofyly), žltú (flavonoidy, karotenoidy, chinóny), oranžovú (karotenoidy) až po červenú (antokyaníny, betalaíny, karo-

tenoidy, hemoglobín, myoglobín). Ich kombináciou vznikajú zmesové farebné odtiene vrátane hnedých a čiernych (melanoidíny, naftochinóny).

Flavonoidy sú známe svojimi organoleptickými vlastnosťami. Okrem toho, že prispievajú k žltej až oranžovej farbe, sú účinné aj ako chuťové látky (horká chuť citrusových plodov je podmienená flavón-7-glykozidmi). Z výživového hľadiska sú významné ako vitamíny skupiny P. Sú to účinné antioxidanty, bioflavonoidy zvyšujú pružnosť a priepustnosť stien krvných kapilár, zúčastňujú sa na prenose vodíka a elektrónov pri oxidačno-redukčných reakciách v rastlinných pletivách. Flavonoidy sú schopné viazať kovové ióny do komplexov a tým brániť ich katalytickému účinku (napr. pri oxidácii kyseliny askorbovej). Nutrične významný je rutín, ktorý sa vyskytuje vo väčšom množstve v čiernych ríbezliach.

Antokyaníny predstavujú osobitnú skupinu flavonoidov, ktorá je bohato zastúpená hlavne v ovocí a zelenine. Tvoria sa počas procesu zrenia plodov a sú nositeľmi farebných tónov od oranžovej cez červenú až po modrú. Intenzitu a farebný odtieň antokyanínov ovplyvňuje pH prostredia (od kyslej do zásaditej oblasti sa mení z červenej cez fialovú a modrú až do žltej farby). Na deštrukciu antokyanínov vplyva teplota, produkty Maillardových reakcií, oxid siričitý. Ich význam z hľadiska výživy spočíva v tom, že sú schopné aktivovať vitamín P, potrebný pri liečbe cievnych ochorení.

Betalaíny zahŕňajú dve štruktúrne podobné skupiny farbív, červené betakyaníny a žlté betaxantíny. Ich nevýhodou je, že pri technologickom spracovaní sa ich farebná intenzita a stabilita výrazne znižuje, preto sa používajú ako farbivá iba zriedkavo. Stabilitu betalaínov ovplyvňuje aj pH prostredia, teplota, kyslík a svetlo.

Chlorofyly sú zastúpené v chloroplastoch zelených rastlín a ich základnou funkciou je katalytická účasť v procese premeny svetelnej energie na chemickú počas fotosyntézy. V suchom stave tvoria chlorofyly tmavozelený prášok s kovovým leskom, rozpustené v etanole tvoria modrozelený roztok. V potravinách sú chlorofyly dôležité hlavne z hľadiska senzorického, preto sa venuje veľká pozornosť ich zachovaniu počas technologického procesu. Pri tepelnom zásahu, najmä v kyslom prostredí, dochádza totiž ku zmene zelenej farby chlorofylov na žltú (chlorofyl sa zmení na feofytín).

Karotenoidy patria medzi významné senzoricky a výživovo aktívne látky, ktoré sú nositeľmi žltej, oranžovej, červenej až fialovej farby. Vyskytujú sa najmä v rastlinných častiach – listoch, koreňoch, plodoch. V živočíšnych produktoch sú lokalizované v tukových vrstvách kvôli svojmu lipofilnému charakteru. Sú aj súčasťou nižších organizmov, napr. baktérii a nižších húb. Na ich stabilitu vplyva viacero faktorov – prostredie, prítomnosť nereagujúcich zložiek, podmienky

skladovania a spracovania, teplota, oxidácia, pH, svetlo, žiarenie. Okrem organoleptických vlastností karotenoidov je dôležitá aj ich výživová hodnota.

Hemoglobín a *myoglobín* sú živočíšne pigmenty. Červené krvné farbivo, hemoglobín, tvorí až 94 % sušiny červených krviniek. Myoglobín je červené farbivo svaloviny. Farebnou zložkou týchto chromoproteínov je hemová skupina – hem, ktorá je viazaná na globín cez ión Fe^{2+} . V prostredí molekulového kyslíka sa namiesto vody prednostne viaže na Fe^{2+} kyslík za vzniku svetločerveného oxyhemoglobínu, čo je podstatou zásobovania organizmu kyslíkom. Za určitých podmienok môže však nastať oxidácia Fe^{2+} na Fe^{3+} , pričom vzniká methemoglobín, ktorý je sivohnedý až hnedý. Hem sa mení na sivý hematín. Tieto procesy majú význam pri spracovaní mäsa, hydiny a ďalších živočíšnych surovín. Farba mäsa je ukazovateľom, do akej miery prebehli chemické zmeny v hemoglobíne, resp. myoglobíne. Pri vyšších teplotách (70 až 80 °C) reaguje myoglobín s karbonylovými zložkami vznikajúcimi pri Maillardových reakciách, pričom dochádza k denaturácii a hydrolýze myoglobínu na hem a globín a následne k oxidácii hemu na hematín – mäso má sivú farbu. Aby sa zabránilo týmto nežiaducim zmenám, nakladá sa mäso do roztokov solí dusičnanov a dusitanov. Prítomná ušľachtilá mikroflóra zabezpečí redukciu tejto zmesi na oxid dusnatý, ktorý sa viaže na železo myoglobínu a vzniká tak nitrooxymyoglobín, ktorý sa stabilizuje zahriatím. Týmto postupom sa zabezpečí relatívne stále ružové až červené sfarbenie mäsa.

6.10 Cudzorodé látky

Cudzorodé látky zahŕňajú všetky organické aj anorganické zlúčeniny, ktoré neboli pôvodne prítomné v potravinových zdrojoch a výrobkoch, ale sa tam dostali sekundárne, úmyselne alebo neúmyselne, pri spracovaní, skladovaní alebo inej manipulácii.

Cudzorodé látky rozdeľujeme na:

- *exogénne* – buď sa pridávajú do potravín vedome na zlepšenie ich vlastností, ide o *prídavné (aditívne)* cudzorodé látky, alebo sa dostávajú do potravín neúmyselne ako *znečisťujúce (kontaminujúce)* cudzorodé látky zo surovín, technologického zariadenia, obalov a pod.,
- *endogénne* – sú to produkty oxidačných, tepelných a iných zásahov vznikajúcich pri spracovaní a skladovaní potravín. Tvoria sa interakciou prírodných

zložiek navzájom, alebo vznikajú ako produkty reakcií prírodných látok s exogénnymi cudzorodými látkami.

S predlžovaním stability potravín a zlepšením ich senzorických a výživových vlastností súvisí použitie aditívnych cudzorodých látok. Na druhej strane je tu otázka ich zdravotnej bezpečnosti pre konzumenta. Preto je nevyhnutné dokonalé poznanie vlastností cudzorodých látok a hlavne ich správanie sa v organizme človeka za rôznych podmienok. Cudzorodé látky v organizme môžu:

- *pôsobiť toxicky* – ako bunkový jed, ktorý zasahuje do enzýmových procesov, alebo môžu vyvolávať patologické poruchy pri dlhodobom požívaní,
- *vyvolávať alergie* – niektoré látky môžu byť, napriek svojej neškodnosti pre väčšinu populácie, pre určitú skupinu citlivejších ľudí nežiaduce až nebezpečné,
- *znižovať výživovú hodnotu* – napr. látky s oxidačnými účinkami degradujú prítomné vitamíny,
- *znižovať alebo zvyšovať vstrebávanie výživových zložiek* – v prvom prípade sa tým znižuje využiteľnosť živín v organizme, v druhom prípade sa do organizmu absorbujú aj látky, ktoré by boli inak z neho vylúčené.

Na základe týchto poznatkov sa použitie cudzorodých aditívnych látok prísne kontroluje a legislatívne upravuje tak, aby sa v potravinárskej praxi používali iba aditíva zdraviu neškodné a v množstvách, ktoré ani pri dlhodobom požívaní nemôžu organizmu ublížiť.

6.10.1 Aditívne cudzorodé látky – aditíva

Aditívne látky sa do potravín pridávajú úmyselne na zlepšenie ich technologických, organoleptických alebo výživových vlastností. Podľa toho, akú vlastnosť potraviny látka ovplyvňuje, rozoznávame aditíva, ktoré upravujú:

- *trvanlivosť výrobkov* – konzervačné látky, antioxidanty, antibiotiká,
- *vzhľad potravín* – umelé farbivá, bieliace látky,
- *chuť potravín* – umelé sladidlá, kyslé, slané a horké látky, modifikátory chuti,
- *vôňu výrobkov* – arómy, tresti, esencie,
- *konzistenciu výrobkov* – želatínové a zahusťujúce látky, emulgátory, stabilizátory,
- *nutričnú hodnotu potravín* – vitamíny, minerálne látky, esenciálne zložky.

Konzervačné látky sa v potravinárskom priemysle aplikujú na ničenie a obmedzenie činnosti mikroorganizmov. Chemické konzervačné látky povolené u nás sú:

- oxid siričitý a siričitany – používajú sa hlavne proti plesniam,

- kyselina mravčia – je aktívna proti baktériám v kyslom prostredí,
- kyselina benzoová a jej soli – v kyslom prostredí pôsobí všeobecne proti mikroorganizmom,
- kyselina sorbová a jej soli – sú účinné hlavne proti plesniam a kvasinkám,
- estery kyseliny 4-hydroxybenzoovej – sú účinné proti mikroorganizmom aj v nekyslých prostrediach.

Antibiotiká majú schopnosť predlžovať trvanlivosť potravín alebo zvyšujú konzervačné účinky iných látok, ktoré sa používajú pri konzervovaní. U nás je na tento účel povolený iba tripeptid nízín. Antibiotiká sa však môžu dostať do potravín ako nežiaduce rezíduá po liečbe zvierat, alebo ako zvyšky biostimulátorov z krmív. Okrem toho, že ich prítomnosť v organizme nie je potrebná, môžu negatívne ovplyvniť aj niektoré technologické procesy, napr. fermentáciu.

Antioxidanty prírodné, alebo syntetické sa využívajú na predĺženie kvality potravín tým, že zabraňujú nežiaducej oxidácii prírodných látok. Ich účinok spočíva v tom, že sa oxidujú rýchlejšie ako oxylabilné zložky potravín.

Umelé farbivá a bieliace prostriedky sa používajú na úpravu vzhľadu potravín. Keďže sú to chemické látky, ich použitie je prísne limitované a legislatívne vymedzené. Sleduje sa hlavne ich karcinogenita, pretože aminoderiváty vznikajúce štiepením farbív, majú karcinogénne účinky. U nás je povolených 9 druhov umelých farbív – červený azorubín, erytrozín, amarant, poceau 4 R; žltý tetrazín a SY; modré indigo, brilantná modrá a brilantná čierna. Ako bieliace prostriedky sa používa oxid siričitý, chlórnaný, bromičnaný a peroxid vodíka.

Medzi *chuťové aditíva* zaraďujeme umelé sladidlá (sacharín, cyklamáty, aspartám, dulcín), koncentráty sladkých látok z rastlín, okysľujúce látky (organické kyseliny, kyselina fosforečná a chlorovodíková) a horké látky (alkaloidy, heteroglykozidy). Umelé sladidlá sú zvyčajne viacnásobne sladšie ako prírodné cukry, majú nízku energetickú hodnotu, a preto sa používajú ako diabetické prípravky. Na druhej strane majú odlišné technologické vlastnosti, napr. sú nestále pri záhreve, môžu vyvolávať pachuť, menia sa vplyvom pH. Cyklamáty sú sodné alebo vápenaté soli kyseliny cyklohexylsulfamovej, ale pre podozrenie z karcinogenity toto sladidlo nie je u nás povolené používať. Z horkých látok sú povolené chinín, kofeín a oktaacetylsacharóza, ktoré sa používajú poväčšine ako ochucovadlá nápojov.

Syntetické alebo prírodné *voňavé látky* sa vo forme koncentrátov pridávajú do potravín na zvýšenie arómy. Prírodné arómy sa získavajú z ovocných surovín, korenín a bylín. Syntetické arómy patria najčastejšie medzi alkoholy, ketóny, al-

dehydy, terpény, estery, laktóny, sírne a dusíkaté deriváty. Niekedy sa používajú aj zmesi prírodných a syntetických vonných látok. Prídavok prírodných aróm nie je obmedzený, syntetické arómy sú limitované hygienickými predpismi.

Medzi aditíva, ktoré sa používajú *na úpravu konzistencie* výrobkov patria zväčša prírodné látky, napr. pektín, agar, modifikované škroby, estery mastných kyselín a cukrov, dextrín, tragan, glyoxal, kyselina alginová a jej soli, karagenan, želatína, gumy, lecitín. Tieto látky upravujú fyzikálne, chemické a organoleptické vlastnosti potravín ako tuhosť, pevnosť, štruktúru. Sú to rôzne zahusťovadlá, emulgátory, rôsolovité zložky a pod.

6.10.2 Kontaminujúce cudzorodé látky – kontaminanty

Znečisťujúce cudzorodé látky (kontaminanty) sa do potravinárskych surovín, polotovarov a výrobkov dostávajú viacerými cestami. Môžu to byť rezíduá chemikálií používaných v poľnohospodárskej výrobe na ochranu rastlín, zvyšky liekov používaných v chove hospodárskych zvierat, ale ku kontaminácii cudzorodými látkami môže dôjsť aj počas technologického spracovania v potravinárskej výrobe. Môže ísť o znečistenie mechanickými časticami (sklo, kamienky, kúsok kovu), zvyškami sanitačných prostriedkov (čistiace chemikálie), alebo ide o mikrobiálnu kontamináciu, napr. v dôsledku nesprávneho skladovania a manipulácie.

Najčastejšími kontaminantmi pochádzajúcimi z poľnohospodárskej výroby sú *pesticídy*. Je to skupina chemických látok syntetického alebo prírodného pôvodu, ktoré sa používajú na ničenie škodcov v rastlinnej výrobe a tiež v skladoch a priemyselných objektoch. Povolené limity pesticídov v potravinárskej výrobe sú dané prísnyimi hygienickými predpismi. Nebezpečenstvo týchto látok je spojené nielen s ich priamym nežiaducim účinkom na ľudský organizmus, ale aj s tým, že po transformácii v organizme môžu z nich vzniknúť metabolity, ktoré sú pre organizmus rovnako nebezpečné alebo aj nebezpečnejšie ako pôvodná látka. Preto je z hľadiska ochrany zdravia človeka veľmi významná kontrola zloženia a množstva konečných rezíduí pesticídov v potravinárskych a poľnohospodárskych produktoch. Medzi najvýznamnejšie pesticídy patria:

- *prípravky na ničenie hmyzu a roztočov* (insekticídy a akaricídy) – chlórované uhľovodíky, organofosforové zlúčeniny,
- *prípravky na ničenie burín* (herbicídy) – deriváty karboxylových kyselín, aromatické karbamáty, triazíny a deriváty močoviny,
- *prípravky proti hubám* (fungicídy) – anorganické a organické zlúčeniny síry,

medi, ortuti, cínu a bóru, deriváty ditiokarbamátov, benzimidazoly a niektoré organofosforové zlúčeniny.

Zo surovín, technologických zariadení, obalov, pomocných materiálov a počas skladovania a spracovania sa do potravinárskych výrobkov môžu dostať *anorganické prvky a látky*, ktoré môžu byť v určitých koncentráciách zdraviu škodlivé. Ide hlavne o ťažké kovy (Cu, Pb, Zn, Hg, Sn, Fe, Al, Ni, Cr, Cd, Sb), ale aj nekovy (As, F). Medzi anorganické látky, ktoré môžu predstavovať v potravinách významné zdravotné riziko, patria kyanidy, fosforovodík, dusitany, dusičnany a i.; veľmi nežiaducimi kontaminantmi sú dusičnany a dusitany, ktoré sa do potravín dostávajú predovšetkým z nadmerne hnojených pôd. Dusičnany sa redukujú na nebezpečné dusitany, ktoré reagujú s hemoglobínom na metemoglobín a tým blokujú prenos kyslíka v organizme. Dusitany pri vyšších teplotách reagujú tiež so sekundárnymi amínmi na karcinogénne N-nitrózoamíny. Na zníženie rizika spojeného s tvorbou týchto látok sa odporúča spracovávať iba suroviny chudobné na dusitany a priamy ohrev nahradiť nepriamym.

Antibiotiká a hormóny sa môžu vyskytovať v potravinách ako rezíduá po liečení zvierat, alebo po prídavku do krmiva. V ľudskom organizme potom spôsobujú nežiaduce zmeny v mikroflóre zažívacieho traktu, čím sa oslabuje odolnosť organizmu voči niektorým ochoreniam. V technologickom procese pôsobia zvyšky antibiotík negatívne na mliečne baktérie, ktoré potom nefermentujú optimálne, napr. pri výrobe kyslomliečnych výrobkov a syrov. Môžu ovplyvniť aj organoleptické vlastnosti výrobkov. Rezíduá hormónov môžu uľahčovať interakciu s insekticídmi.

Ako rezíduá sa môžu v potravinách vyskytovať aj *toxíny*, ktoré zvyčajne vznikajú ako sekundárne metabolity mikroorganizmov, prípadne vyšších organizmov. Patria sem hlavne bakteriálne a plesňové toxíny, samostatnú skupinu tvoria toxíny produkované vyššími hubami. Z bakteriálnych toxínov je najznámejší botulotoxín (tzv. klobásový jed), ktorý produkujú baktérie *Clostridium botulinum*. Je termolabilný, preto dôsledným dodržiavaním technologickej disciplíny, predovšetkým potrebnej zvýšenej teploty, sa môže dosiahnuť jeho deštrukcia. Mimoriadny význam v potravinách majú mykotoxíny, t. j. toxíny produkované plesňami. Najtoxickéjšie z nich sú aflatoxíny produkované plesňami rodu *Aspergillus*. Sú to veľmi stabilné zlúčeniny, ktoré sa bežnými technológiami ťažko odstraňujú, preto sa kladie veľký význam na prevenciu, t. j. na zabránenie kontaminácie. Čiastočne ich možno eliminovať pražením alebo záhrevom v autokláve (pod tlakom). Vyskytujú sa v kontaminovaných plodoch podzemnice olejnej, obilí, ryže a v cereáliách všeobecne. Boli však zistené aj na zelenine, zemiakoch, ovocí, v mliečnych a mäsových výrobkoch.

6.11 Zoznam použitej literatúry

TAKÁCSOVÁ, M. – PRÍBELA, A. *Chémia potravín*. Bratislava: STU 1996. 235 s. ISBN 80-227-0861-5

VELÍŠEK, J. *Chemie potravín*. Tábor: OSSIS 2002. 1032 s. ISBN 80-86659-03-8 (soubor)

