

3. přednáška

Téma přednášky:

- 1. Sacharidy a jejich význam, charakteristika a metabolismus ve výživě zvířat**
- 2. Voda a její význam ve výživě zvířat**

Cíl přednášky:

V třetí přednášce budou studenti podrobně informováni o fyzikálních a chemických vlastnostech jednotlivých typů sacharidů. Budou seznámeni s jejich strukturou, syntézou a hydrolýzou. Další část přednášky se bude zabývat významem vody ve výživě zvířat a zdroji pitné vody.

Sacharidy

Cukry, sacharidy, glycidy, uhlovodany představují ve výživě zvířat komplex látek, které jsou pro organismus nejvýznamnějším zdrojem energie. V organismu se mohou částečně syntetizovat z aminokyselin a glycerolu. Příjem sacharidů je také nutný z důvodu zabránění odbourávání tkáňových proteinů a rychlé oxidaci tuků spojené se vznikem ketoacidosis. Při velkém nedostatku sacharidů dochází k úbytku svalové tkáně a překyselení organismu. **Sacharidy představují 60 - 85% hmotnosti sušiny krmiv rostlinného původu. V živočišných organismech jejich výskyt nepřevyšuje 2 % hmotnosti sušiny.**

Sacharidy slouží především jako **zdroj energie** pro živé organizmy. V živočišných organismech mohou být **zdrojem pro tvorbu složitějších metabolitů (například aminokyselin), přebytek je přeměňován a ukládán ve formě tuků v těle.** Zatímco jednoduché látky se v trávicím traktu vstřebávají přímo, složité komplexy je nutné enzymaticky rozštěpit na jednodušší látky, které organismus pak dokáže využít. Některé jednodušší sacharidy bývají využívány symbiotickou mikroflórou trávicího traktu (předžaludky, tlusté střevo) a metabolizovány na organické kyseliny.

Sacharidy dělíme na jednoduché cukry (monosacharidy), disacharidy, trisacharidy, polysacharidy a další složky.

Hlavní podíl z přijímaných využitelných sacharidů z krmiv tvoří polysacharidy a to především škrob. Odbourávají se v trávicím ústrojí pomaleji, takže vstřebávání glukózy, vzniklé jejich hydrolýzou, je také pozvolné.

Živočišné organismy ukládají mírné rezervy sacharidů v játrech a ve svalech ve formě polysacharidu glykogenu, který se skládá z glukózových jednotek, ale tvoří molekulu více rozvětvenou než škrob. Při sníženém obsahu glukózy v krvi se glykogen částečně odbourává, aby se glykémie udržovala konstantní.

Nejdůležitější sacharidy pro výživu hospodářských zvířat, pokud jde o množství a jejich význam jsou škrob, cukry a celulóza. **Sumu cukrů a škrobu a organických kyselin v krmivech označujeme jako bezdušikáté látky výtahkové (BNLV).**

Následky způsobené nedostatkem sacharidů

Nedostatek sacharidů jako hlavního zdroje energie zasahuje do užitkovosti hospodářských zvířat. Nedostatek některých sacharidů má specifický účinek na složení a množství živočišných produktů. Například se snižujícím se podílem vlákniny v sušině krmné dávky se snižuje obsah tuku v mléce, protože při nízkém množství vlákniny v krmné dávce se v bachoru netvoří dostatečné množství kyseliny octové (prekurzor mléčného tuku). Při zkrmování vegetačně mladé píce nebo řepných skrojků je obsah vlákniny v krmné dávce příliš nízký, a proto se na vyrovnání obsahu vlákniny v krmné dávce musí přidat jiné krmivo bohaté na vlákninu, např. krmná sláma.

Sacharidy dělíme dle jejich funkce ve výživě člověka do několika kategorií:

1. Sacharidy využitelné

- a) **polysacharidy** – škrob (brambory, obiloviny, luštěniny)
 - glykogen (játra, svalová tkáň)
 - dextriny (vznikají hydrolýzou škrobů a obsahují rovněž maltosové jednotky)
- b) **oligosacharidy** – sacharóza (řepný a třtinový cukr)
 - maltóza (hydrolýza škrobu)
 - laktóza (mléčný cukr)
- c) **monosacharidy** – glukóza a fruktóza (ovoce, med)
 - ribóza (syntéza v organismu z glukózy), nukleotidy
 - galaktóza – rozštěpením laktózy

2. Sacharidy špatně využitelné

a) **oligosacharidy** – rafinóza, stachyóza, galaktoinositol (luštěniny – netráví se v tenkém střevě, ale částečně jsou tráveny mikroflorou tlustého střeva – řadí se mezi flatulenční faktory)

- inulin (topinambury, čekanka, artyčoky) – vhodné prebiotikum

- oligofruktóza (topinambury, čekanka) – vhodné prebiotikum

b) **monosacharidy** – xylóza, arabinóza (vyskytují se velmi málo)

3. Sacharidy nevyužitelné

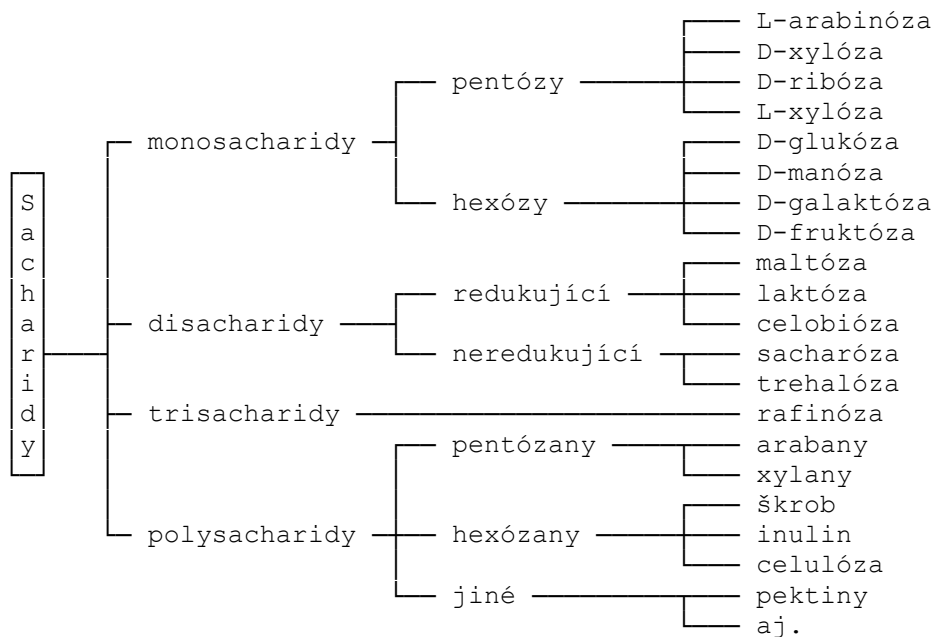
a) **polysacharidy** – celulóza, hemicelulózy, pentosany, lignin (obilniny, luštěniny, brambory, luční a pastevní porosty, siláže ...)

- pektiny (ovoce, částečně i zelenina)

- rezistentní škrob (pekařské výrobky, extrudované výrobky, luštěniny)

- chitin (houby)

Rozdělení sacharidů - podle fyzikálních a chemických vlastností:



Balastní polysacharidy - vláknina

Co to je vláknina

Pod pojmem vláknina rozumíme komplex těžko hydrolizovatelných polysacharidů, které také označujeme, jako balastní polysacharidy. U přežvýkavců je vláknina využita mikroflórou předžaludků.

Rozdělení potravní vlákniny

Vlákninu dělíme zhruba na nerozpustnou část představovanou celulózą, hemicelulóžami, ligninem, kutinem, a chitinem a na rozpustnou část, která zahrnuje především pektiny, β glukany a inulin. Významnou stavební složkou celulózy je celobióza.

Na stavbě polysacharidového řetězce hemicel se totiž podílí glukóza a další monosacharidy - jak různé hexózy (manóza), tak i pentózy (arabinóza, xylóza) a uronové kyseliny.

Charakteristika jednotlivých balastních polysacharidů

Hemicelulózy tvoří přechodnou složku mezi zásobními polysacharidy a celulózą. Na stavbě polysacharidového řetězce hemicelulóz se totiž podílí glukóza a další monosacharidy - jako různé hexózy (např. manóza), tak i pentózy (arabinóza, xylóza) a uronové kyseliny. Hemicelulózy se vyskytují v obalových vrstvách zrnin (3-15 %). Obecně hemicelulózy představují složité heteropolymery, které kolísají ve svém složení. Při jejich hydrolýze vznikají vedle neutrálních monosacharidů i kyseliny uronové, galakturonová, glukuronová a další.

Celulóza tvoří základní součásti buněčných stěn. Představuje nejrozšířenější polysacharid v rostlinách. Trávicí enzymy vyšších živočichů neobsahují enzymy celulózu a celobiázu, takže k jejímu využití může dojít pouze v symbióze s mikroorganismy, které tyto enzymy vytvářejí. Přežvýkavci mají aktivní mikroflóru v předžaludcích, ostatní zvířata v slepém střevě a tlustém střevě. Glukózová jádra jsou navzájem spojena β - 1,4 vazbami a tak dávají vznik velkým molekulám celulózy (250-2300 molekul beta D- glukózy). Stáří se

do struktury vláken ukládají inkrustující látky (**lignin, suberin, kutin**), které jsou téměř nestravitelné a tak snižují stravitelnost rostlinných krmiv (starší luční a travní porosty apod.). Podle vzájemného poměru sacharidů (hemicelulózy, celulózy atd.) k ligninu se mění stravitelnost vlákniny. Tak např. u přežvýkavců je koeficient stravitelnosti vlákniny slámy (vyšší obsah ligninu) asi 50 %, ale vlákniny mladého travního porostu kolem 70 %. **Lignin je vysokomolekulární polyfenolická látka.** Lignin je po celulóze druhou nejčastější organickou sloučeninou na Zemi, tvoří 25 % rostlinné biomasy. V největším množství se objevuje v sekundární buněčné stěně rostlinných buněk. Vyskytuje se také v obilovinách, otruby obsahují kolem 8 % ligninu. **Suberin** je látka příbuzná vosku. Je přítomna v buněčných stěnách vyšších rostlin. Je hydrofobní a jeho hlavní funkcí je zabránit, aby voda pronikala do pletiv. V kořenech se ukládá v radiálních a příčných buněčných stěnách endodermálních buněk. **Kutin** je polymer, jehož hlavní složkou jsou mastné kyseliny. Podobně jako suberin je i kutin voskovitá látka, která tvoří ochranný hydrofobní povrch.

Lichenin je polysacharid podobný celulóze, který se vyskytuje především v lišejnících.

Chitin je stavební polysacharid, který je obsažen především v buněčných stěnách hub a dále tvoří také vnější kostru hmyzu.

B glukany - obsaženy především v zrna ovsa a ječmene. Větší podíl z β - glukánů je vodorozpustný. β - glukany řadíme mezi tzv. **neškrobové polysacharidy**, stejně jako další skupinu **pentozany**. Největší význam z pentozanů mají arabinoxylany. Podobně jako u β - glukánů je i část pentozanů vodorozpustná, ale v tomto případě jen malá část. Zvýšeným obsahem arabinoxylanů se vyznačuje pšenice a tritikale. **Uvedené neškrobové polysacharidy u zvířat mají negativní vliv na užitkovost.**

Neškrobové polysacharidy **snižují u prasat využitelnost živin.** Za prvotní, ne však jedinou příčinu antinutričních účinků se považuje **zvýšení viskozity a objemu střevního obsahu rozpuštěnými NSP.** Tím se omezí pohyblivost substrátů, trávicích enzymů, ale také např. emulgujících žlučových kyselin a omezí se možnosti jejich styku s tráveninou. **Zhoršují se podmínky pro vstřebávání živin,** pro kontakt s povrchem střevní mukózy, **dochází k zalepení střevních klků.** NSP rovněž mohou vytvořit **komplexy s trávicími enzymy, čímž snižují jejich aktivitu.** Klesá využitelnost prakticky všech živin, nejvýrazněji však nasycených tuků a lipofilních vitamínů. Zastoupení NSP v krmivech je proměnlivé. Rozdíly

ve složení vedou k odlišným fyzikálním vlastnostem, např. k různé rozpustnosti ve vodě a schopnosti vázat vodu. Jednotlivé NSP v buněčných stěnách jsou navzájem poutány mezi sebou a rovněž s dalšími složkami, zejména bílkovinami a ligninem. Mnoho polysacharidů vytváří s vodou viskózní roztoky.

Inulin v čekance, topinamburech, **pektiny** v ovoci a řepě a **β - glukany** v ovesném či ječném zru, v kvasinkách a v některých druzích hub jsou představiteli tzv. rozpustné vlákniny, fermentované v tlustém střevu.

Zdroje potravní vlákniny

Významným zdrojem vlákniny jsou **objemová statková krmiva (luční a pastevní porosty, seno, siláže, kukuřice, luskovino obilné směsky, jetel, vojtěška) ale i brambory.** Dalším dobrým zdrojem vlákniny především v krmných směsích jsou obilniny, luštěniny, pokrutiny extrahované šroty). Tyto skupiny krmiv obsahují hlavně celulózu, hemicelulózy a pentozany, v ovesném a ječném zru jsou přítomny β – glukany. Stavební polysacharid chitin je na bázi aminocukrů a je obsažen **v buněčné stěně hub** a pokožce členovců. **Obsah vlákniny v krmivu nebo v píce určuje jeho krmnou hodnotu.** **Obsah vlákniny v krmivech rostlinného původu kolísá v sušině od 5 do 40 %.** Čím vyšší je zastoupení vlákniny v krmivech, tím je stravitelnost organické hmoty nižší.

Význam potravní vlákniny ve výživě zvířat

Uvedený **komplex balastních nevyužitelných polysacharidů** **zvětšuje objem stravy,** ale u monogastrů **nedodává organismu téměř žádnou energii ani živiny** (určitého energetického zisku se dosahuje využitím bakteriálních degradačních produktů – hlavně mastných kyselin s krátkým řetězcem – octová, propionová, případně máselná). Velký význam má vláknina pro přežvýkavce, u kterých je důležitá pro činnost předžaludků a je využitelná mikroflórou předžaludků. V bacheru přežvýkavců jsou populace bakterií, protozoí a hub produkujících enzymy, které rozkládají velmi složité části buněčné stěny na menší molekuly, jako např. glukózu. **Balastní polysacharidy podněcují střevní peristaltiku k větší intenzitě.**

Vláknina rovněž **snižuje resorpci tuků a cholesterolu a současně zvyšuje vylučování žlučových kyselin**, které jsou degradačními produkty cholesterolu. **Vláknina je významným živinovým substrátem pro pozitivní střevní mikroflóru, vlákninu v tom o případě chápeme jako prebiotikum.** **Tyto vlastnosti vlákniny jsou především důležité ve výživě člověka.** Zároveň se ovšem **snižuje vstřebatelnost některých žádoucích živin, např. vitamínů a minerálních látek.** Z tohoto důvodu také nadbytek vlákniny není také žádoucí. Jejich snížená vstřebatelnost je také způsobena jejich silnou vazbou na některé funkční skupiny vlákniny, např. sulfátové nebo karboxylové skupiny. **Vláknina také váže větší množství vody, takže využitelnost vody je pak nižší a při větším příjmu vlákniny se proto musí zajistit více vody.**

Podle metabolické zátěže (zejména užitkovosti) kolísá optimální zastoupení vlákniny v sušině krmné dávky:

U ovcí 18 – 26 %

U skotu 15 – 26 %

U koní 10 – 20 %

U chovných prasat 3 – 7 %

U vykrmovaných prasat 2 – 5 %

Hlavní význam vlákniny ve výživě zvířat je:

a) limituje trávení

b) podporuje žvýkání

c) vyplňuje část batoru, čímž limituje příjem krmiva

d) přiměřeným množstvím vlákniny se můžeme vyhnout nízké hladině mléčného tuku, acidózám a bolestem nohou

e) kapacita slepého a tlustého střeva přežvýkavců je rovněž ovlivněna zastoupením nestráveného podílu vlákniny

Pektiny v ovoci a **inulin** v čekance, topinamburech jsou představiteli tzv. rozpustné vlákniny, fermentované v tlustém střevu. **Karboxylové skupiny pektinu váží těžké kovy a brání jejich vstřebávání.** Rozpustná vláknina **ovlivňuje hladinu glukózy a cholesterolu v krvi,** zvětšuje svůj objem a v žaludku vytváří viskózní roztok, který zpomaluje jeho vyprázdnění a prodlužuje se pocit nasycení.

Odhad obsahu NDF v optimální dávce pro mléčný skot

Dojnice	NDF (% sušiny)
velmi vysoká produkce, 60 lt/ den	26
vysoká produkce, 40-60 lt/den	28
střední produkce, 20-40 lt/den	32-33
nízká produkce, < 20 lt/den	39
krávy po otelení (na 3-4 laktaci)	36
zaprahlé krávy	50
Jalovice	
méně než 200 kg	34
od 200 do 400 kg	42
nad 400 do 600 kg	50

Obsah vlákniny v krmivech

Krmivo	Vláknina (% v sušině)
Vojtěška 1. seč butonizace	27
Jetel luční 1. seč butonizace	23
Luční porost před květem	27
Luční porost odkvetlý	30
Jetelotráva siláž ze zavadlé píče	29
Kukuřičná siláž mléčně vosková zralost	27
Luční porost siláž ze zavadlé píče	32
Jetel luční v květu seno	31

Vojtěškové seno butonizace	35
Pšeničná sláma	46
Kukuřice zrno	3
Pšenice zrno	3
Sója	7
Oves	12

Metody stanovení vlákniny

Stanovení hrubé vlákniny (CF)

Jedná se o jednu z nejstarší metoda měření vlákniny, která je také nejméně přesná. Vzorek je vařen po dobu 30 minut v slabé 1,25 % kyselině sírové a po dobu 30 minut v slabém 1,25 % hydroxidu draselném (sodném.). Kyselina rozpouští hemicelulózu a zásada rozpouští lignin. Touto metodou stanovíme množství celulózy. Vzhledem k tomu, že podíl celulózy se pohybuje kolem 80 %, stanovíme touto metodou podstatnou část vlákniny.

Stanovení neutrálně detergentní vlákniny (NDF)

Vzorek rostlinného materiálu je hydrolyzován v neutrálním prostředí (pH 7) roztoku činidla laurylsulfátu sodného. Nehydrolyzovanými zbytky zůstává celulóza, komplex hemicelulóz a lignin, což jsou hlavní strukturální součásti rostlinných buněk.

Stanovení acido detergentní vlákniny (ADF)

Vzorek rostlinného materiálu je hydrolyzován v kyselém prostředí roztoku kyseliny sírové za přidání činidla cetyltrimethylamoniumbromid. Zbytkem po hydrolýze je ligninocelulózový komplex. Kyselina rozpouští hemicelulózy.

Stanovení acido detergentního ligninu (ADL)

Lignin se stanovuje jako zbytek z lignocelulózového komplexu po oxidaci kyselinou sírovou za studena. Takto stanovený lignin se označuje jako S-lignin.

Využitelné sacharidy

Monosacharidy

Jsou ve vodě snadno rozpustné, sladké chuti a lehce vstřebatelné. Slouží především ke krytí energetických potřeb.

Pentózy (ribóza) a jejich fosforečné estery se vyskytují v DNA a RNA a hrají důležitou úlohu v jejich syntéze. Jinak se vyskytují v semenech rostlin, zejména v obalových vrstvách.

Hexózy se na využívání energie podílejí rozdílně. Zařazujeme mezi ně **manózu a galaktózu**. **Galaktóza** je součástí mléčného cukru - laktózy. **Fruktóza** je součástí řepného cukru - sacharózy a je rovněž obsažena v ovoci. **Hlavní význam ve výživě zvířat má z hexóz glukóza.**

Glukóza

Glukóza podléhá totální oxidaci za vzniku oxidu uhličitého a vody a významného množství energie pro živočišný organismus. Významně se **podílí na stavbě molekul polysacharidů, ze kterých bývá glykolýzou za pomoci enzymů uvolňována a dále využívána glukóza.** Živočišný organismus využívá pro bezprostřední krytí svých energetických potřeb glukózu. Glukóza je nezbytná pro udržení glykémie a je zdrojem pro tvorbu glykogenu a tvorbu jiných cukrů, např. ribóza a galaktóza a dále mastných kyselin a těkavých mastných kyselin. Část glukózy se může přes glyceraldehyd přeměňovat na glycerol.

Některé buňky živočišného těla vyžadují jako jediný zdroj energie pouze glukózu – erythrocyty, CNS, dřev nadledvinek. Ostatní buňky využívají energii jak z glukózy, tak i z mastných kyselin.

Fruktóza

Monosacharid obsažený v ovoci a v medu. Je rovněž součástí disacharidu sacharózy, která tvoří podstatu řepného a třtinového cukru. Fruktóza se vstřebává v tenkém střevě. Určitý podíl fruktózy se již v enterocytech mění na glukózu. Zbytek fruktózy odchází vrátnicovým krevním oběhem do jater a přeměňuje se rovněž na glukózu.

Disacharidy

Jsou tvořeny monosacharidy. V rámci sacharidů mají disacharidy z hlediska energetického metabolismu mimořádný význam.

Nejnámější je **sacharóza - řepný či třtinový cukr**. Její obsah v melase je 30 - 40 %. Sacharóza je obsažena v cukrovce, polocukrovce a krmné řepě.

Laktóza - mléčný cukr je pravidelnou součástí mléka krav a koz v množství 4 - 5 %, v mléce prasnic 5 - 6%. Laktóza je tvořena galaktózou a glukózou.

Celobióza je stavební složkou celulózy, kyselinami se štěpí až na glukózu.

Maltóza je základní stavební jednotkou škrobu a je disacharidem tvořeným dvěma glukózami. Vzniká enzymaticky při nakličování obilí. Zcukřování enzymem amylázou se využívá ke zchutňování potravin, přípravě těsta a dále zejména v pivovarnickém a lihovarnickém průmyslu.

Trisacharidy

Rafinóza se vyskytuje v cukrovce a polocukrovce. **Jedná se o těžce využitelný sacharid.**

Při zpracování řepy v cukrovarech přechází do melasy. V ostatních krmivech rostlinného původu se vyskytuje řidčeji.

Polysacharidy

Pod pojmem využitelné polysacharidy rozumíme především škrob a glykogen.

Polysacharidy jsou složité molekuly, které vznikají spojováním jednoduchých cukrů do dlouhých, různě větvených řetězců. **Lze je považovat za nejrozšířenější organické látky na zemi.** V živých buňkách plní různé funkce. Jedná se o největší molekuly, které se v živých buňkách vyskytují. Tvoří-li řetězec vzájemně pospojovaný jednoduchý cukr glukózu mluvíme o **homopolysacharidech.** Vyskytují-li se v řetězci vedle glukózy i jiné látky, mluvíme o **heteropolysacharidech** - keratansulfát, chondroitin – 4 - sulfát, chondroitin –6 - sulfát (v chrupavkách), dermatansulfát (v kůži).

Mezi homopolysacharidy řadíme nejen nejdůležitější rostlinný polysacharid škrob a živočišný polysacharid glykogen, ale i ostatní balastní polysacharidy. Polysacharidy jsou ve výživě zvířat, zvláště přežvýkavců, nejvýznamnější skupinou energetických živin. Velmi významný polysacharid je již výše zmíněná celulóza a pak samozřejmě škrob.

Škrob

Škrob tvoří základní složku výživy zvířat i lidí. Jedná se o fyzikálně i chemicky velice heterogenní přírodní surovinu. **Je obsažen nejen v klasických škrobnatých plodinách, jako jsou kukuřice, brambory, obiloviny, ale i např. v luštěninách.** V zrninách, jako je rýže, kukuřice, pšenice, žito, oves a ječmen tvoří až 75 % v sušině, v bramborách 15 - 25 % v původní hmotě, to je až 80 % v sušině hlíz. V zelených rostlinách může být zastoupeno 1 - 3 % škrobu v sušině. **Škrob je zastoupen ve všech krmivech rostlinného původu spolu s disacharidy. Tyto látky jsou náplní krmivářsky velmi důležité skupiny BNLV, která**

tvoří zpravidla více než 50 % sušiny organické hmoty krmiv rostlinného původu. Škrob se v rostlinách ukládá především v semenech, v hlízách, v kořenech a v oddencích. Je zde uložen v podobě tzv. **škrobových zrn**, která jsou většinou eliptického nebo kulovitého tvaru, ale mohou být i tvaru hvězdicovitého nebo nepravidelného. Každé škrobové zrno má **jádro**, kolem něhož se ukládají apozicí nové vrstvy na staré. Jádro může být uloženo v centru zrna (obiloviny, luskoviny), ale též excentricky (brambor). Škrob je složen buďto z jednoduchých zrn (pšenice), nebo je tvořen zrny složenými (rýže, oves). Podle tvaru a velikosti škrobového zrna, vrstvení a uložení jádra lze určit druh plodiny, ze které škrob pochází.

Chemicky je škrob tvořen dvěma polysacharidy amyložou (10-20 %) a amylopektinem.

V nepatrném množství je zastoupena i kyselina fosforečná estericky vázaná na různé hydroxylové skupiny. Prostorově jsou obě frakce ve škrobovém jádře odděleny. Obalová vrstva škrobového zrna je tvořena převážně amylopektinem, v centru je amyloža. Vzájemný poměr těchto dvou složek škrobu určuje jeho fyzikální vlastnosti, což je důležité pro komerční využití.

Amyloža je tvořena řetězovým spojením **250 – 300 glukózových částic (150 maltóz)**. Vzhledem k tomu, že dvě glukózy vytváří molekulu maltózy, je **maltóza základním stavebním kamenem škrobu**. Takzvaným **glykosidickým spojením** maltózových jednotek **nevzniká řetězec rovný, ale spirálový** – jako šroubovitě zakroucená příčka na žebříku, přičemž vždy čtyři molekuly utvářejí dutý prostor. **Při testování jódem vzniká modré zabarvení**, jelikož jódové molekuly pronikají do tohoto prostoru, což se následně projevuje silnou světelnou absorpcí. Tato schopnost má mimořádný význam pro využití amylázového škrobu v chemickém průmyslu.

Amylopektin, jako druhý stavební kámen přírodního škrobu, **je složen asi z 1 000 glukóz**. **Řetězec amylopektinu je na rozdíl od amyložy mnohočetně rozvětven, čímž dochází ke vzniku klubičkovité struktury molekul. Testování amylopektinu jódem vede ke vzniku spíše fialového až hnědého zabarvení škrobu.** Tato klubičkovitá molekulární struktura umožňuje typickou úpravu škrobu – **gelovatění**.

Škrob je velmi lehce hydrolyzovatelný a **dobře stravitelný**, takže představuje pohotový zdroj energie. Neúplnou hydrolýzou škrobu za vyšších teplot vznikají **dextriny**, které jsou rovněž energeticky bohaté, avšak mohou mít nahořklou chuť. Škrob je ve studené vodě nerozpustný, v horké vodě mazovatí.

Glykogen

Glykogen se vyskytuje v živočišných organismech, kde hraje podobnou rezervní úlohu jako škrob u rostlin. Glykogen se ukládá v játrech a ve svalech. Zhruba jedna třetina je v podobě jaterního glykogenu a dvě třetiny v podobě svalového glykogenu.

Obsah glykogenu v játrech v sušině je 18 %, ve svalech 2 – 5 %. Jaterní glykogen slouží především jako rezervní zdroj glukózy pro regulaci hladiny glykémie. Svalový glykogen je důležitý jako zdroj energie pro činnost svalů.

Inulin je oligosacharid, který tvořen D-fruktózou a vyskytuje se v kořenech čekanky a hlavně v hlízách topinambur. Je špatně stravitelný. Využívá se jako prebiotikum.

Organické kyseliny

K energetickým živinám patří organické kyseliny. Z mnoha, které mohou do metabolismu zasahovat jsou **kyseliny mléčná, mravenčí, octová, propionová a máselná** a to proto, že některé z nich **jsou produkovány střevní mikroflórou a mikroflórou předžaludků, jiné mikroflórou při silážování**. Jsou využívány jako energetické zdroje, zejména přežvýkavci. Ovšem mimořádný význam mají kyseliny octová, propionová a máselná ve výživě přežvýkavců, jejich energetické potřeby jsou kryty zhruba ze 70 % právě prostřednictvím těžkých mastných kyselin (TMK), vznikajících ze sacharidů v průběhu bachorové fermentace.

Voda

Voda je nepostradatelnou složkou živočišného organismu. Voda v živočišném těle je rozdělena nerovnoměrně. Obsah vody v jednotlivých tkáních a orgánech je mnohem kolísavější, než obsah jiných látek.

Tělo obratlovců obsahuje průměrně 50 – 60 % vody. Zvířata starší mají ve svém těle méně vody, než zvířata mladá.

V těle dospělého skotu je průměrně obsaženo 54 %, u ovce a klisny 60 %, u prasnice 58 % a u slepice 56 % vody.

U mladších zvířat je obsah vody vždy vyšší než v těle zvířat dospělých. Embryo skotu obsahuje 95 % vody, novorozené tele 75 – 80 %, tele v pěti měsících 66 – 72 % a dospělý skot 50 – 60 %. Novorozené sele má ve svém těle 81 % vody a prasnice 58 %.

Obsah vody je rovněž ovlivněn stupněm prokrmenosti zvířat. V těle dospělých chovných ovcí je 57 % vody, v těle polovykrmené ovce 50 % a v těle vykrmené ovce je 43 % vody. Množství tuku v těle zvířat ovlivňuje i celkový obsah vody v těle, protože celá polovina veškeré tělní vody je obsažena ve svalové tkáni. Např. u žírného skotu s obsahem 18 % tělního tuku představuje voda 57 % váhy těla, při obsahu tuku 41 % představuje voda 42 %.

Značně vysoký obsah vody má zažívací trakt zvířat – 75 %, sekrety (sliny – 99,5 %, žaludeční a střevní šťávy - 97 %), mléko – 87 %, krevní plasma – 90 – 92 %, svalová tkáň – 75 % a kostní tkáň – 45 %.

Z celkového množství vody obsaženého v těle zvířat je **63 % uloženo v extracelulární tekutině, 30,5 % v tekutině intracelulární a pouze 6,5 % je v krevní plasmě.**

Voda přijatá v krmné dávce a nebo v nápoji, se vstřebává do krve celou stěnou trávicího traktu. **Nejvíce vody se vstřebává v tenkém a tlustém střevě.** Voda se může již vstřebávat v batoru.

Voda se vylučuje z organismu jednak jako tekutina (močí, potem, exkrekty, sekrety ve výkalech), jednak **jako vodní pára** (plícemi a kůží).

Z velkého množství vody, která obíhá ve zvířecím organismu, se musí obnovovat jenom malá část, kterou tělo ztrácí vylučováním.

Voda náleží k základním nekalorickým živinám. S vodou v organismu zvířete jsou spojeny všechny životní procesy. **Voda podmiňuje průběh trávicích a resorpčních pochodů, transport vstřebaných produktů, dopravu živin na místo použití a umožňuje**

všechny pochody intermediárního metabolismu. Voda podstatnou složkou všech sekretů (enzymů, hormonů, trávicích šťáv) nepostradatelných pro normální činnost orgánů.

Voda má rovněž velký význam pro odstraňování produktů metabolismu, především pro odstraňování zplodin rozkladu bílkovin.

Voda je součástí synoviální tekutiny umožňující pohyblivost kloubů a je rovněž součástí cerebrospinální tekutiny, chránící centrální nervový systém.

Voda v organismu není nikdy chemicky čistá, ale obsahuje různé látky, jako např. koloidní roztoky bílkovin, minerální soli, cukry, tukové emulze apod.

Značný vliv na metabolismus vody mají **minerální látky – především draslík, sodík a chlór**. Tyto minerální látky prakticky řídí celkový vodní metabolismus, udržování osmotického tlaku, acidobazické rovnováhy v tělních tekutinách atd.

Potřeba vody je závislá na druhu a individualitě zvířat, druhu krmiva a způsobu krmení, na klimatických poměrech, na chovném směru zvířete, na věku a na tělesném stavu zvířat (hubená zvířata potřebují více vody). Potřeba vody je závislá rovněž **na intenzitě jejího vylučování z těla**. Na obsah vody ve výkalech má vliv složení krmné dávky a druh zvířete. U skotu obsahují výkaly 80 – 85 % vody, u ovce 68 %, u prasat 80 %, u koně a drůbeže 75 % vody. Při nedostatečném přívodu vody – pitné i vegetační, klesá obsah vody ve výkalech až na 40 %.

Tekutina, která je obsažena v trávicím traktu zvířat tvoří významnou rezervu vody. Rezervy vody jsou v trávicím traktu ovcí 6 – 7 litrů a u dospělého skotu a koní 80 – 100 litrů.

Příjem vody je ovlivněn nejen obsahem sušiny v krmné dávce, ale také teplotou prostředí, obsahem bílkovin v krmné dávce, obsahem chloridu sodného apod.

Potřeba vody na 1 kg sušiny krmiva

Skot – 4 – 6 litrů

Prase – 7 – 8 litrů

Kůň – 2 – 3 litry

Ovce, koza – 2 – 3 litry

Denní průměrné spotřeby u jednotlivých hospodářských zvířat

Kůň	25 – 45 litrů
Hřibě	15 – 25 litrů
Skot dorostlý	45 – 70 litrů
Skot mladý	20 – 35 litrů
Tele	8 – 15 litrů
Prasnice	10 – 25 litrů
Žírné prase	8 – 15 litrů
Sele	2 – 3 litry
Koza, ovce	1 – 2 litry

Průměrné spotřeby vody u jednotlivých kategorií skotu (kus a den)

Telata 4 – 8 týdnů věku	4 – 7 litrů
Mladý skot 8 – 20 týdnů věku	7 – 18 litrů
Mladý skot 20 – 26 týden věku	18 – 23 litrů
Dojnice stojící na sucho	45 – 60 litrů
Dojnice v laktaci	50 – 120 litrů
Žírný skot	30 – 40 litrů

U dojnic, bahnic a prasnic se může zvýšit příjem vody před porodem až o 50 %.

Napájecí voda musí mít přiměřenou teplotu. Studená voda je osvěžujícím, ale zároveň i ochlazujícím činitelem, neboť k jejímu ohřátí na tělesnou teplotu se spotřebuje značné množství tepelné energie. **Optimální teplota pitné vody je 8 – 15 °C.** Napájecí voda musí být bez škodlivých příměsí, čistá, bezbarvá, bez zápachu a zdravotně nezávadná.

Nedostatek vody v organismu zvířat vede k těžkým poruchám v látkové výměně. Trvá-li nedostatek vody delší dobu, organismus odnímá vodu z tkání a orgánů, krev se zahušťuje, trávicí pochody se zpomalují a znesnadňují, v těle se zadržují nežádoucí zplodiny metabolických pochodů. Nastává intenzivnější štěpení tuků i bílkovin, zvířata trpí nechutenstvím a odmítají suchá krmiva. U zvířat se může objevit horečka, klesá užitkovost zvířat. Nejvíce trpí nedostatkem vody mladá zvířata. Je-li bilance vody silně negativní, vysouší se sliznice, zrychluje se tep, zmenšuje se sekrece žláz. Smrt zvířete nastává

porušením krevního oběhu a otravou jedovatými zplodinami látkové přeměny, nahromaděnými ve tkáních zvířat. Nedostatek vody způsobuje smrt mnohem dříve než hladovění, při němž organismus může ztratit až 40 % své váhy. Tělo zvířete může ztratit všechnen tuk a přes polovinu bílkovin bez podstatných následků, kdežto **ztráta 10 % tělní vody vyvolává těžké poruchy a ztráta 20 – 22 % tělní vody způsobuje smrt.**

Potřebu vody hradí zvíře ze dvou zdrojů

a) voda exogenní – pitná voda a voda obsažená v krmivech

b) endogenní – oxidační voda

Spotřeba pitné vody u zvířat se především řídí množstvím vody obsažené v krmné dávce. Krmné dávky, tvořené senem, slámou a jádrem, obsahují velmi malé množství vody, u skotu 2 litry a u prasat 0,3 litru. Při krmení skotu siláží nebo zelenou pící tvoří voda obsažená v šťavnatých krmivech 20 – 60 % celkové potřeby vody.

Převážná část potřebné vody je hrazena vodou pitnou a vodou obsaženou v krmivech, ale část vody hradí zvířata vodou vznikající při oxidačních procesech. Při oxidaci organické molekuly se z uvolněného vodíku tvoří voda. Množství vytvořené vody je přímo závislé na počtu atomů vodíku v molekule a na intenzitě oxidace. Nejvíce vody se vytvoří v organismu při rozkladu tuku, kdy **z 1 gramu tuku se vytvoří 1,071 g vody**. Při štěpení 1 g sacharidů vznikne 0,555 g vody a při rozkladu 1 g bílkovin vznikne 0,413 g vody. Metabolická oxidační vody má určitý význam, především u zvířat s velkou rezervou tuku.

Řízení příjmu tekutin

Na řízení příjmu tekutin se podílí **dvě hypotalamická centra** s různou aktivací:

- a) **fyziologické impulsy** - osmotické poměry vnitřního prostředí
 - změny objemu cirkulujících tekutin
 - suchost sliznice úst a hltanu
- b) **hormonální řízení** – antidiuretický hormon ADH ze zadního laloku hypofýzy -
 - zpětná resorpce vody v ledvinách
 - aldosteron hormon kůry nadledvinek

Koloběh a uložení vody v těle

(upraveno podle HAFEZE a DYERA)

