

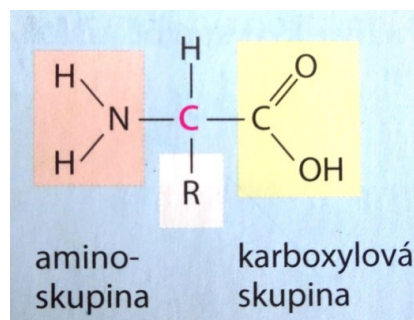
BÍLKOVINY

Bílkoviny (proteiny) jsou základní stavební součástí buněk (tvorí >50% sušiny) a mají v organismu mnohostranné funkce: strukturní (kolagen), transportní (hemoglobin), hormonální (inzulín), receptorovou (receptory v nervových buňkách), kontraktální (aktin a myozin ve svazech), obrannou (protilátky), enzymatickou (trávicí enzymy), energetickou/zásobní (lze z nich produkovat glukózu).

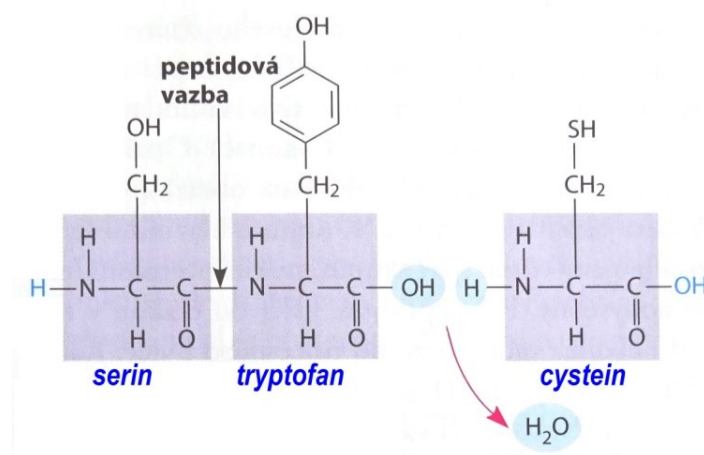
Stavba bílkovin

Navzdory tomu, že bílkoviny mají velmi rozmanitou strukturu, jsou složeny ze stejných stavebních jednotek – 20 druhů **proteogenních (bílkoviny tvořících) aminokyselin**.

Aminokyseliny se skládají z centrálního uhlíkového atomu (C; tzv. uhlík alfa), aminoskupiny (-NH₂), karboxylové skupiny (-COOH), atomu vodíku (H) a postranního řetězce (R), který determinuje vlastnosti aminokyseliny. V buněčném prostředí (při pH 7.4) existuje aminoskupina a karboxylová skupina většinou v ionizované podobě (jako NH₃⁺ a COO⁻).



Aminokyseliny v proteinech jsou na sebe navzájem ve specifickém pořadí navázány **peptidovou vazbou** - spojením karboxylové skupiny (-COOH) jedné aminokyseliny s aminoskupinou (-NH₂) druhé aminokyseliny za odštěpení vody (H₂O). Proces řetězení aminokyselin probíhá směrem od koncové aminové skupiny NH₂ (N-konce) ke koncové karboxylové skupině (-COOH).



Řetězce navzájem spojených aminokyselin označujeme jako **peptidy**.

Podle délky peptidového řetězce rozlišujeme:

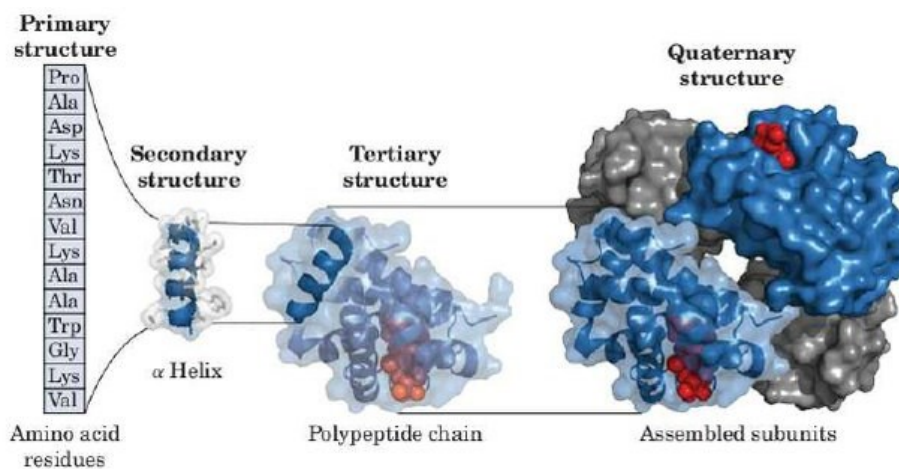
- **Oligopeptidy** (max. 10 aminokyselin):
 - Karnosin (dipeptid tvořený alaninem a histidinem; je vysoce koncentrovaný ve svalech a mozku)
 - Glutathion (tripeptid tvořený glutamátem, cysteinem a glycinem; je to antioxidant v buňkách)
 - Oxytocin (nonapeptid tvořený 9 aminokyselinami; je produkován v hypotalamu a nazývá se též „hormon lásky“; stimuluje porodní stahy a produkci mléka)
 - Vasopresin (nonapeptid, který zahušťuje moč a kontrahuje krevní cévy)
 - antibiotika (např. gramicidin S)
- **Polypeptidy** (max. 100 aminokyselin)
 - Nisiny (polypeptidy produkované mléčnými baktériemi; používají se jako konzervační látky)
- **Bílkoviny** (> 100 aminokyselin)

Jednoduché bílkoviny se skládají z jednoho nebo více polypeptidů.

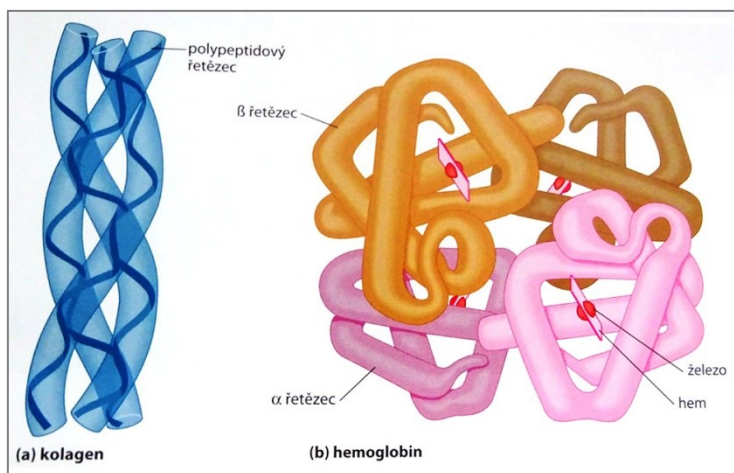
Složené bílkoviny navíc vedle polypeptidů obsahují i strukturu, která neobsahuje aminokyseliny (např. kovy).

Uspořádání struktury bílkovin má čtyři úrovně:

- **Primární** (sekvence aminokyselin v řetězci)
- **Sekundární** (skládání krátkých sousedících úseků polypeptidů pomocí vodíkových vazeb do geometricky uspořádaných jednotek, „šroubovic“-*alfa helixů* nebo skládaných *beta-listů*)
- **Terciární** (spojení sekundárních strukturních jednotek prostřednictvím postranních řetězců do větších celků, nepravidelných „kliček“)
- **Kvartérní** (celková struktura vyplývající ze spojení polypeptidových jednotek)



Každá bílkovina složená z polypeptidů se vyznačuje charakteristickou strukturou (konformací), která může nabývat různých tvarů – od kulovitých (globulární sférobílkoviny) přes spirální až po fibrilární (vláknitou). Tato struktura zásadně ovlivňuje funkci proteinu. Působením vysoké teploty nebo chemických látek může dojít k **denaturaci proteinu** – ztrátě jeho konformace, což ovlivňuje funkční vlastnosti. Typickým příkladem je např. denaturace proteinů v ohřátém mléce.



Vláknitá struktura kolagenu a kulovitá struktura hemoglobinu

Podle rozpustnosti se bílkoviny dělí na:

- **Nerozpustné:** většina fibrilárních proteinů zvaných sklerobílkoviny, jako je keratin a fibroin. Vyznačují se větší stabilitou.
- **Rozpustné ve vodě:** globulární bílkoviny – krevní albuminy. Mají transportní funkci v krvi.
- **Rozpustné ve zředěných roztocích solí:** globulární bílkoviny – krevní globuliny. Patří sem např. globulin vázající pohlavní hormony (SHBG) a imunoglobuliny (krevní protilátky).

Funkční dělení bílkovin

Strukturní

- **Keratin (alfa-keratin).** Je tvořen spirálovitými *alfa*-helixy. Je stavební složkou chlupů, peří, nehtů, drápů.
- **Kolagen.** Je tvořen spirálovitými *alfa*-helixy. Je to nejdůležitější protein u savců (tvoří 25% veškerých proteinů v těle). Je součástí vaziva a kostí.
- **Fibroin.** Je tvořen *beta*-skládanými listy. Je to základní stavební součástí hedvábí (vlákna, které tvoří kokon bource morušového)

Enzymatické

- Enzymy jsou bílkoviny, které slouží jako katalyzátory (urychlovače) chemických reakcí. Patří mezi ně oxidoreduktázy, transferázy, hydrolázy (sem patří proteázy neboli peptidázy – enzymy rozkládající bílkoviny z potravy), lyázy, izomerázy, ligázy, translokázy. Katalyzátory s neproteinovou strukturou, které podporují činnost enzymů, označujeme jako **koenzymy** (patří mezi ně vitamíny).

Hormonální

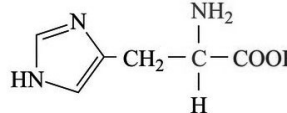
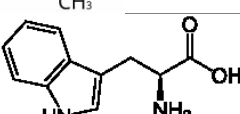
- Vedle látek lipidové povahy, jakými jsou steroidy, jsou hormony tvořeny deriváty aminokyselin a peptidy.
 - **Inzulín.** Peptidický hormon produkovaný slinivkou. Řídí metabolismus sacharidů.
 - **Glukagon.** Peptidický hormon produkovaný slinivkou. Je to antagonist inzulínu.
 - **Růstový hormon (somatotropin).** Peptidický hormon produkovaný hypofýzou. Stimuluje růst a dělení buněk.
 - **IGF-1 (inzulínu podobný růstový faktor).** Peptidický hormon produkovaný především játry. Jeho produkce je stimulována růstovým hormonem. Stimuluje růst, má anabolické účinky a zásadním způsobem ovlivňuje fyziologickou rovnováhu v těle (snižuje riziko kardiovaskulárních chorob, ale zvyšuje riziko rakoviny).
 - **ACTH (adenokortikotropní hormon).** Peptidický hormon produkovaný hypofýzou. „Stresový hormon“. Stimuluje tvorbu steroidních kortikoidních hormonů v kůře nadledvinek.
 - **Tyroxin.** Hormon štítné žlázy, derivát tyrosinu. Řídí procesy látkové výměny v buňkách.
 - **Katecholaminy.** Deriváty tyrosinu. Patří mezi ně „stresové hormony“ adrenalin a noradrenalin, a neurotransmitter dopamin.
 - **Parathormon.** Peptidický hormon produkovaný příštítnými tělisky v blízkosti štítné žlázy. Ovlivňuje činnost ledvin, látkovou přeměnu kostní tkáně a resorpci vápníku.

Dělení aminokyselin

Aminokyseliny lze rozdělit do řady podskupin podle stavby jejich molekuly, polarity jejich molekul a charakteru jejich postranního řetězce.

Dělení podle postranního řetězce:		
<p>Alifatické aminokyseliny se vyznačují řetězovou, necyklickou strukturou, a jejich postranní řetězce obsahují pouze atomy uhlíku (C) a/nebo vodíku (H). Jsou výrazně nepolární.</p>		
<p>Aromatické aminokyseliny se vyznačují postranním řetězcem s cyklickou aromatickou strukturou (se střídáním dvojných a jednoduchých vazeb).</p>		
<p>Heterocyklické aminokyseliny se vyznačují postranním řetězcem s cyklickou strukturou, která obsahuje i jiné atomy než uhlík.</p>		
<p>Sírné aminokyseliny methionin a cystein obsahují atom síry (S).</p>		
Dělení podle elektrického náboje (v buněčném prostředí) a rozpustnosti ve vodě:		
<p>Nepolární</p>	<p>(hydrofobní)</p>	<p>Mají neutrální elektrický náboj a nepřitahují se s molekulami vody. Jsou nerozpustné ve vodě.</p>
<p>Polární Kladně nabitě Záporně nabitě</p>	<p>(hydrofilní)</p>	<p>Vyznačují se polaritou mezi kladným a záporným elektrickým nábojem, nebo převahou kladného či záporného náboje. Přitahují se s molekulami vody a jsou rozpustné ve vodě.</p>

Proteogenní aminokyseliny lze dále rozdělit na **esenciální** (nepostradatelné; musejí být přijímány potravou), **podmíněně esenciální** (jsou esenciální pouze za určitých okolností) a **neesenciální** (organismus si je schopen sám syntetizovat).

Proteogenní aminokyseliny: esenciální			
	Molekula	Struktura molekuly	Polarita/elektrický náboj
Fenylalanin (Phe)	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} $	cyklická (aromatická)	nepolární (hydrofobní)
Histidin (His)	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array} $ 	heterocyklická	zásaditý (hydrofilní)
Isoleucin (Ile)	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	alifatická	nepolární (hydrofobní)
Leucin (Leu)	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} $	alifatická	nepolární (hydrofobní)
Lysin (Lys)	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \quad // \\ \text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $		zásaditý (hydrofilní)
Methionin (Met)	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \quad // \\ \text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	sírná aminokyselina	nepolární (hydrofobní)
Threonin (Thr)	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $		polární (hydrofilní)
Tryptofan (Trp)		heterocyklická & aromatická	nepolární (hydrofobní)
Valin (Val)	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	alifatická	nepolární (hydrofobní)

Proteogenní aminokyseliny: podmíněně esenciální

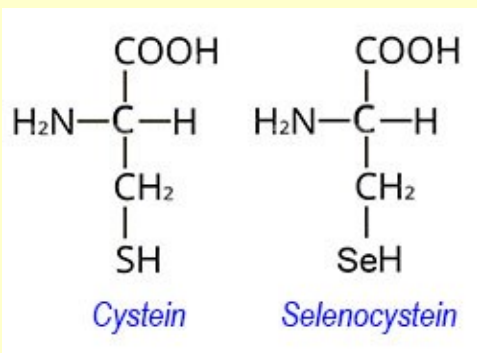
	Charakteristika	Molekula	Struktura molekuly	Polarita/elektrický náboj
Arginin (Arg)	Esenciální u dětí. Dospělí jsou schopni arginin syntetizovat z glutaminu.	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{N}-\text{C}-\text{C}=\text{O} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{N} \quad \text{NH} \end{array} $		zásaditý (hydrofilní)
Cystein (Cys)	Může být syntetizován z methioninu. Protože methionin nemůže být v těle syntetizován, z výživového hlediska je zásadní celkový příjem methioninu a cysteinu.	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array} $	siřná aminokyselina	polární (hydrofilní)
Glycin (Gly)	Může být syntetizován ze serinu, threoninu, cholinu nebo hydroxyprolinu.	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $	alifatická	nepolární (hydrofobní)
Glutamin (Gln)	Může být syntetizován v těle, nicméně v určitých krizových situacích (stres) může být jeho endogenní produkce nedostatečná.	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{O}=\text{C}-\text{C}-\text{N}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{HO} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{N} \quad \text{O} \end{array} $		polární (hydrofilní)
Prolin (Pro)	Může být syntetizován z kyseliny glutamové.	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{N} \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \end{array} $	heterocyklická	nepolární (hydrofobní)
Tyrosin (Tyr)	Může být syntetizován z fenylalaninu. Protože fenylalanin nemůže být v těle syntetizován, z výživového hlediska je zásadní celkový příjem fenylalaninu a tyrosinu.	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array} $	cyklická (aromatická)	polární (hydrofilní)

Proteogenní aminokyseliny: neesenciální

	Molekula	Struktura molekuly	Polarita/elektrický náboj
Alanin (Ala)	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	alifatická	nepolární (hydrofobní)
Asparagin (Asn)	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{NH}_2 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$		polární (hydrofilní)
Kyselina asparagová neboli aspartát (Asp)	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{NH}_2 \\ \quad \\ \text{OH}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$		kyselý (hydrofilní)
Kyselina glutamová neboli glutamát (Glu)	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$		kyselý (hydrofilní)
Serin (Ser)	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$		polární (hydrofilní)

Selenocystein

Selenocystein je derivátem cysteinu: Místo atomu síry (S) se však v molekule nachází atom selenu (Se). Je to proteogenní aminokyselina, která se však geneticky transkribuje velmi specifickým způsobem odlišným od ostatních 20 aminokyselin, a proto není někdy považována za typickou proteogenní aminokyselinu.



Neproteogenní aminokyseliny

Vedle 20 proteogenních (kódovaných) aminokyselin, které v těle na základě DNA kódu tvoří bílkoviny, existují též aminokyseliny **neproteogenní (nekódované)**. Jsou v těle tvořeny z proteogenních aminokyselin. Příkladem může být homocystein (meziprodukt odbourávání methioninu; jeho vysoké hladiny v krvi slouží jako indikátor kardiovaskulárních chorob), dopa (substrát pro syntézu dopaminu v mozku), hydroxyprolin (derivát prolinu; je hlavní složkou kolagenu), ornithin (derivát argininu; tvoří se z něj močovina) nebo hydroxylysin (derivát lysinu; je součástí kolagenu).

Poruchy odbourávání proteinů

- **Fenylketonurie.** Metabolická porucha, která se vyskytuje u cca 0.01% populace. Spočívá v neschopnosti správně metabolizovat fenylalanin, který se mění na fenylpyruvát. Produkce fenylpyruvátu probíhá především v mozku, kde způsobuje narušení citrátového oxidačního cyklu a tím vede k nedostatku energie pro neurony, což může vést až k mentální retardaci. Postižení jedinci musejí dodržovat dietu chudou na fenylalanin.
- **Albinismus** je způsobený narušenou metabolizací tyrosinu, z něž vzniká pigment melanin.

Biologická hodnota proteinů

Ve starší literatuře se lze setkat s několika měřítky kvality proteinů, které byly vesměs založené na výsledcích experimentů provedených na laboratorních zvířatech a nemusí být u člověka příliš přesné:

- **Proteinová účinnost (protein efficiency ratio, PER):** poměr mezi přírůstkem tělesné hmotnosti a hmotností přijatých proteinů (v gramech). Hodnoty 1,5–2,0 jsou průměrné, nad 2,0 vysoké.
- **Biologická hodnota (biological value, BV):** je definována jako poměr mezi množstvím proteinů využitých na stavbu tělesné tkáně (tj. přírůstkem tělesné hmotnosti) a množstvím strávených proteinů (nevyločených výkaly). Výsledná hodnota se násobí 100. Většina potravin má biologickou hodnotu mezi 50–100.
- **Celková proteinová využitelnost (net protein utilization, NPU):** poměr mezi množstvím proteinů využitých na stavbu tělesné tkáně a množstvím přijatých proteinů. Je to tedy relativně přesnější ukazatel než biologická hodnota, neboť bere v úvahu biologickou hodnotu i stravitelnost proteinu ($BV \times \text{stravitelnost}$).

Aminokyselinové skóre. V posledních desetiletích se jako indikátor kvality proteinů jednoznačně prosadilo **aminokyselinové skóre (amino acid score, AAS)**. Vyjadřuje poměr mezi obsahem esenciální aminokyseliny v daném proteinu (mg/g proteinu) a jejím obsahem v „ideálním“ proteinu. Aminokyselinové skóre celé potraviny se odvozuje od aminokyselinového skóre relativně nejhůře zastoupené esenciální aminokyseliny.

Složení aminokyselin v „ideálním proteinu“ prochází neustálými změnami a stále se upřesňuje. Od roku 1985 byl v platnosti standard stanovený organizacemi FAO a WHO (**FAO/WHO standard 1985**). V roce 2007 však došlo v tomto standardu ke změnám: Snížilo se množství řady aminokyselin (zejména fenylalaninu & tyrosinu a tryptofanu) a mírně stoupl množství isoleucinu a valinu (**FAO/WHO standard 2007**). Jedná se však o teoretické kalkulace, jejichž platnost nebyla definitivně potvrzena.

Hodnoty AAS 1.00 a vyšší znamenají, že protein obsažený v dané potravíně je schopen maximálně pokrýt lidskou potřebu esenciálních aminokyselin. Kupříkladu pšeničných proteinů, jejichž nedostatkový lysin zapříčiňuje nízký PDCAAS 0.46, je nutno zkonsumovat 2krát více než proteinu hovězího masa (1.01) a téměř 3krát více než proteinu z mléka, jehož skóre činí 1.17-1.25 (na základě vlivu tepelného zpracování). Teoreticky může některá potravina dosáhnout hodnoty PDCAAS 0.00, pokud přinejmenším jedna esenciální aminokyselina zcela chybí (to je případ želatiny, v níž zcela schází tryptofan).

Aminokyselinové standardy pro výpočet aminokyselinového skóre									
Aminokyselinový standard	Iso	Leu	Lys	Met & Cys	Phe & Tyr	Thr	Trp	Val	His
Lidské mléko	55	96	69	33	94	44	17	55	21
Děti 2-5 let (FAO/WHO 1985)	28	66	58	25	63	34	11	35	19
Děti 10-12 let (FAO/WHO 1985)	28	44	44	22	22	28	9	25	19
Dospělí (FAO/WHO 1985)	13	19	16	17	19	9	5	13	16
Kojenci (FAO/WHO 2007)	32	66	57	27	52	31	8,5	43	20
Děti 1-2 roky (FAO/WHO 2007)	31	63	52	25	46	27	7	41	18
Děti 3-10 let (FAO/WHO 2007)	30	61	48	23	41	25	6,6	40	16
Dospělí (FAO/WHO 2007)	30	59	45	22	38	23	6	39	15
Výpočet aminokyselinového skóre u čerstvého kravského mléka a pšeničné mouky, podle různých standardů									
	Iso	Leu	Lys	Met & Cys	Phe & Tyr	Thr	Trp	Val	His
Mléko kravské, čerstvé (mg aminokyseliny/g proteinu)	46.3	93.7	76.6	32.6	99.4	43.7	13.7	56.9	26.3
AAS: Děti 2-5 let (FAO/WHO 1985)	1.65	1.42	1.32	1.30	1.58	1.29	1.25	1.62	1.38
AAS: Děti 3-10 let (FAO/WHO 2007)	1.54	1.54	1.60	1.42	2.43	1.75	2.08	1.42	1.64
AAS podle lidského mléka	0.84	0.98	1.11	0.99	1.06	0.99	0.81	1.03	1.25
Pšeničná mouka 80-90% (mg aminokyseliny/g proteinu)	40.7	66.4	27.9	39.2	80.9	33.7	11.9	47.4	21.2
AAS: Děti 2-5 let (FAO/WHO 1985)	1.45	1.01	0.48	1.57	1.28	0.99	1.08	1.35	1.12
AAS: Děti 3-10 let (FAO/WHO 2007)	1.36	1.09	0.58	1.71	1.97	1.35	1.80	1.18	1.32
AAS podle lidského mléka	0.74	0.69	0.40	1.19	0.86	0.77	0.70	0.86	1.01

Aminokyselinové skóre korigované proteinovou stravitelností (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score, PDCAAS). Vzhledem k tomu, že bílkoviny obsažené v potravinách mají různou stravitelnost, jako ještě přesnější ukazatel bylo v roce 1993 zavedeno **aminokyselinové skóre korigované proteinovou stravitelností**: poměr mezi obsahem nejhůře zastoupené esenciální aminokyseliny (mg/g proteinu) a jejím obsahem v „ideálním“ proteinu × proteinová stravitelnost. Kupříkladu v případě proteinů čerstvého mléka (AAS 1.25) činí stravitelnost 96%. PDCAAS skóre je tedy 1.20 (1.25 x 0.96). Stravitelnost se zjišťuje z obsahu dusíku vylučovaného ve výkalech, a to buď na lidských subjektech nebo na prasatech. Hodnoty stravitelnosti založené na hlodavcích bývají u člověka často nepřesné.

Rostlinné zdroje proteinů mají obecně nízkou stravitelnost, od ~75% u běžných luštěnin po ~90% u rafinovaných obilovin. Nízká stravitelnost je způsobena přítomností tzv. **antinutričních látek** a lze ji částečně vylepšit odstraněním svrchních slupek, tepelnou úpravou nebo fermentací. Živočišné potraviny mají stravitelnost vysokou (>90%), nicméně může se měnit v příznivém nebo záporném směru podle způsobu tepelného zpracování.

Stravitelnost proteinů (podle Report of a Sub-Committee of the 2011 FAO Consultation)			
Potravina	Stravitelnost proteinu (%)	Počet studií (rozpětí)	Laboratorní subjekt
Bramborové čipsy	47	1	člověk

Bramborové hranolky	51	3 (50-52)	člověk
Fazole vařené	76	2 (74-78)	člověk
Hrách vařený	73	2 (72-74)	člověk
Chléb	91	1	člověk
Ječmen	78	1	člověk
Kasein	94,5	2 (94-95)	člověk
Kukuřičná mouka	82	1	člověk
Lněné semeno	74	1	člověk
Maso	~95%		
Mléko kravské	96	1	člověk
Ryby	90,5	2 (90-91)	člověk
Sója vařená	68	1	člověk
Vejsce vařená	91	1	člověk

Skóre stravitelnosti esenciálních aminokyselin (*Digestible Indispensable Amino Acid Score, DIAAS*) bylo zavedeno v roce 2013 ve snaze ještě dále zpřesnit výpočet proteinové kvality potravin. Je založeno na individuální stravitelnosti všech devíti esenciálních aminokyselin. Množství dat k tomuto indikátoru je však stále poměrně omezené.

Denaturace proteinů působením vaření je důležitým faktorem, který může ovlivnit jejich stravitelnost.

- Vaření pozitivně ovlivňuje stravitelnost proteinů v luštěninách a také ve vejcích, jejichž stravitelnost v syrovém stavu činí pouhých 51% (!).
- Silné tepelné zpracování má velmi negativní vliv na stravitelnost proteinů ve škrobových potravinách. Reakcí mezi bílkoviny a sacharidy dochází ke vzniku tzv. **Maillardových produktů** a k typickému zhnědnutí povrchu. V bramborách tímto způsobem vzniká **akrylamid**, jemuž se přisuzují rakovinotvorné účinky. Obzvláště postižena je klíčová esenciální aminokyselina lysin, z níž vzniká nestravitelný lysinoalanin. Z toho důvodu se tzv. snídaňové cereálie vyznačují velmi nízkými hodnotami PDCAAS skóre, které se blíží nule.
- Stravitelnost masa se tepelnou úpravou zlepšuje a dosahuje vrcholu při teplotách kolem 75°C; poté opět mírně klesá. Všeobecně se však pohybuje v relativně úzkém rozmezí kolem 95%.
- Stravitelnost mléčných proteinů se působením tepla zhoršuje. Během sterilizace mléka (tj. během UHT-pasterizace při teplotách kolem 135°C) dochází ke kompletní denaturaci cenných syrovátkových proteinů, které mají pozitivní účinek na imunitu (imunoglobulinů a laktoferrinu).

Obsah esenciálních aminokyselin (mg na gram proteinu) v potravinách (podle FAO.org)

(tři nejlepší a tři nejhorší zdroje jsou vyznačeny barevně)

	g proteinů na 100 g	Iso	Leu	Lys	Met & Cys	Phe & Tyr	Thr	Trp	Val	His
Banány	1,2	27.8	46.1	40.0	45.2	63.5	33.0	11.3	39.1	73.0
Brambory	2,0	38.0	60.5	48.0	19.0	67.5	37.5	16.5	46.5	15.0
Broskev	0,8	16.3	36.3	37.5	50.0	48.8	33.8	5.0	50.0	21.3
Bulgur	11,2	34.8	68.4	27.6	37.5	74.7	30.4	11.3	41.8	22.1
Cizrna	20,1	44.3	74.9	68.5	22.2	86.6	37.6	8.7	45.4	26.4
Čirok	10,1	39.3	133.5	20.2	29.0	75.9	30.3	12.2	50.2	21.5
Čočka	24,2	43.2	76.3	71.9	17.1	84.9	39.7	9.5	50.0	43.0
Fazole	22,1	41.9	76.2	72.1	19.1	77.5	39.7	10.1	46.0	41.9

Fíky	1,2	30.0	42.5	40.0	24.2	65.8	31.7	8.3	38.3	14.2
Houby (žampiony)	3,4	40.6	64.4	58.5	22.1	69.7	40.6	15.9	46.8	20.0
Housenky bource morušového	15,2	46.1	62.0	64.4	47.8	141.2	42.8	13.0	60.5	31.0
Hrách	22,5	42.7	68.0	75.2	20.3	73.3	40.6	9.0	47.0	40.8
Hrozny	0,7	8.6	20.0	21.4	48.6	37.1	27.1	4.3	27.1	35.7
Hruška (japonská)	0,5	28.0	40.0	28.0	18.0	62.0	26.0	8.0	40.0	10.0
Jablko	0,4	32.5	57.5	55.0	20.0	40.0	35.0	7.5	37.5	17.5
Jahody	0,8	22.5	52.5	40.0	10.0	63.8	31.3	11.3	28.8	20.0
Ječné semeno bez slupek	11,0	38.3	71.3	36.9	42.1	88.0	35.4	16.4	53.8	22.5
Korýši	16,0	46.6	86.8	78.9	41.8	76.6	45.6	11.5	47.8	18.8
Kukuřice	9,5	36.8	125.3	26.7	34.6	87.1	36.0	7.1	48.5	27.2
Lískové ořechy	19,9	73.5	73.1	34.7	14.5	86.0	31.3	13.2	75.4	21.3
Listy manioku	7,0	48.4	128.6	62.4	27.9	94.4	46.7	14.6	57.3	22.4
Lněná semena	18,0	51.2	72.2	44.8	45.7	88.6	45.2	18.3	64.1	24.6
Mandle	16,8	41.7	75.4	27.0	41.1	93.3	29.3	10.2	62.7	26.8
Maniok	1,6	28.8	40.0	41.9	28.1	41.9	26.9	11.9	33.8	21.3
Maso hovězí a telecí	17,7	48.1	81.1	88.9	39.8	79.9	45.9	11.2	50.1	34.1
Maso koňské	20,0	65.0	95.1	100.0	41.0	72.2	39.1	10.1	50.1	28.0
Maso kuřecí	20,0	53.5	73.6	79.5	38.2	73.5	39.7	10.3	50.9	26.3
Maso skopové a jehněčí	15,6	49.9	77.1	81.7	37.4	73.1	47.0	12.7	50.6	27.4
Maso vepřové	11,9	51.1	75.4	80.8	38.2	77.5	49.0	13.6	51.8	32.9
Měkkýši	10,0	47.2	77.3	79.7	43.2	83.0	46.9	13.0	62.6	23.8
Meloun	25,8	46.6	76.1	32.3	39.1	99.8	41.7	17.8	53.2	27.8
Mléko kozí, čerstvé	3,8	51.8	92.9	51.6		69.2	43.2	11.8	63.7	36.1
Mléko kravské, čerstvé	3,5	46.3	93.7	76.6	32.6	99.4	43.7	13.7	56.9	26.3
Mléko kravské, pasterizované	3,5	62.6	122.9	70.9		130.6	43.7	14.3	72.9	33.7
Mléko kravské, sterilizované	3,5	60.9	106.6	68.3	29.1	104.9	42.3	14.6	70.3	30.3
Mléko lidské	1,2	40.0	86.7	67.5	29.2	66.7	44.2	16.7	45.0	25.0
Mrkev	1,1	30.0	45.5	40.0	23.6	50.9	29.1	7.3	45.5	14.5
Ovesný pokrm	13,0	40.5	77.8	39.8	46.6	89.0	35.5	13.5	54.7	22.5
Pistáciové ořechy	18,9	46.6	80.6	57.1	39.8	92.9	32.4	11.9	71.1	24.9
Pivovarské kvasnice	38,8	58.4	80.0	90.4	25.0	89.9	55.4	11.1	73.5	25.0
	g proteinů na 100 g	Iso	Leu	Lys	Met & Cys	Phe & Tyr	Thr	Trp	Val	His
Podzemnice olejná (arašidy)	25,6	38.7	73.3	40.5	27.5	101.7	29.8	11.9	47.8	27.1
Pohanka	12,2	34.0	59.0	38.0	39.0	62.0	36.0	12.5	67.0	20.9
Pomeranč	0,8	28.8	27.5	53.8	27.5	58.8	15.0	7.5	38.8	15.0
Proso loupané	8,7	64.6	121.7	30.1			23.4	7.8	65.1	19.0
Proso perlové, zrna	9,7	40.9	95.6	34.2	48.2	80.6	38.6	19.5	55.2	24.4
Pšeničná mouka (80-90%)	11,7	40.7	66.4	27.9	39.2	80.9	33.7	11.9	47.4	21.2
Pšeničné klíčky	22,9	38.8	74.7	70.2	43.5	77.8	45.7	11.4	54.1	31.0
Pšeničné otruby	13,6	33.2	65.9	42.9	42.9	73.0	35.4	12.7	50.0	31.0
Quinoa	12,0	36.0	60.0	56.0		69.0	35.0	10.6	45.0	24.0
Rajčata	1,1	18.2	27.3	29.1	12.7	30.9	22.7	8.2	21.8	15.5

Ryby (průměr)	18,8	47.9	76.9	91.1	40.4	75.9	45.8	11.2	61.2	35.4
Ryby kaprovité a sumcovité	18,0	46.2	79.8	88.3	49.3	68.9	43.8	10.2	64.7	26.1
Ryby lososovité	18,0	45.3	69.9	89.1	36.1	67.7	43.7	11.1	53.3	30.4
Ryby makrelovité	27,0	44.3	68.0	86.2	35.2	69.8	39.5	11.9	66.1	49.9
Ryby platýzovité	16,0	51.4	84.0	101.9	33.1	79.8	49.9	13.8	56.8	28.6
Ryby sled'ovité	20,0	52.8	88.2	90.1	43.2	85.0	51.4	10.7	61.5	30.7
Ryby treskovité	17,0	46.9	85.3	100.2	45.5	89.8	51.7	11.2	52.3	29.4
Ryby úhořovité	20,0	43.2	80.8	75.2	37.5	76.8	44.8	10.1	52.8	20.8
Rýže	7,1	51.3	94.4	36.8	54.5	109.0	48.3	12.3	77.6	31.5
Řasa <i>Hijikia fusiformis</i>	5,6	62.7	72.3	28.9	44.8	88.4	32.1	7.5	101.3	8.6
Řasa <i>Undaria pinnatifida</i>	12,7	28.7	84.7	36.8	29.3	52.8	54.3	11.7	68.7	5.0
Sezamová semena	18,1	42.7	79.2	32.3	54.6	89.2	42.2	15.9	54.4	28.9
Sladké brambory	1,3	36.9	54.6	34.6	27.7	62.3	38.5	16.9	45.4	13.8
Slunečnicová semena	12,6	50.4	75.7	42.5	40.0	74.8	43.4	16.0	59.8	27.4
Sója fermentovaná (tempeh)	17,0	54.4	89.2	65.9	31.9	91.9	43.6	13.8	54.2	48.5
Sójová semena	38,0	49.7	85.1	69.8	28.3	88.4	42.2	14.0	52.5	46.6
Sójové mléko	3,2	53.4	86.9	60.9	33.4	96.3	40.0	15.0	51.6	45.9
Sušená jádra kokosu	6,6	46.2	79.4	41.7	37.1	85.3	40.2	12.9	64.2	24.2
Sýry (průměr)	18,0	53.1	103.6	86.6	33.7	106.8	40.3	12.1	77.4	30.9
Špenát	2,2	48.2	94.5	72.3	37.3	110.9	52.7	15.5	60.5	25.5
Tvaroh	3,5	58.0	110.9	78.9	43.7	125.4	45.4	12.0	80.3	27.7
Vaječné bílky	11,1	51.4	83.1	66.6	63.8	94.8	47.9	15.9	48.3	23.6
Vaječné žloutky	16,1	50.9	85.1	74.7	37.2	88.9	46.8	14.9	62.0	24.8
Večce celá	12,4	62.7	88.0	69.6	57.8	98.7	51.1	14.8	68.3	24.3
Vigna (luštěnina)	23,4	38.2	70.4	68.3	22.6	77.8	36.0	10.9	45.3	32.6
Vnitřnosti hovězí a telecí	16,0	58.8	90.8	78.1	36.3	88.1	44.6	10.8	59.2	25.4
Vnitřnosti kuřecí	16,0	52.8	15.4	9.3	42.6	75.5	48.9	9.6	48.8	22.8
Vnitřnosti vepřové	16,0	60.5	83.2	84.6	39.1	82.7	45.1	12.9	59.5	26.3
Zelí	1,6	31.3	53.8	31.3	21.9	49.4	38.1	10.6	42.5	25.6
Žitný pokrm	11,0	37.6	66.2	36.5	36.1	68.1	35.9	7.9	51.0	23.7

Aminokyselinová skóre potravin podle tří hlavních standardů (podle FAO.org)

(tři nejvyšší a tři nejnižší skóre jsou vyznačena barevně)

	Aminokyselinový standard				Aminokyselinový standard		
	FAO 1985	FAO 2007	Lidské mléko		FAO 1985	FAO 2007	Lidské mléko
Banány	0.69	0.76	0.48	Podzemnice olejná (arašidy)	0.70	0.84	0.59
Brambory	0.76	0.83	0.58	Pohanka	0.66	0.79	0.55
Broskev	0.45	0.54	0.29	Pomeranč	0.42	0.45	0.29
Bulgur	0.48	0.57	0.40	Proso loupané	0.52**	0.63**	0.44**
Cizrna	0.79	0.97	0.51	Proso perlové, zrna	0.59	0.71	0.50
Čirok	0.35	0.42	0.29	Pšeničná mouka (80-90%)	0.48	0.58	0.40
Čočka	0.69	0.75	0.52	Pšeničné klíčky	1.04	1.22	0.67
Fazole	0.76	0.83	0.58	Pšeničné otruby	0.74	0.89	0.60

Fíky	0.64	0.70	0.44	Quinoa	0.91*	0.98*	0.62*
Houby (žampiony)	0.88	0.96	0.67	Rajčata	0.41	0.45	0.28
Housenky bource moruš.	0.94	1.02	0.65	Ryby (průměr)	1.02	1.26	0.66
Hrách	0.81	0.88	0.53	Ryby kaprovité a sumcovité	0.93	1.31	0.60
Hrozny	0.30	0.29	0.16	Ryby lososovité	1.01	1.15	0.65
Hruška (japonská)	0.48	0.58	0.41	Ryby makrelovité	1.03	1.11	0.70
Jablko	0.63	0.87	0.43	Ryby platýzovité	1.25	1.38	0.81
Jahody	0.40	0.43	0.30	Ryby sledřovité	0.97	1.45	0.63
Ječné semeno bez slupek	0.64	0.77	0.53	Ryby treskovité	1.02	1.31	0.66
Korýši	0.99	1.17	0.68	Ryby úhořovité	0.92	1.30	0.59
Kukuřice	0.46	0.56	0.39	Rýže	0.63	0.77	0.53
Lískové ořechy	0.58	0.63	0.44	Řasa <i>Hijikia fusiformis</i>	0.45	0.54	0.41
Listy manioku	1.08	1.21	0.84	Řasa <i>Undaria pinnatifida</i>	0.26	0.31	0.24
Lněná semena	0.77	0.93	0.65	Sezamová semena	0.56	0.67	0.47
Mandle	0.47	0.56	0.39	Sladké brambory	0.60	0.72	0.50
Maniok	0.61	0.66	0.42	Slunečnicová semena	0.73	0.89	0.62
Maso hovězí a telecí	1.02	1.25	0.66	Sója fermentovaná (tempeh)	1.14	1.35	0.81
Maso koňské	0.92	1.25	0.59	Sójová semena	1.13	1.23	0.82
Maso kuřecí	0.93	1.21	0.60	Sójové mléko	1.05	1.27	0.88
Maso skopové a jehněčí	1.15	1.26	0.75	Sušená jádra kokosu	0.72	0.87	0.60
Maso vepřové	1.14	1.24	0.79	Sýry (průměr)	1.10	1.46	0.71
Měkkýši	1.17	1.27	0.76	Špenát	1.25	1.51	0.88
Meloun	0.56	0.67	0.47	Tvaroh	1.09	1.64	0.71
Mléko kozí, čerstvé	0.89*	1.07*	0.70*	Vaječné bílky	1.15	1.21	0.87
Mléko kravské, čerstvé	1.25	1.42	0.81	Vaječné žloutky	1.29	1.39	0.88
Mléko kravské, pasteriz.	1.22*	1.48*	0.84*	Vejce celá	1.20	1.44	0.87
Mléko kravské, sterilizované	1.17	1.27	0.86	Vigna (luštěnina)	0.90	0.98	0.64
Mléko lidské	1.06	1.13	0.71	Vnitřnosti hovězí a telecí	0.98	1.48	0.63
Mrkev	0.66	0.75	0.43	Vnitřnosti kuřecí	0.88	1.22	0.57
Ovesný pokrm	0.69	0.83	0.58	Vnitřnosti vepřové	1.18	1.36	0.76
Pistáciové ořechy	0.95	1.19	0.70	Zelí	0.54	0.65	0.45
Pivovarské kvasnice	1.00	1.09	0.65	Žitný pokrm	0.63	0.76	0.47

Pozn.: *Chybí data pro jednu aminokyselinu. **Chybí data pro dvě aminokyseliny.

Deriváty aminokyselin

- ❖ **Biogenní aminy** vznikají z aminokyselin dekarboxylací (odštěpením ionizované skupiny (-COO⁻) za vzniku oxidu uhličitého (CO₂). Patří mezi ně etanolamin (součást buněčných membrán), cysteamin a beta-alanin (součást koenzymu A), kyselina 4-aminomáselná neboli GABA (nervový přenašeč/neurotransmitter v mozku), dopamin (substrát pro syntézu adrenalinu a noradrenalinu; nervový přenašeč v mozku; poruchy jeho syntézy vedou k Parkinsonově chorobě), serotonin (derivát tryptofanu; reguluje funkci trávicího systému, má účinky na krevní tlak a funguje jako nervový přenašeč v mozku), histamin (nervový přenašeč a regulátor funkce trávicího traktu; jeho vysoké krevní hladiny indikují excesivní imunitní reakci v těle).
- ❖ **Karnitin (L-karnitin)** je derivátem lysinu. Transportuje mastné kyseliny s dlouhým řetězcem z cytosolu (vnitrobuněčné tekutiny) do mitochondrií, kde jsou využity k tvorbě energie. Je obsažen hlavně v červeném

mase a mléčných produktech, a k dispozici je také jako výživový suplement, který byl propagován jako prostředek na hubnutí. Toto tvrzení však nemá vědeckou oporu, protože lidské buňky mají k dispozici více než dostatečné množství karnitinu pro transport mastných kyselin. Existují však jisté doklady, že uměle přijatý karnitin může šetřit svalový glykogen a zvýšit produkci energie z lipidů během fyzické zátěže.

- ❖ **Kreatin** je v těle syntetizován z glycinu, argininu a S-adenosyl methioninu (derivátu methioninu). Sloučením kreatinu a adenosintrifosfátu (ATP) vzniká **kreatinfosfát (PCr)**, zásobní forma energie v buňce, která se uplatňuje při anaerobních výkonech. Umělý příjem kreatinu ve formě sportovních doplňků je schopen výrazně zvyšovat buněčný obsah kreatinfosfátu a zlepšovat krátkodobý svalový výkon (vzpírání, sprint).
- ❖ **Hydroxymetylbutyrát (HMB)** je derivátem leucinu. Je k dispozici jako sportovní suplement, který má mít v dávkách ~3 g/den anabolické účinky. Ty jsou však v každém případě malé a pro sportovní účely je smysluplná jen jeho kombinace s kreatinem.