

**M U N I** Ústav  
**S C I** biochemie

# **Mýty a fakta o zdravé stravě, aneb mezidruhová komunikace přes potravní řetězec**

Prof. Mgr. Tomáš Kašparovský, Ph.D.

# Výživová hodnota potravin

# Rostliny jako zdroj živin

- Veškerá výživa pro člověka pochází z rostlin
- Planeta uživí cca 10 mld. obyvatel
- Využití vodních ploch pro pěstování rostlin
- Důležitá efektivita využití (přežvýkavci)
- Rostliny jsou daleko odolnější vůči toxinům
- Bioremediace

# Složení organismů

Látka	člověk	rostliny	bakterie
voda	60	75	70
bílkoviny	18	4	15
nukleové k.	1.5	1	7
sacharidy	0.5	<b>16</b>	3
lipidy	<b>16</b>	1	2
org. látky	1	1	2
anorg. látky	3	2	1

## A. Potřeba energie



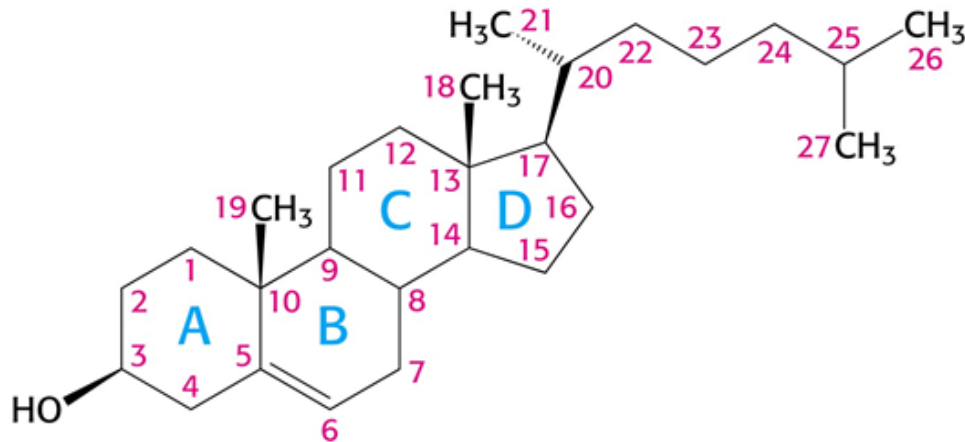
Barevný atlas biochemie , Koolman Jan

# Trávení a vstřebávání živin

- Geneticky podmíněné prostředí
- Paleogenom, hladovění
- Epigenetika
- Adaptivní mikroflóra (úprava dle stravy)
- Transportní systémy
- Přecitlivělost x alergie
- Celiakie
- Laktózová intolerance

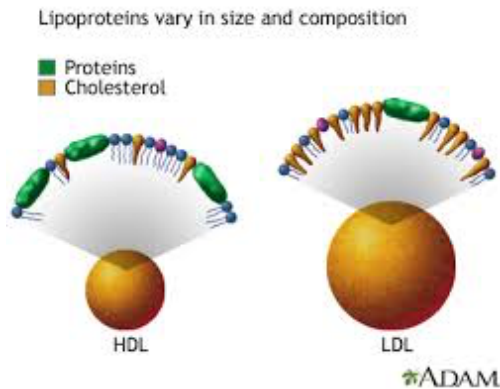
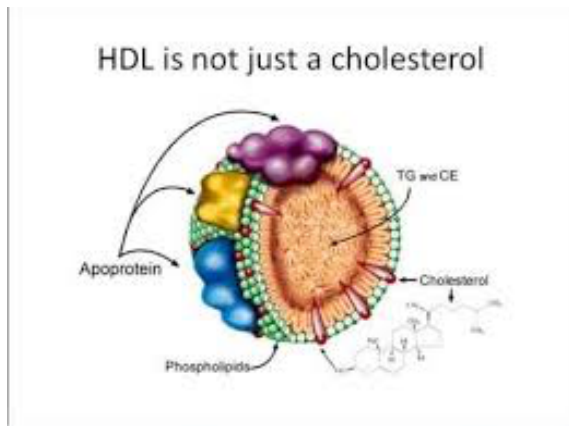
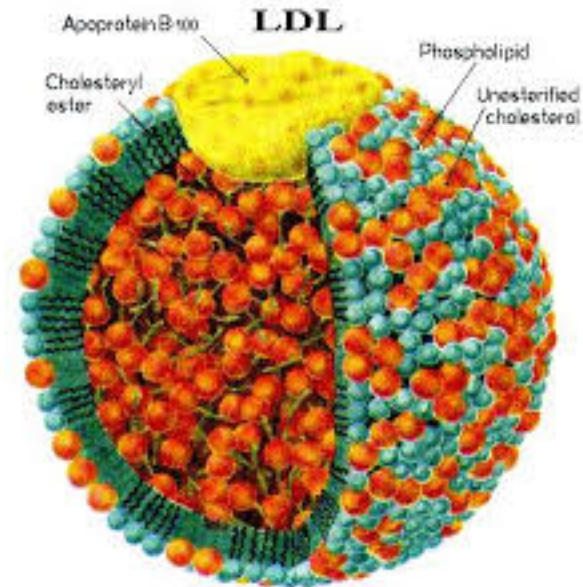
# Cholesterol

- volný (strukturní funkce)
- esterifikovaný (transportní metabolit)
- výskyt v membránách, stěny cév, žlučové konkrementy (patologie - stanovení).
- Metabolicky
  - mateřská látka ostatních steroidů.



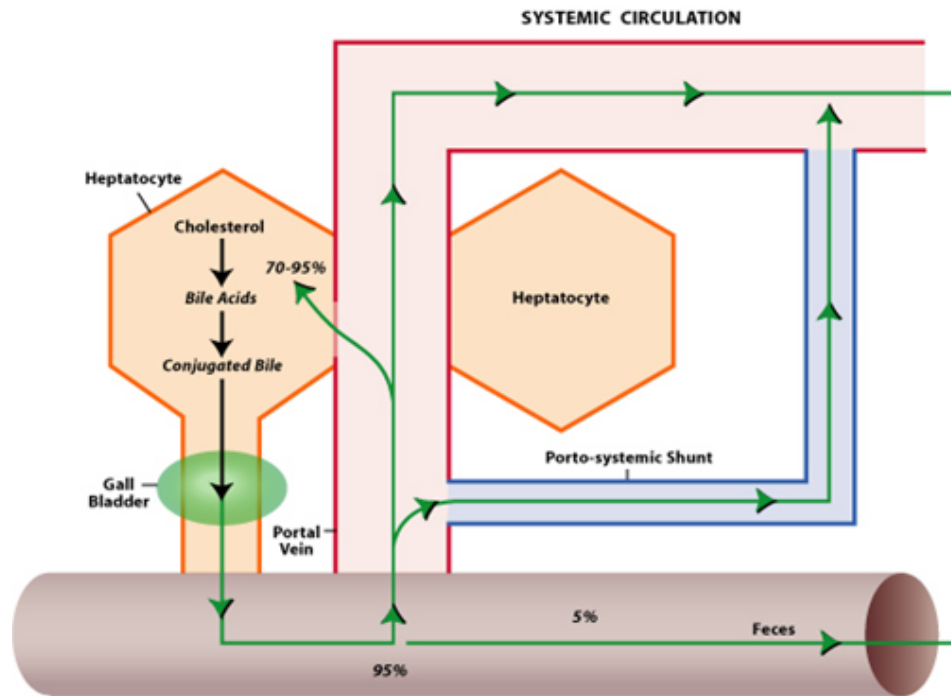
# Cholesterol – hodný nebo zlý ?

- Lipidy = tuky
- LDL – proč škodí?
- HDL





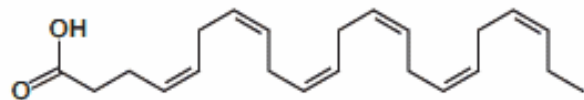
# Cirkulace žlučových kyselin



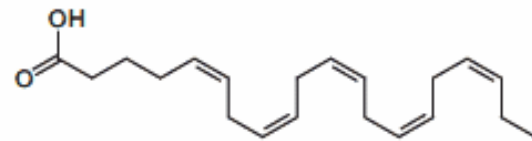
Resorpce je snížena vlákninou (pektiny) v potravě.  
Krátkodobé / dlouhodobé snížení

# Omega-3 (6) nenasycené mastné kyseliny (PUFA)

- Nachází se v rostlinách  
(vlašské ořechy, řepka, sója a jejich oleje)
- Významné jsou rybí PUFA  
Kyselina eikosapentaénová (EPA)  
Kyselina dokosaheptaénová (DHA)  
(losos, makrela, sled', pstruh)



DHA (22:6n-3)



EPA (20:5n-3)

# Doplňky stravy

- Placebo efekt (70 % osob cítí účinek, ačkoli žádná účinná látka přidána nebyla)
- Někdy obsahují látky běžně obsažené ve vyvážené stravě
- Vyvážená strava – živočišné a rostlinné zdroje
- Proteiny (bílkoviny)
- Cukry (pomalé x rychlé)
- Tuky
- Vitamíny
- „Makro“ a „mikro“ prvky (Na, K, Ca, Mg .....

# Jak zdravě žít

- **Snížení tělesné hmotnosti při nadváze či obezitě**
- **Snížení příjmu sodíku** (pod 6 g NaCl/den).
- **Snížení příjmu alkoholu:** Maximálně 20 g za den (250 ml vína nebo 720 ml piva) u žen a 30 g u mužů.
- **Pravidelná fyzická aktivita:** Doporučuje se aktivita vytrvalostního charakteru (rychlá chůze, běh, lyžování, plavání, turistika apod.) po dobu 30–45 minut třikrát až čtyřikrát týdně. Naopak nevhodné je například kopání, zvedání břemen apod.
- **Abstinence nikotinu.** Vede ke snížení celkového kardiovaskulárního rizika.
- **Další opatření** jako je omezení stresu či různé dietní úpravy (zvýšení přísunu ovoce, zeleniny, ryb a snížení příjmu cukrů a tuků).

**Bezpečnost potravin :** <http://www.potravinynapranari.cz>  
<http://www.bezpecnostpotravin.cz/rizika/seznam-rizik.aspx>

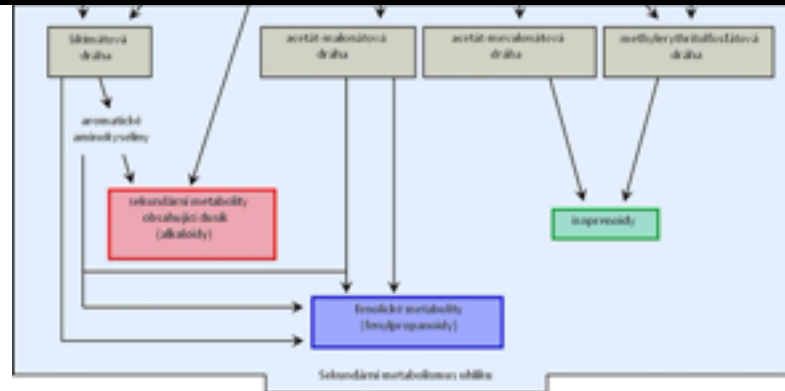
# Sekundární metabolity

# Primární a sekundární metabolismus

Primární

Sekundární

Vztah k samotné existenci života	zásadní, je nezbytný	specifický, je postradatelný
Vztah k růstu	zásadní, produkuje stavební materiál	nebývá spojen s růstem
Fyziologický význam	přesně definovaný	často není přesně znám
Aktivita v průběhu životního cyklu	aktivní v průběhu celého životního cyklu	aktivní pouze v určité fázi životního cyklu
Aktivita ve vztahu k podmínkám vnějšího prostředí	vždy aktivní	aktivní pouze za určitých podmínek vnějšího prostředí
Existence ve vztahu k typu organismu	existuje ve všech živých organismech	existuje pouze u určitých taxonů
Povaha produktů	jednoznačně definované sloučeniny, mající často jednoduchou strukturu	často směsi látek majících komplexní chemickou strukturu



# Sekundární metabolity

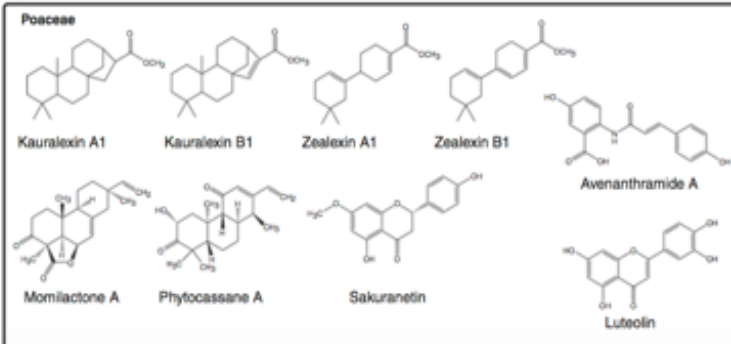
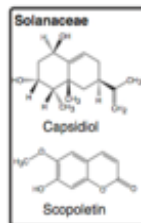
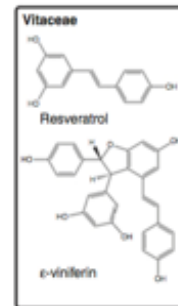
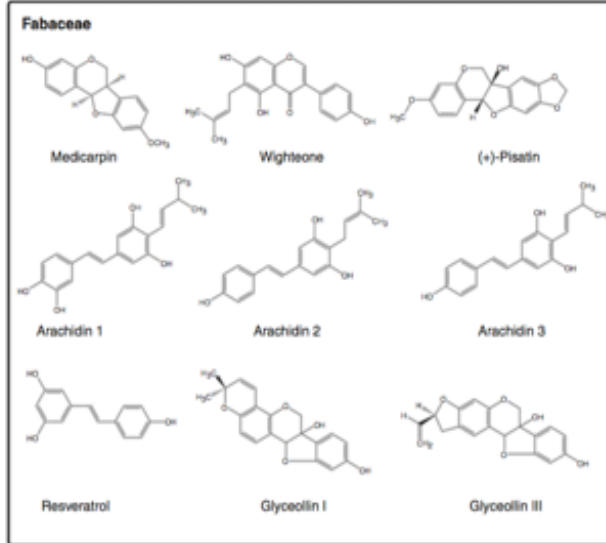
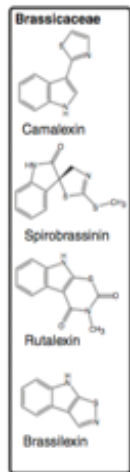
- Sekundární metabolity – netvoří se stále, energeticky náročné
- Každá rostlina má jiné spektrum látek
- Pro patogen jsou vždy toxické
- Pro člověka jsou některé toxické některé naopak do určité koncentrace zdraví prospěšné
- Rostliny obsahují z funkčního hlediska většinu dostupných léčiv

# Sekundární metabolity rostlin

- spojené s obrannou reakcí rostlin
- terpenoidy, saponiny, isoflavony, stilbeny atd.
- antibakteriální, antimykotické, antivirové i fytotoxické účinky
- narušení plazmatické membrány a rozpad mitochondrií
- rozpojovače transportu elektronů a oxidační fosforylace
- vyvolávají u hub programovanou buněčnou smrt
- u živočichů vykazují antioxidační a protinádorovou aktivitu a napomáhají k ochraně kardiovaskulárního systému



# Sekundární metabolity rostlin



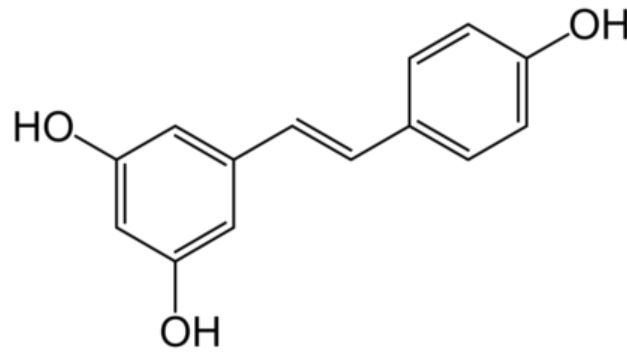
# Antioxidanty

- Chrání tělo před dopadem reaktivních forem kyslíku
- Některé oxidace jsou přirozené
- Nadbytek = ochromení funkce organismu, možné prooxidační účinky
- Rostliny jako hlavní zdroj

# Chemoprotektivní látky v potravinách

Původní zdroj	Účinná látka	Potravina
Camellia sinensis	polyfenoly	zelený čaj
Curcuma longa	kurkumin	koření kurkuma
Vitis vinifera	resveratrol	víno, arašídy, borůvky, moruše
Lycopersicon	lykopen	rajčata, mrkev, papája, meloun, skořice, červené zelí, červená paprika
Salvia formosa	luteolin	listová zelenina, celer, zelená paprika, heřmánek, máta, tymián, oregano
Genista tinctoria	genistein	soja, bob zahradní, káva

# Flavonoidy

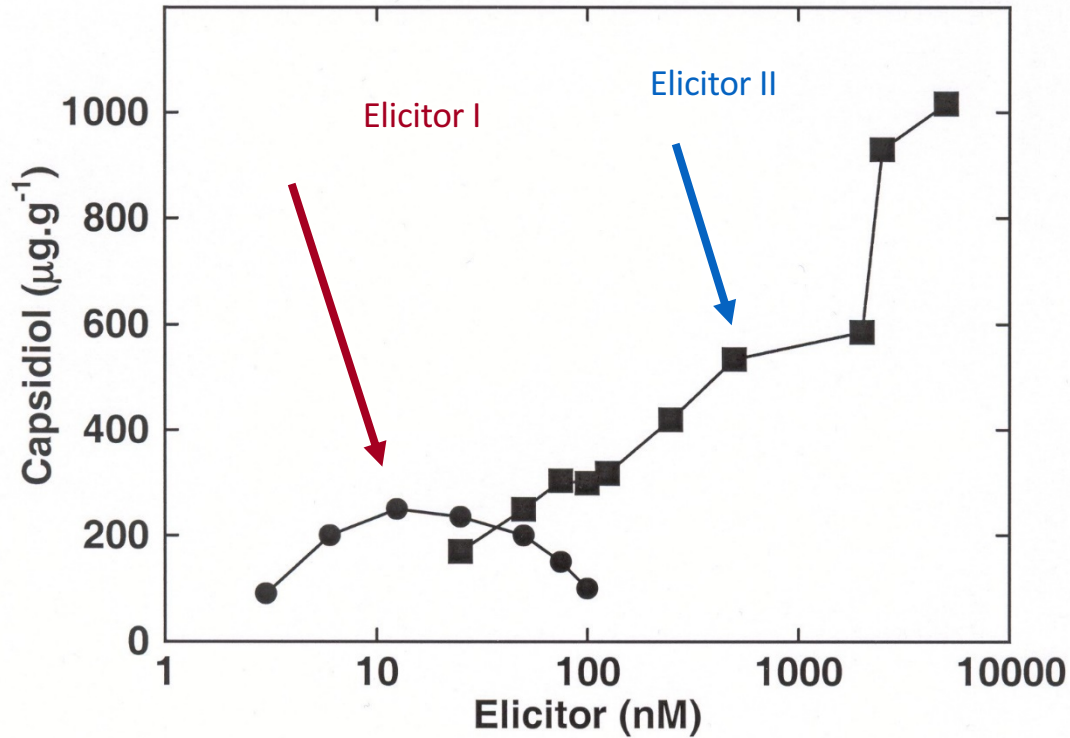


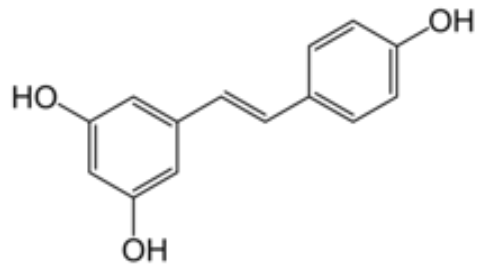
- Sloučeniny tvořené rostlinami
- Vyšší příjem potravin bohatých na flavonoidy je spojován s nižším rizikem vzniku KVO a některými chronickými nemocemi
- Slabé antioxidační účinky
- Ovlivnění tzv. signálních drah (buněčná dělení, růst, ...)
- Protizánětlivé

# Flavonoidy v potravinách

- **Anthokyany:** borůvky, červený rybíz, modré hroznové víno, červené víno, lilek, brukvovité
- **Proanthokyanidiny:** čokoláda, jablka, bobulové ovoce, modré hroznové víno, červený grep
- **Flavanoly:** čaje (zvláště zelený a bílý), čokoláda, hroznové víno, bobulové ovoce, jablka čaje (zvláště černý a oolong)
- **Flavanony:** citrusové ovoce a džusy, např. pomeranče, grepy, citróny
- **Flavonoly:** žlutá cibule, pórek, kapusta, brokolice, jablka, bobulové ovoce, čaje
- **Flavony:** pažitka, tymián, celer, pálivé papričky
- **Isoflavony:** sójové boby, výrobky ze sóji, luštěniny

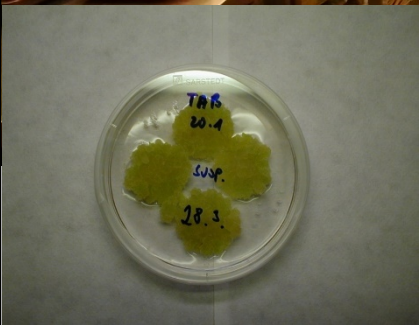
# Produkce sekundárních metabolitů vyvolaná elicitory





Resveratrol



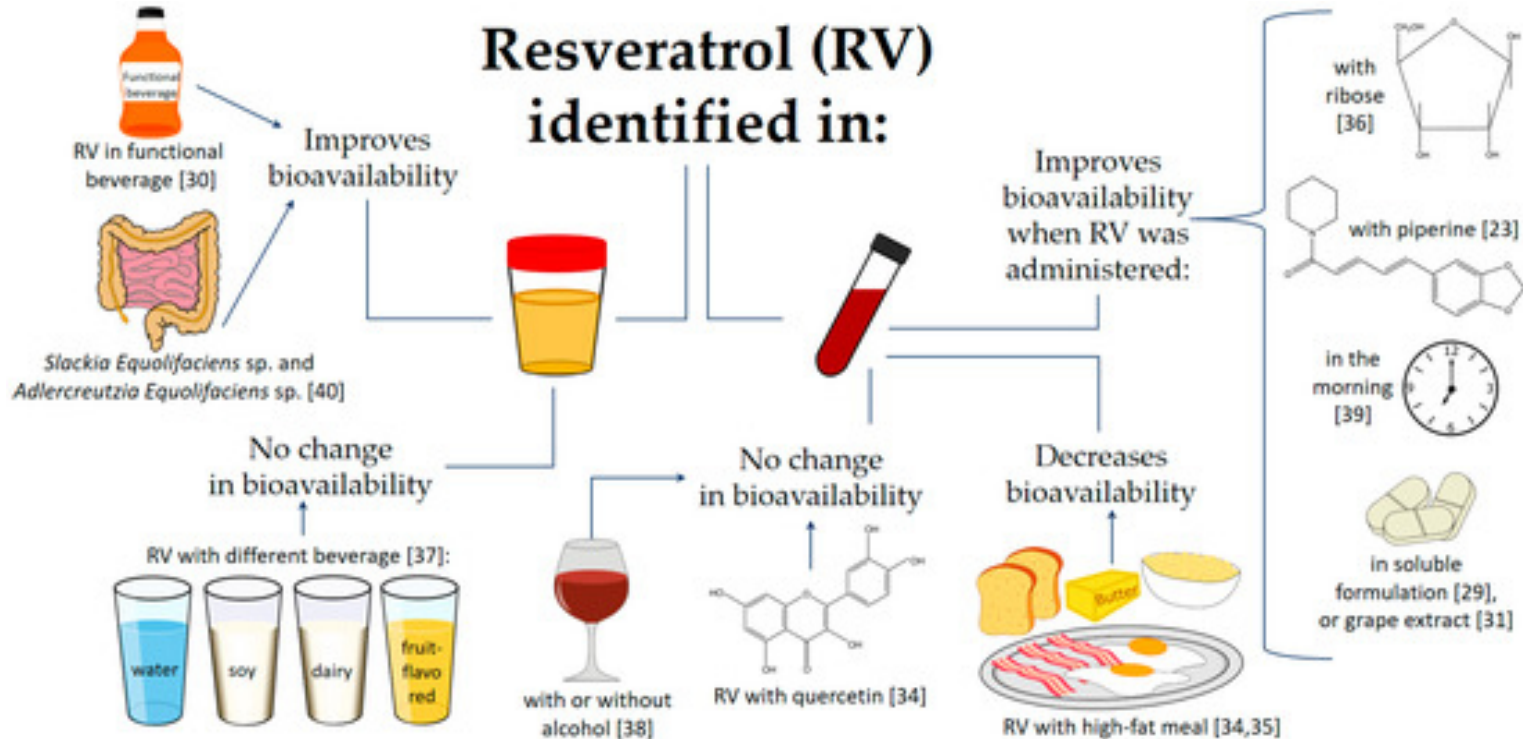




# Resveratrol a lidské zdraví

- protizánětlivé, protinádorové a antioxidační vlastnosti, které lze využít jako prevence proti chronickým onemocněním
- spouští expresi širokého spektra antioxidačních enzymů a přispívá k celkovému snížení oxidačního stresu, ovlivňuje metabolismus lipidů
- patří mezi fytoestrogeny
- mezi hlavní zdroje patří především réva vinná, opakované a mírné podání je lepší než podání jedné vyšší dávky, bezpečná a účinná dávka je 1 – 5 g denně

# Vstřebávání resveratrolu



# Funkční potraviny

Funkční potraviny lze definovat jako dietní položky, které kromě dodávání živin a energie příznivě modulují jednu nebo více cílených funkcí v těle tím, že zvyšují určitou fyziologickou reakci a / nebo snižují riziko onemocnění.

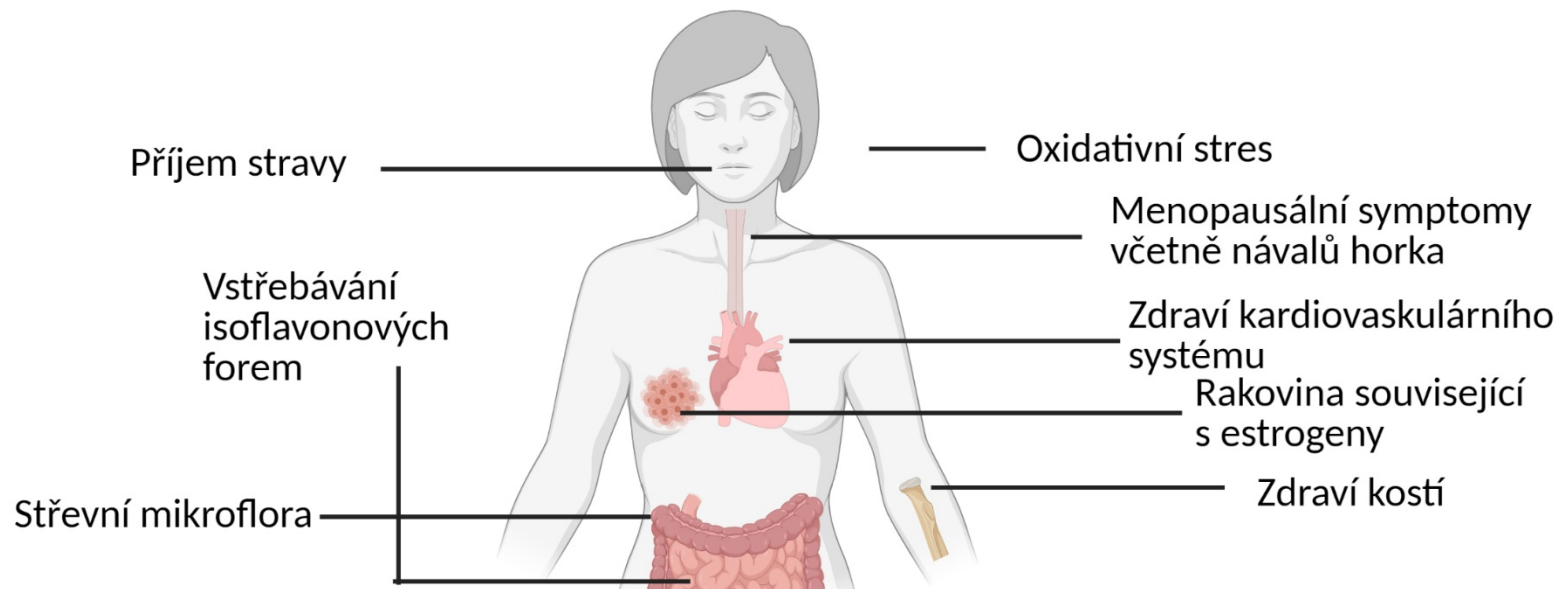
# Fytoestrogeny

- popsány poprvé ve 1932 v souvislosti s tzv. jetelovou nemocí
  - alternativní terapie pro celou řadu hormonálně závislých onemocnění
  - menopauzální symptomy
  - kardiovaskulární choroby
  - rakovina prsu a prostaty
  - osteoporóza
- endokrinní disruptory (blokují účinky hormonů)

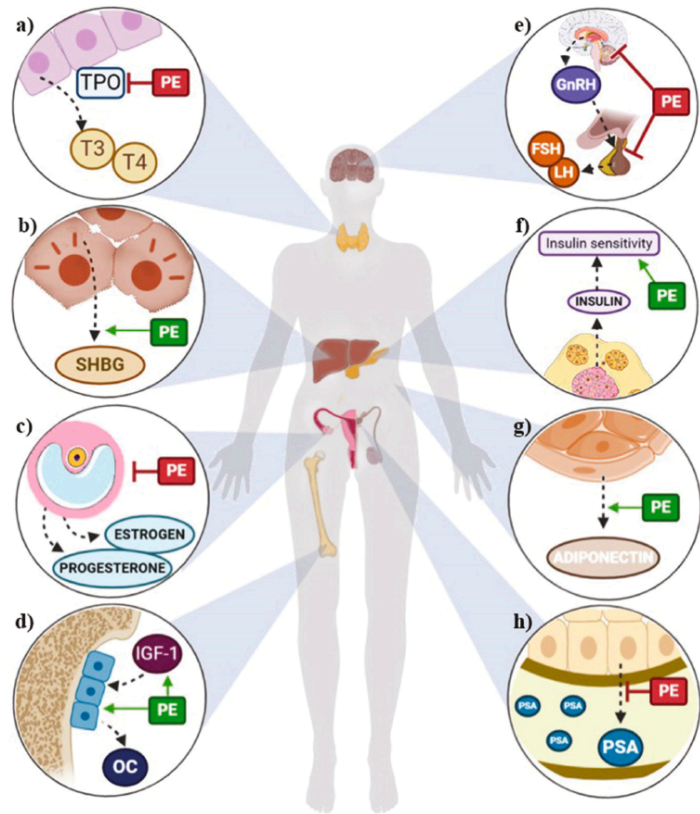
# Fytoestrogeny

## Dostupnost

## Efekt na zdraví



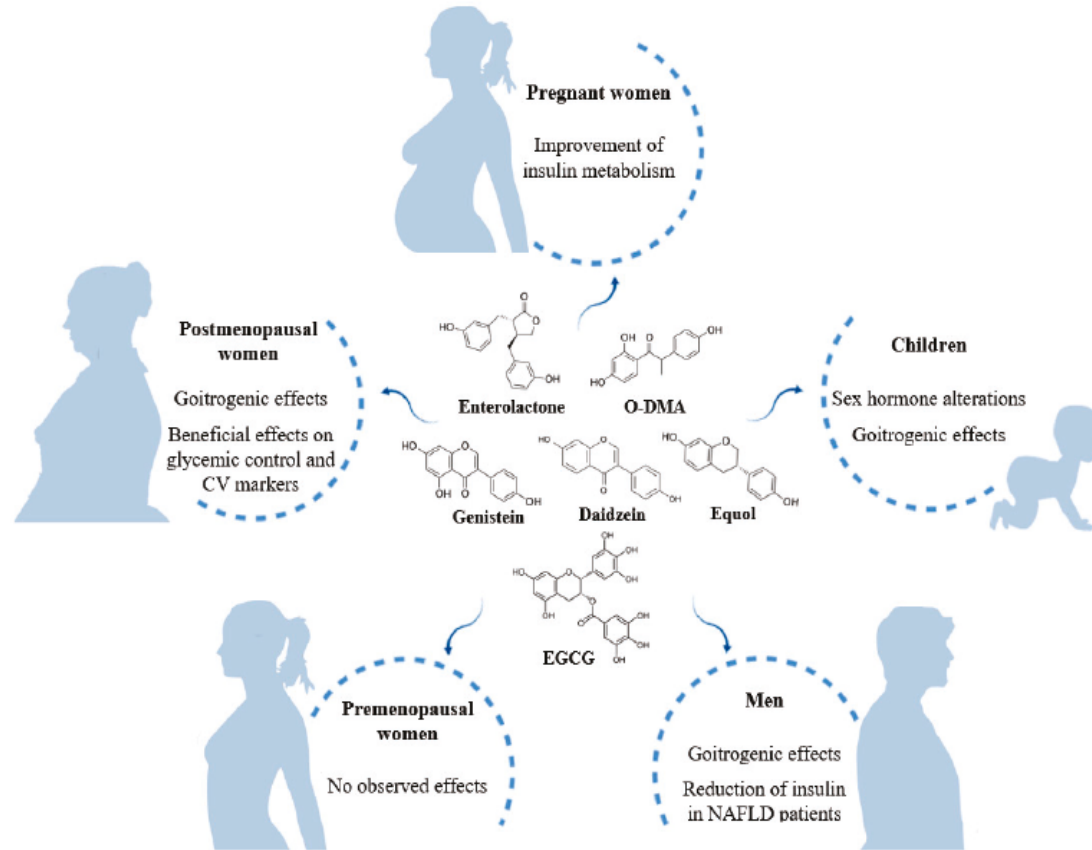
# Vliv fytoestrogenů na endokrinní systém



(a) štítná žláza, (b) játra, (c) vaječníky, (d) kosti,  
(e) hypothalamo-hypofyzární systém, (f) slinivka,  
(g) tuková tkáň, (h) prostata

PE: fytoestrogeny, FSH: folikulostimulační hormon,  
GnRH: gonadoliberin, IGF-1: somatomedin C,  
LH: luteinizační hormon, OC: osteokalcin,  
PSA: prostatický specifický antigen,  
SHBG: sexuální hormony vážící globulín,  
T3: trijodotyronin, T4: tyroxín,  
TPO: tyreoidální peroxidáza

# Účinky fytoestrogenů v různých fázích života





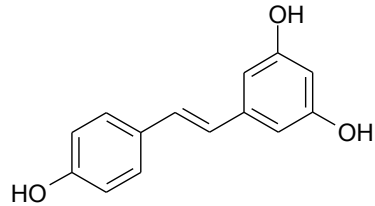
# Denní příjem fytoestrogenů ve vybraných zemích

Countries	Isoflavones	Lignans
(mg/day per person, expressed as mean $\pm$ SD)		
<b>Mediterranean countries</b> (Greece, Spain, Italy, and Southern France)	0.46 $\pm$ 0.05	1.02 $\pm$ 0.01
<b>Non-Mediterranean European countries</b> (Northern France, Germany, the Netherlands, Denmark, Sweden, Norway)	0.76 $\pm$ 0.03	1.26 $\pm$ 0.01
<b>United Kingdom</b>	2.34 $\pm$ 0.16	1.60 $\pm$ 0.04
<b>China</b>	40.8 $\pm$ 28.7 (in women) 36.2 $\pm$ 24.4 (in men)	n.d.
<b>Japan (range)</b>	20.8–46.2	n.d.

Převzato: *Nutrients* **2019**, 11(8), 1709

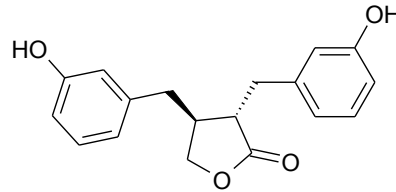
# Dělení fytoestrogenů podle struktury

stilbeny



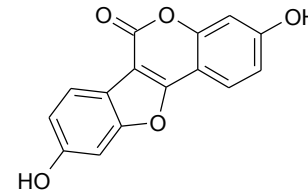
resveratrol

lignany

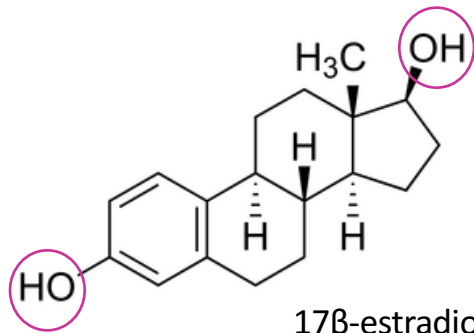


enterolactone

kumestany

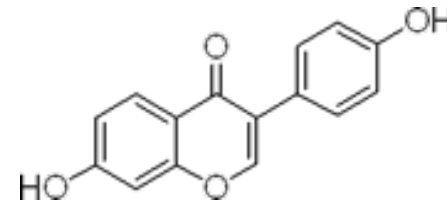


coumestrol



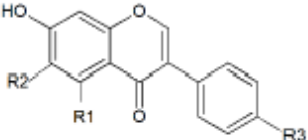
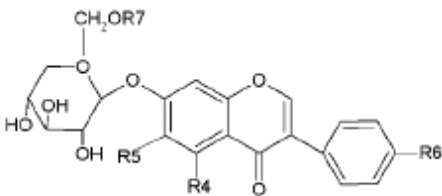
17β-estradiol

izoflavony

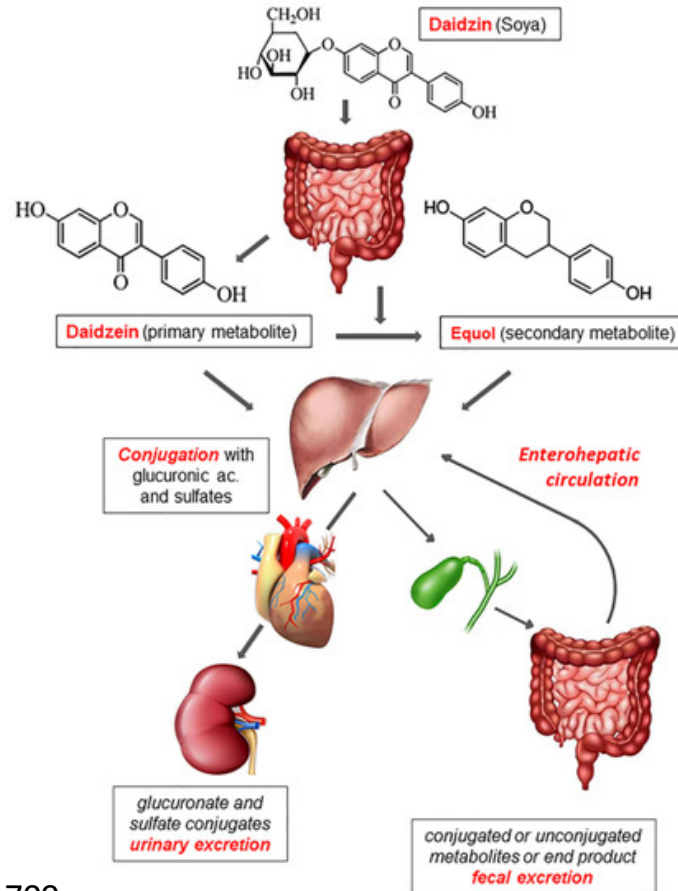


daidzein

# Glykosylované formy izoflavonů

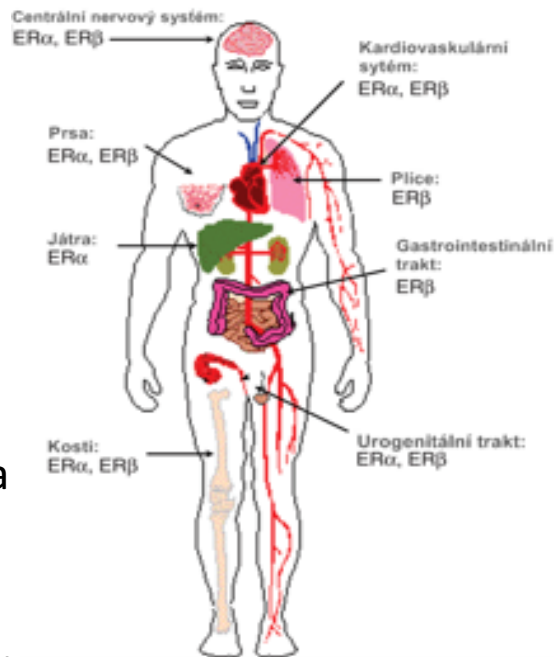
Aglycon		R1	R2	R3	
Daidzein		H	H	OH	
Genistein		OH	H	OH	
Glycitein		H	OCH <sub>3</sub>	OH	
Formononetin		H	H	OCH <sub>3</sub>	
Biochanin A		OH	H	OCH <sub>3</sub>	
Glucoside		R4	R5	R6	R7
Daidzin		H	H	OH	H
Genistin		H	H	OH	H
Glycitin		H	OCH <sub>3</sub>	OH	H
Ononin		H	H	OCH <sub>3</sub>	H
Sissotrin		OH	H	OCH <sub>3</sub>	H
Acetyldaidzin		H	H	OH	COCH <sub>3</sub>
Acetylgenistin		OH	H	OH	COCH <sub>3</sub>
Acetylglycitin		H	OCH <sub>3</sub>	OH	COCH <sub>3</sub>
Malonyldaidzin		H	H	OH	COCH <sub>2</sub> COOH
Malonylgenistin		OH	H	OH	COCH <sub>2</sub> COOH
Malonylglycitin		H	OCH <sub>3</sub>	OH	COCH <sub>2</sub> COOH
Malonylononin		H	H	OCH <sub>3</sub>	COCH <sub>2</sub> COOH
Malonylsissotrin	OH	H	OCH <sub>3</sub>	COCH <sub>2</sub> COOH	

# Metabolismus fytoestrogenů u člověka



# Vazba fytoestrogenů na estrogenní receptory

- FE mají až 5x vyšší afinitu k podtypu ER- $\beta$  než ER- $\alpha$
- dle afinity k ER jsou FE a equol seřazeny: estradiol > genistein a equol > glycitein > daidzein
- koncentrace FE a equolu v plazmě je v rozmezí 0,1nM-1mM
- pro účinnou aktivaci genové exprese vyvolané ER je potřeba cca 10 nM equol, nebo 60 nM daidzein
- jejich estrogenní aktivita je oproti estradiolu: equol – 0,18%, genistein – 0,11% a daidzein – 0,08 %



Převzato a upraveno,  
Clin. Pharmacol Ther.  
2011 Jan;89(1):44-55.

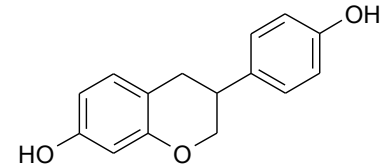
# EQUOL

Daidzein

bakterie

člověk – střevo  
přežvýkavci - rumen

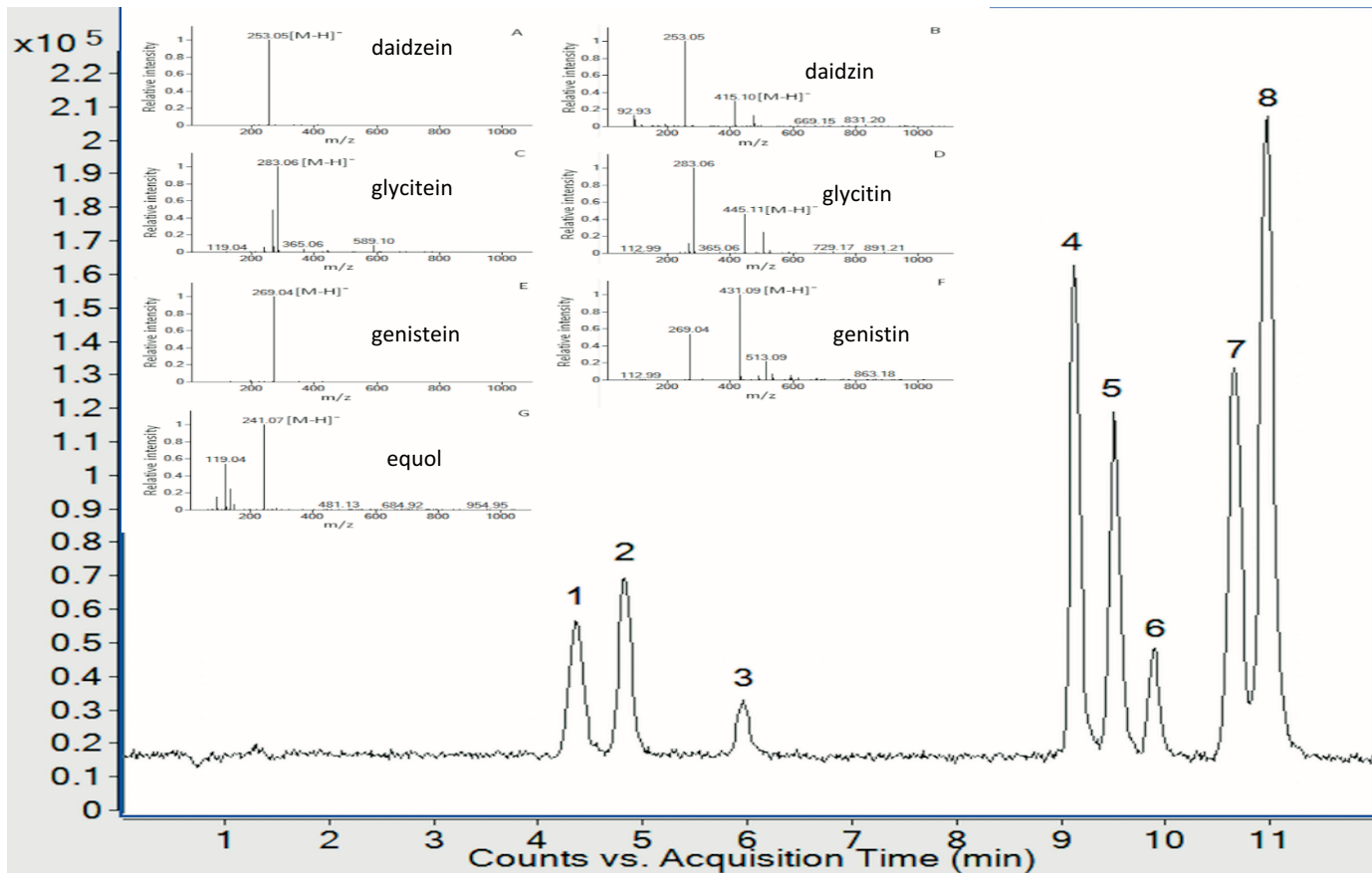
Equol



- člověk = 30 – 50% populace, přežvýkavci – 100% (equol producenti, koncentrace v plazmě je cca. 10 nM)
- oproti daidzeinu vyšší efektivní koncentrace v plazmě pomalejší odbourávání
- zdroj fytoestrogenů: jetel luční, sója luštinatá atd.



# Stanovení fytoestrogenů pomocí LC-MS-TOF



- (1) daidzin,
- (2) glycitein,
- (3) genistin,
- (4) daidzein,
- (5) glycitein,
- (6) equol,
- (7) genistein,
- (8) 4-hydroxybenzofenon

# Srovnání obsah isoflavonů v mléku

Analyte	The present study	Values (reference)
Daidzein (ng/mL)	7.4–48.1	10–19 (14)
		0.23–7.71 (15)
		0.26–1.92 (16)
		0.77–2.08 (17)
		0.0–9.6 (18)
		12.5–15.6 (19)
		36.5–40.3 (20)
		0.3–5.7(29)
		3.55–4.45 (16)
		23.4–27.9 (20)
Glycitein (ng/mL)	0.0–5.3	4–76 (14)
		52–364 (15)
Equol (ng/mL)	34.6–340.2	18.82–355.42 (16)
		14.1–293.0 (18)
		11–130 (30)
		3.5–54.8 (19)
		3.6–15.6 (20)
		14.5–61.1 (21) <sup>a</sup>
		57–1003(29)
		1.91–3.02 (15)
		0.0–5.8 (18)
		1.72–2.22 (17)
Genistein (ng/mL)	2.35–9.98	34.4–37.3 (19)
		170.6–175.8 (20)

Daidzein (ng/mL)	11.8	47.8
Genistein (ng/mL)	4.7	10.0
Glycitein (ng/mL)	2.7	31.9
Equol (ng/mL)	77.8	186.3

PLOS One, 2016, roč. 11, č. 4, s. 1-17.



# Prostupnost izoflavonů

\*\* P < 0.01

\* P < 0.05

Příjem :		Kontrolní	Pokusné	SEM
Daidzein	g/d	3.40	10.06	0.10
Genistein	g/d	4.38	4.59	0.13
Glycitein	g/d	0.60	0.79	0.02
<b>Celkem izoflavonů</b>	g/d	8.40	16.00	0.25
Koncentrace v bachorové tekutině :				
Daidzein	µg/L	21.06	119.99	19.61
Glycitein	µg/L	0.08	0.71	0.49
Genistein	µg/L	0.52	0.97	0.21
Equol	µg/L	337.91	662.55	65.71
<b>Celkem izoflavonů</b>	µg/L	359.67	784.33	73.74
Koncentrace v mléku:				
Daidzein	µg/L	11.78	47.85	5.35
Genistein	µg/L	4.63	9.99	1.82
Glycitein	µg/L	2.69	31.94	11.11
Equol	µg/L	77.78	186.30	19.29
<b>Celkem izoflavonů</b>	µg/L	96.89	276.07	25.37

\*

\*

\*

\*\*

\*\*

\*\*

\*

\*

\*

# Obsah equolu v mléku srovnání konvenční a bioprodukce

Hoikkala a kol.:  $411 \pm 65$   $\mu\text{g/l}$  (finské bio-mléko)

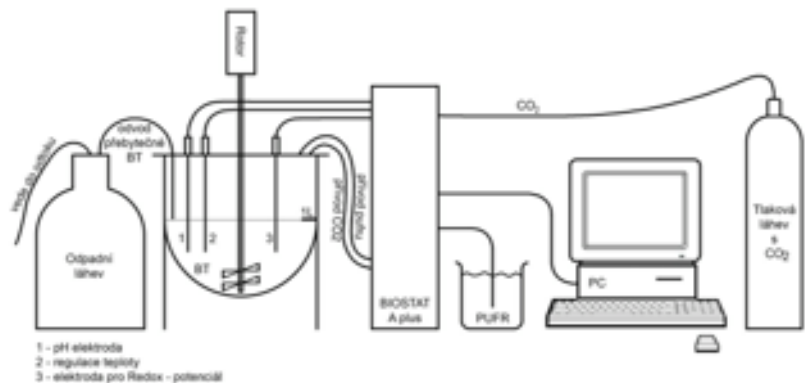
Antignac a kol.:  $191 \pm 72$   $\mu\text{g/l}$  (francouzské bio-mléko)

Antignac a kol.: 14-293  $\mu\text{g/l}$  (konvenční produkce)

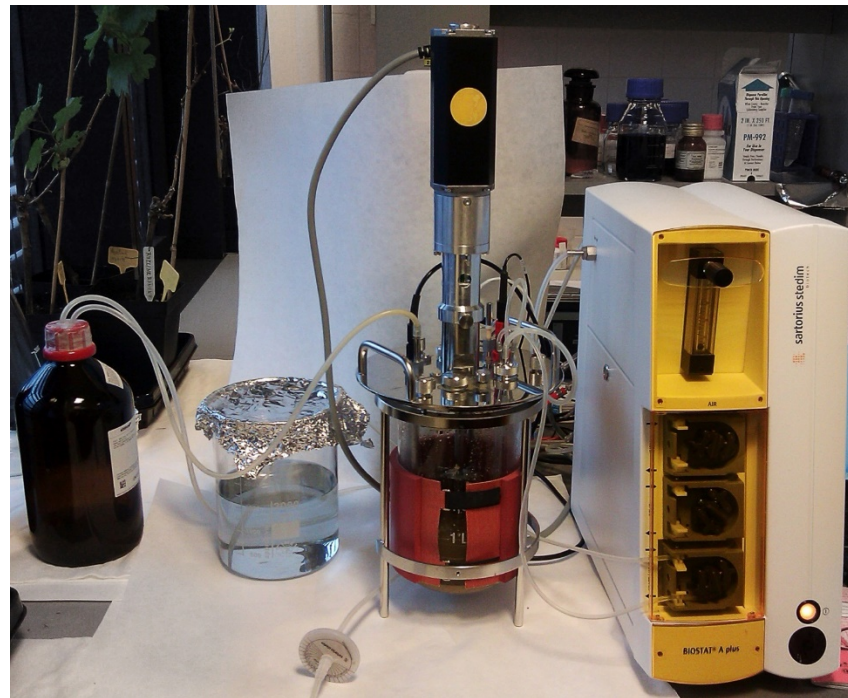
**Naše laboratoř:  $120 \pm 48$   $\mu\text{g/l}$  (konvenční produkce)**



# Bioreaktor s ruminální tekutinou



Bioreaktor	Sartorius Stedim Biotech, Biostat A plus
Program bioreaktoru	MicroDCU MFCS/DA
Program pro elektrodu měřící redoxní potenciál	iSense
Průtok CO <sub>2</sub>	6 litrů/min
Průtok pufry	0,73 mL/min
Objem BT	1 litr
Teplota kultivace	39 °C
Intenzita míchání	20 ot/min
Intenzita míchání (odběr vzorků; přidání krmiva)	100 ot/min
Čas krmení	8:00 a 15:00 hod
Čas odběru vzorků	11:00



# Výhody equolu v jogurtech

## Jogurty:

- delší trvanlivost
- mají vyšší biologickou hodnotu proteinů
- lepší stravitelnost živin
- lepší organoleptické vlastnosti

## Mléčné kultury:

- při fermentaci laktózy produkují kyselinu mléčnou
- snížení pH a zabraňují tak zkažení produktu.
- solubilizace vápníku

Nejčastější mléčné kultury:

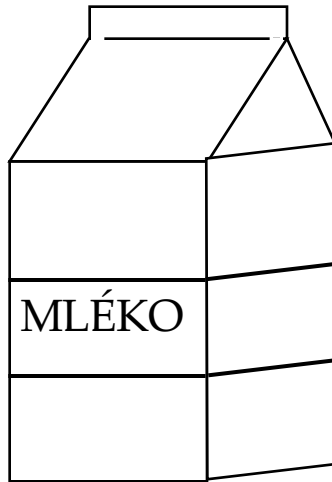
*Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

další:

*Lactobacillus* (*L. acidophilus*) nebo *Bifidobacterium* (*B. infantis*, *B. longum*, *B. bifidum*)

Procesy měnící obsah  
isoflavonů

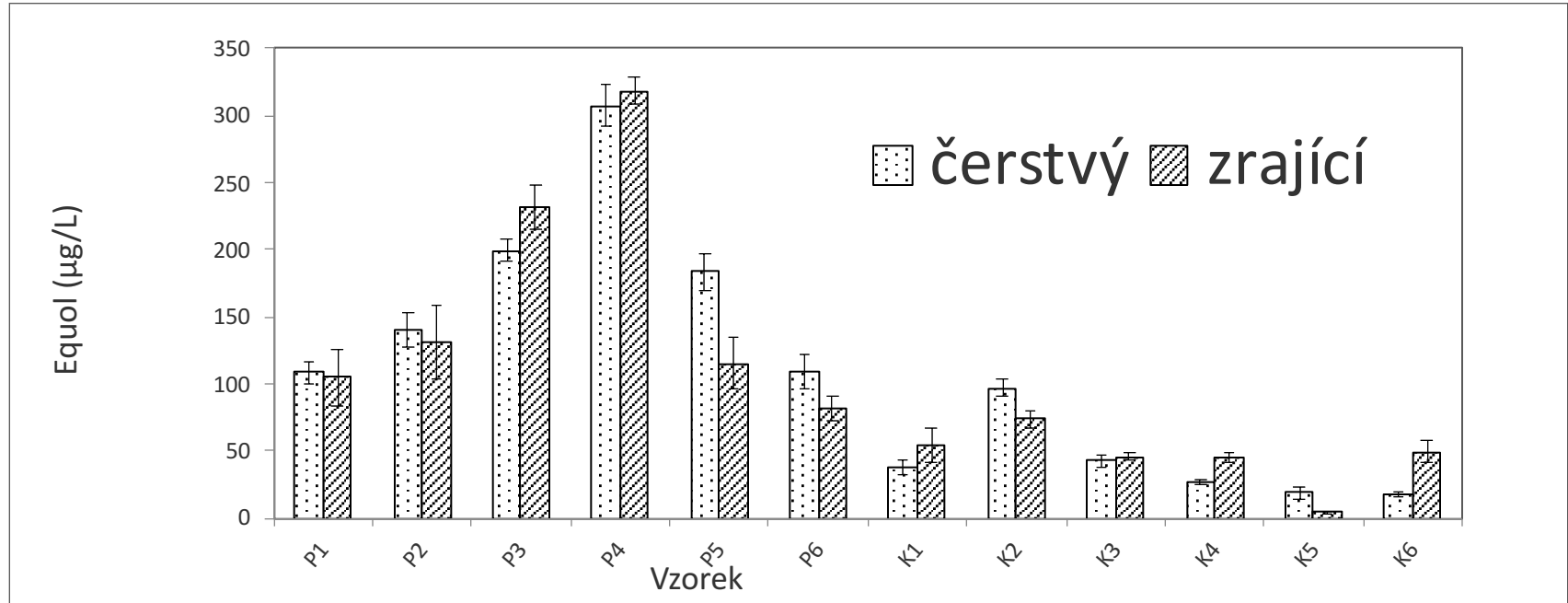
Fermentace  
Zrání



Procesy neměnící obsah  
isoflavonů

Pasterizace  
Sterilizace  
Teplotní stabilita  
(až do 120 °C)  
Odstředování

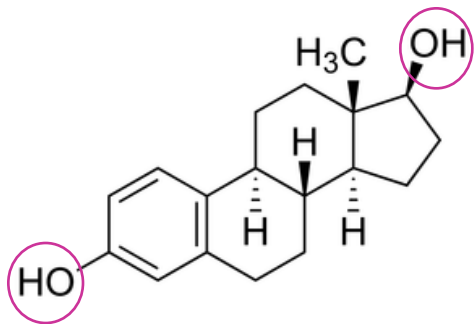
# Hladiny equolu v jogurtech



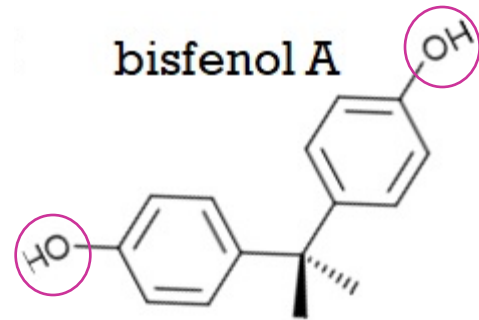
Hladiny equolu ve vzorcích čerstvých a zrajících jogurtů ve skupině pokusné (P1 – P6) a kontrolní (K1 – K6).

# Endokrinní disruptory

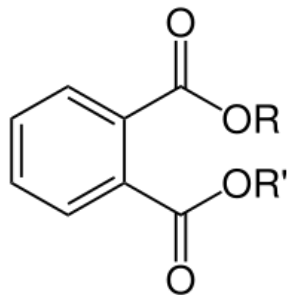
- narušují fyziologické funkce endogenních hormonů
- Látky přirozeně se vyskytující (např. fytoestrogeny)
- Látky syntetické - PCB (průmyslová produkce), DDT (insekticid), bisfenol A (obaly potravin)
- Hormonální antikoncepce



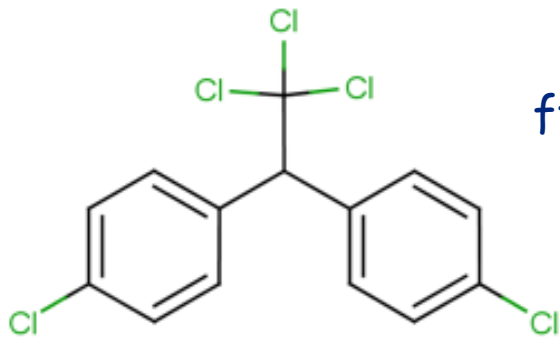
$\beta$ -estradiol



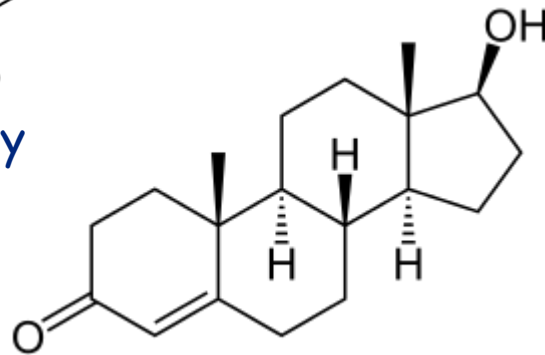
bisfenol A



ftaláty



DDT



testosteron



# Přírodní toxiny

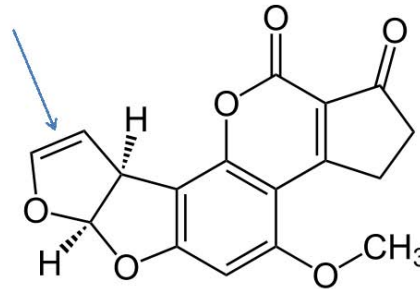
## Botulotoxin

- botulin nebo klobásový jed je toxická polypeptidická dvojsložková směs
- produkována bakteriemi *Clostridium botulinum*, bez přístupu vzduchu 30°C.
- jeden z nejúčinnějších jedů (nejedovatější)
- smrtelná dávka je 1,3–2,1 ng/kg nitrožilně, 10–13 ng/kg při inhalaci
- je odolný vůči žaludeční šťávě a trávení
- neporušený se vstřebává střevní sliznicí a následně je transportován po těle krví
- Botulin je ale termolabilní a ničí ho teplota nad 60 °C

# Přírodní toxiny

## Aflatoxiny

Karcinogenní toxiny plísně *Aspergillus flavus*  
rostoucí na burských oříšcích, fících atd.



Aflatoxin B<sub>1</sub>