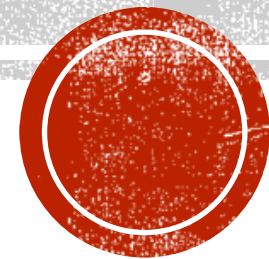


Glykemický index a glykemická nálož

Veronika Suchodolová

Diabetologie, jaro 2017



Glykemický index

$$GI = 100 \times F/B$$

B = 50g S bílý chléb

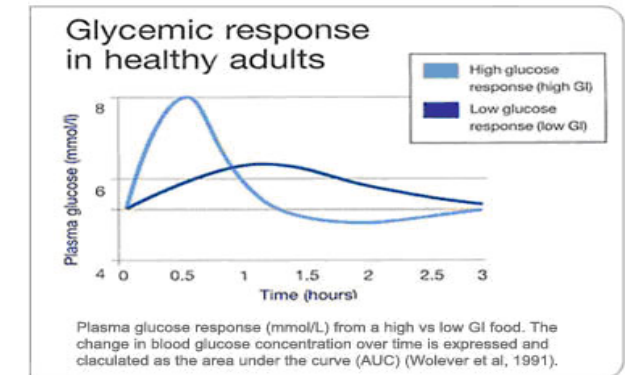
F = 50g S daná potravina



- **DEFINICE GI:** “plocha pod vzestupnou částí křivky postprandiální glykemie testované potraviny s obsahem 50 g absorbovatelných sacharidů (F), vyjádřená jako procento odezvy na stejné množství sacharidů ze standardní potraviny (B), požitá stejnou osobou”



Testování hodnot GI



- Vždy testováno alespoň 10 osob, zdravých dospělých, obou pohlaví
- Porce sledované potraviny obsahuje 50 g sacharidů (25 g v případě potravin obsahujících nízké množství sacharidů)
- Testování alespoň 2krát opakovat
- Tekutiny, v množství 250 ml, by měly být vypity do 10 minut
- Sacharidové roztoky by měly být vypity do 15 minut
- Referenční potravina = glukóza/bílý chléb
- K večeři před testováním jíst stejné jídlo, vyvarovat se neobvyklé pohybové aktivity, testování provádět do 10.h dopolední po 10-14h lačnění
- Vzorky krve v 0. minutě, 15., 30., 45., 60., 90., 120. minutě po začátku konzumace testované potraviny

???...inzulin senzitivní/nesenzitivní osoby, obézní/nadváha/štíhlí, normální dítě/normální dospělý, etnika, věk, diabetes 1./2. typu



BÍLÝ CHLÉB x GLUKÓZA

- Referenční (standardní) potravině je přidělena hodnota glykemického indexu 100 Bílý chléb/glukóza
- Př. bílý chléb - upečený z přesně navážených surovin a tím známého složení
- Glukóza má o 40% větší glykemickou odezvu než bílý chléb a naopak chléb má 71% odezvu glukózy
- Pokud chceme převést hodnoty založené na indexu, kde je jako referenční potravinou použita glukóza (GI = 100), na hodnoty založené na indexu, kde je referenční potravinou bílý chléb (GI = 100), je nutné je vynásobit 1,4 a v opačném případě se hodnoty vynásobí 0,7



- Cornflakes: GI 81 (glukóza) x GI 116 (bílý chléb)
 - Dlouhozrnná rýže: GI 56 x GI 80
 - Parboild rýže: GI 47 x GI 68
 - Bulgur: GI 48 X 68
 - Špagety: GI 42 x GI 60
 - Kuskus: GI 65 x 93
-
- Jablko: GI 38 x GI 52
 - Banán: GI 52 x GI 74
 - Čočka: GI 30 x GI 42



- Glukóza: GI 99 x GI 141
- Fruktóza: GI 19 x GI 27
- Med: GI 55 x GI 78

- Mrkev: GI 47 x GI 68

- Brambory pečené: GI 85 x GI 121
- Brambory vařené: GI 56-101 x GI 80-144
- Bramborová kaše: GI 67-91 x GI 96-130



Glykemický index X glykemická odpověď

- Glykemická odpověď – Glycemic Response (GR)
- GR = postprandiální glykemie vyvolaná vstřebáním konzumované potravy či pokrmu, která obsahuje sacharidy
- Glykemický index – Glycemic Index (GI)
- GI = vztažen na potraviny s obsahem 50 g (či 25 g) sacharidů (dále viz základní definice GI)
- GI není GR



Rozdělení dle GI

- $GI \geq 70$ (stupnice glukózy) = potraviny s vysokým GI
= potraviny, které jsou rozštěpeny, vstřebány a metabolizovány rychle
- $GI \leq 55$ (stupnice glukózy) = potraviny s nízkým GI
= potraviny, které jsou rozštěpeny, vstřebány a metabolizovány pomalu



■ GI KOMBINOVANÉHO JÍDLA A CELKOVÝ DENNÍ GI...?

= podíl celkového množství sacharidů v jídle (nebo za den) vynásobené odpovídajícím glykemickým indexem. Součet těchto hodnot vyjadřuje glykemický index jídla nebo denní glykemický index

| Potravina | Sacharidy (g) | Podíl na celkovém množství sacharidů | GI potraviny | GI potraviny v jídle |
|-------------------------|---------------|--------------------------------------|--------------|----------------------|
| Chléb | 25 | 0,342 | 100 | 34,2 |
| Cereálie | 25 | 0,342 | 72 | 24,6 |
| Mléko | 6 | 0,082 | 39 | 3,2 |
| Sacharóza | 5 | 0,068 | 87 | 5,9 |
| Pomerančový džus | 12 | 0,164 | 74 | 12,1 |
| Celkem | 73 | 1 | | 80 |



■ GLYKEMICKÁ NÁLOŽ:

1. Glykemický index potravin, jídla nebo celodenní stravy vydělíme 100 a vynásobíme množstvím vstřebatelných sacharidů v gramech
2. Z výsledných hodnot můžeme předvídat akutní metabolický efekt jednotlivých potravin

Glykemická nálož:

20 a více je považována za vysokou
11 - 19 je střední
10 a méně za nízkou.

Celodenní glykemická nálož:

< 80 je nízká
> 120 je vysoká



| Snídaňové cereálie | GI | GN | Velikost porce | Dostupné sacharidy v porci |
|--------------------|-------|------|----------------|----------------------------|
| Cornflakes | 81±3 | 20,8 | 30 | 26 |
| Müsli | 55±10 | 10,4 | 30 | 19 |
| Ovesná kaše | 58±4 | 12,8 | 250 | 22 |



- Cornflakes: GI 81 (glukóza) x GI 116 (bílý chléb), GN 21, 30 g/26 g (velikost porce/dostupné sacharidy)
- Dlouhozrnná rýže: GI 56 x GI 80, GN 23, 150 g/41 g
- Parboild rýže: GI 47 x GI 68, GN 17, 150 g/36
- Bulgur: GI 48 X 68, GN 12, 150 g/26 g
- Špagety: GI 42 x GI 60, GN 24, 180 g/48 g
- Kuskus: GI 65 x 93, GN 23, 150 g/35 g

- Jablko: GI 38 x GI 52, GN 6, 120 g/15 g
- Banán: GI 52 x GI 74, GN 12, 120 g/24
- Čočka: GI 30 x GI 42, GN 5, 150 g/17 g



- Glukóza: GI 99 x GI 141, GN 10, 10 g/10 g
- Fruktóza: GI 19 x GI 27, GN 2, 10 g/10 g
- Med: GI 55 x GI 78, GN 10, 25 g/18 g

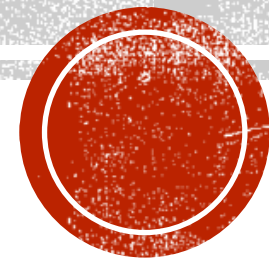
- Mrkev: GI 47 x GI 68, GN 3, 80 g/6 g

- Brambory pečené: GI 85 x GI 121, GN 26, 150 g/30 g
- Brambory vařené: GI 56-101 x GI 80-144, GN 14-17, 150 g/26-17 g
- Bramborová kaše: GI 67-91 x GI 96-130, GN 13-18, 150 g/18-20 g



ALE POZOR!

Co vše ovlivňuje glykemický index celkového pokrmu?



FAKTORY MODULUJÍCÍ GI

- Délka a složení řetězce (dostupnost enzymatickému trávení)
- Amyláza a amylopektin (přímý X větvený řetězec)
- Vlákna (zpomalení vyprazdňování žaludku)
- Buněčná struktura a technologie přípravy pokrmů
 - rychle a pomalu dostupná glukóza
 - těstoviny (denaturací škrobu zhoršené trávení amylázou)
 - brambory (obsah rezistentního škrobu)
- Teplota skladování
- Kvásek, kvasnice, organické kyseliny (octová, mléčná)
- Bílkoviny
- Tuky
- Víno
- Vliv předchozího jídla
- Množství absorbovaných sacharidů



DÉLKA A SLOŽENÍ ŘETĚZCE

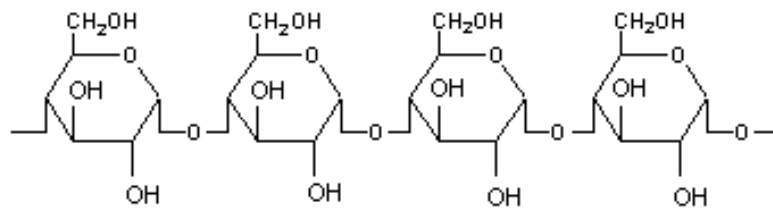
- Bílý chléb X těstoviny
 - podobná délka řetězce, ale chléb má vyšší GI díky své terciární struktuře a rozpustnosti, která zajišťuje větší expozici slinným a pankreatickým amylázám
- Disacharidy: sacharóza, laktóza, maltóza
 - skládají se z jiných monosacharidů



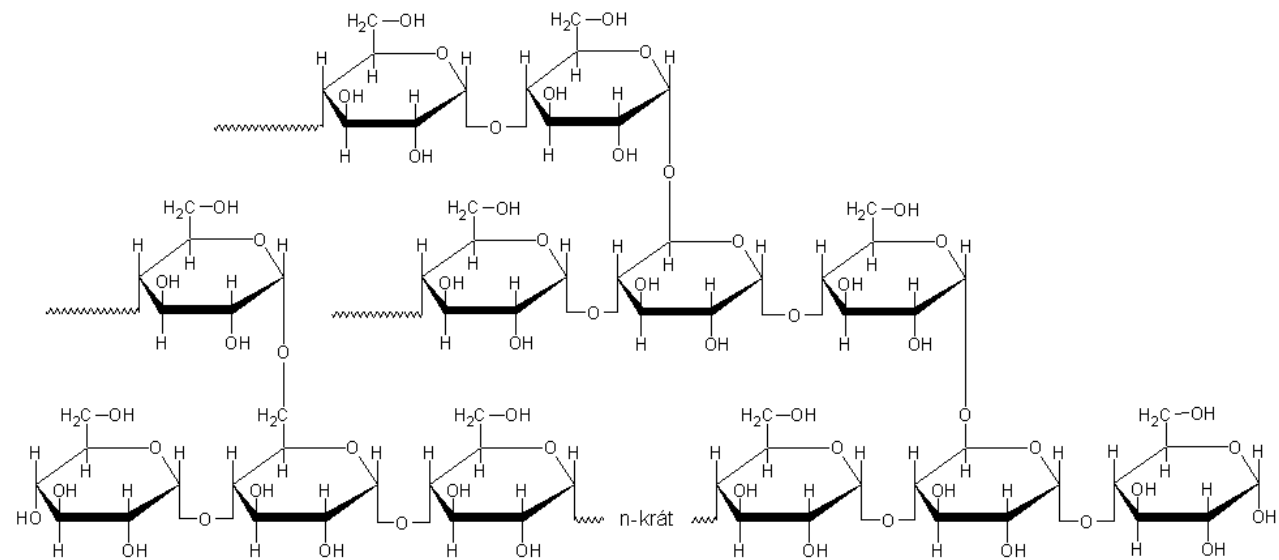
AMYLÓZA A AMYLOPEKTIN

přímý X vetvěný řetězec

- Kompaktnější struktura amylozy způsobuje horší dostupnost pro trávení amylázami
- Škroby s vyšším obsahem amylozy mají nižší GI
- Př. Kukuřičný škrob obsahuje cca 30 % amylozy – pro nižší postprandiální glykémii a inzulinemii je vhodnější alespoň 50 %



amyloza



amylopektin



VLÁKNINA

- Vlákna obsažená v luštěninách, ovoci, ovsu a ječmeni
- Tvorba rosolovitých gelů, které zpomalují vyprazdňování žaludku a enzymatické trávení (vytvořením fyzické bariéry kolem sacharidů)



BUNĚČNÁ STRUKTURA A TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY POKRMŮ

- Vařením a zpracováním se otevírá škrobová struktura, dochází k otevření škrobových granulí a umožní se tak trávení amylázou, což vede ke zvýšení GI
- Gnocchi: kompaktní struktura , nízký GI
- Kynuté pokrmy: vysoká pórovitost způsobená přítomností vzduchových bublinek, která zvětšuje plochu vystavenou činnosti enzymů



- **TĚSTOVINY**

- nízký GI je způsoben denaturací škrobu při jejich sušení, tím je trávení amylázou zhoršeno

- **BRAMBORY:**

- syrové brambory: škrob je uzavřen ve škrobových granulích (87 % rezistentního škrobu, dále jen RŠ), tím je vysoce odolný trávícím enzymům

- po tepelné úpravě: pouze 1,2 % RŠ

- nové brambory vařené ve slupce: nejnižší GI, zřejmě díky menšímu větvení amylopektinu

- vychlazení brambor a použití octové zálivky vede ke snížení GI



Atd.

- **TEPLOTA SKLADOVÁNÍ**

- během skladování může být část škrobu přeměněna na RŠ, GI se snižuje

- **KVÁSEK A KVASNICE**

- kváskové chleby mají nižší GI než kvasnicové
 - kváskové chleby mají vyšší hladinu RŠ než kvasnicové

- **PŘIDÁNÍ KYSELINY OCTOVÉ ČI MLÉČNÉ**

- pomalejší žaludeční vyprazdňování
 - ovlivnění hydrolýzy škrobu, snížení GI v přítomnosti glutenu



- **BÍLKOVINY, TUKY, VÍNO**

- jako součást pokrmu – vliv na nižší GI

- **VLIV PŘEDCHOZÍHO JÍDLA**

- snídaně s nízkým GI – následně oběd s nízkým GI..atd.

- pomalé trávení a absorpce, které vedou ke kratší době lačnění mezi jídly a potlačení vylučování volných mastných kyselin

- **MNOŽSTVÍ ABSORBOVANÝCH SACHARIDŮ**

- s velikostí dávky sacharidů se zvyšuje glykemie a inzulinemie

- jakmile dávka přesáhne 50 g má vzestupná část křivky tendenci se zploštit



GI

- SACHARÓZA – LAKTÓZA – MALTÓZA
- CELÉ ZRNO – BULGUR – HRUBÁ MOUKA
- JABLKO – PYRÉ – DŽUS
- PIZZA - GNOCCHI – SUCHARY
- BRAMBORY ČERSTVĚ UVAŘENÉ – DEN STARÉ
- KVÁSKOVÝ CHLÉB – KVASNICOVÝ CHLÉB



GI – nejnížší GI – nejvyšší GI

- SACHARÓZA – LAKTÓZA – MALTÓZA
- CELÉ ZRNO – BULGUR – HRUBÁ MOUKA
- JABLKO – PYRÉ – DŽUS
- PIZZA - GNOCCHI – SUCHARY
(pizza i suchary jsou vyrobeny z kynutého těsta, mají podobnou gly.odezvu jako bílý chléb, gnocchi mají kompaktní strukturu)
- BRAMBORY ČERSTVĚ UVAŘENÉ – DEN STARÉ
- KVÁSKOVÝ CHLÉB – KVASNICOVÝ CHLÉB



ZDRAVOTNÍ TVRZENÍ

Konzumace ... jakožto součásti jídla přispívá k omezení nárůstu hladiny glukózy v krvi po tomto jídle

- **Arabinoxylan** z endospermu pšenice (8 g vlákniny bohaté na arabinoxylan)
- **Beta-glukany** z ovsu a ječmene (ně 4 g beta-glukanů)
- **(Hydroxypropyl) za (HPMC)** (ně 4 g HPMC)
- **Pektiny** (10 g pektinů)
- **Rezistentní škrob** (alespoň 14 % celkového obsahu škrobu)
- **ALFA-cyklodextrin** (alespoň 5 g ALFA-cyklodextrinu)



ZDRAVOTNÍ TVRZENÍ

- **Chrom** - Chrom je nezbytný pro udržení normální hladiny glukózy v krvi
- **Sladidla** - Sladidla, tj. intenzivní sladidla (xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, laktitol, isomalt, erythritol, sacharóza a polyaktyl sacharóza; D-xyloza a isomaltóza) - Konzumace potravin/pojiv chycených cukry vede k omezení hladiny glukózy v krvi po jejich konzumaci v kombinaci s potravinami/poivy mi cukr
- **Fruktóza** - Konzumace potravin chycených fruktózu vede k nárůstu hladiny glukózy v krvi ve kombinaci s potravinami chycenými fruktózu nebo fruktózu



INZULINEMICKÝ INDEX

- Inzulinová odezva
- Obecně silná korelace s GI
- VÝJIMKA: mléko a mléčné výrobky
(mají větší inzulinovou odezvu, než by se dalo čekat)



GLYKEMIE A INZULINEMIE

- po konzumaci potravin obsahujících laktózu

- Mléko a mléčné produkty mají nižší GI, ačkoliv zvyšují inzulinemii...?
- **Pokus:** 12 osob a konzumace různých potravin obsahujících stejné množství sacharidů (hl. laktózu)
- **Výsledky:**
 - převážně přítomnost rozvětvených aminokyselin (valin, leucin, isoleucin) a lysinu zvyšuje vylučování inzulinu a GIP
- Pozitivní účinek mléčných bílkovin:
 - stimulace sekrece inzulinu a zlepšení citlivost tkání na inzulin
 - možná prevence DM II. typu.



NE LAKTÓZA ALE VĚTVENÉ AMINOKYSELINY

- **ZÁVĚR:**

Přídavek syrovátky zvyšuje vylučování inzulínu:

- syrovátkové proteiny jsou bohaté na větvené AK, které jsou inzulinotropní
- uvolnění inkretinových hormonů (GLP-1 a GIP)



ŽÍTNÝ X PŠENIČNÝ CHLÉB a postprandiální inzulinemie

- ŽITNÉ PEČIVO:
inzulin, C-peptid a GIP - signifikantně nižší hodnoty

VYSVĚTLENÍ:

STRUKTURA ŠKROBU (zabalená škrobová zrna, pomalejší hydrolýza)

TABLE 3
Maximal glucose, insulin, C-peptide, glucose-dependent insulinotropic polypeptide (GIP), and glucagon-like peptide 1 (GLP-1) concentrations and areas under the curve in response to the consumption of the test breads¹

| | Refined wheat bread | Endosperm rye bread | Traditional rye bread | High-fiber rye bread |
|--------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Maximal response | | | | |
| Glucose (mmol/L) | 2.1 ± 0.2 | 2.0 ± 0.2 | 2.0 ± 0.1 | 1.7 ± 0.2 |
| Insulin (pmol/L) | 299.2 ± 28.1 | 206.1 ± 18.8 ² | 220.5 ± 20.8 ² | 222.2 ± 29.1 ² |
| C-peptide (nmol/L) | 1.9 ± 0.1 | 1.4 ± 0.1 ² | 1.4 ± 0.1 ² | 1.5 ± 0.1 ² |
| GIP (pmol/L) | 107.2 ± 7.4 | 87.7 ± 10.3 | 59.1 ± 4.6 ^{2,3} | 60.5 ± 5.0 ^{2,3} |
| GLP-1 (pmol/L) | 28.3 ± 4.7 | 30.6 ± 6.3 | 25.9 ± 3.3 | 26.4 ± 5.4 |
| Area under the curve | | | | |
| Glucose (mmol · min/L) | 99.6 ± 15.1 | 99.4 ± 16.0 | 77.8 ± 11.6 | 83.3 ± 23.3 |
| Insulin (pmol · min/L) | 22151 ± 2288 | 15831 ± 1276 ² | 16389 ± 1374 ² | 18270 ± 1755 |
| C-peptide (nmol · min/L) | 151.4 ± 9.6 | 115.9 ± 7.6 ² | 119.7 ± 6.8 ² | 122.2 ± 7.8 ² |
| GIP (pmol · min/L) | 10496 ± 667 | 8347 ± 701 ² | 6357 ± 559 ^{2,3} | 6506 ± 531 ² |
| GLP-1 (pmol · min/L) | 2089 ± 308 | 2557 ± 430 | 2309 ± 315 | 2141 ± 402 |

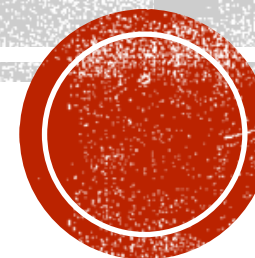
¹x ± SEM; n = 19.

²Significantly different from refined wheat bread, P < 0.05 (Wilcoxon's test with Bonferroni adjustment).

³Significantly different from endosperm rye bread, P < 0.05 (Wilcoxon's test with Bonferroni adjustment).



BENEFITY PRO ZDRAVÍ



Postprandiální glykemie a její kontrola

- KVO, mortalita DM II., mortalita osob bez diabetu
- Snížení rizika KVO – díky snížení hodnot HbA1c
- Přetížení systému acetyl CoA – vyšší počet volných radikálů – oxidativní stres může být patogenním mechanismem vyvolávajícím inzulinovou rezistenci, diabetes a KVO
- Hyperglykemie – riziko endoteliální dysfunkce a komplikací diabetu
- KONTROLA POSPRANDIÁLNÍ GLYKEMIE:
= snižuje oxidativní stres, endoteliální dysfunkce, faktory trombózy, oxidaci lipoproteinů



GI a nádorové onemocnění

- Inzulin = jako růstový faktor zvyšuje aktivitu pronádorového IGF-1, který má proliferační angiogenní, antiapoptické a estrogen-stimulující účinky
- Nižší GI – ovlivňuje celkové hospodaření inzulinu
- Pozitivní souvislost: nádory prsu a kolorekta



| | Nízký GI | Nízká GL | AkARBÓZA |
|----------------------------|----------|----------|----------|
| Riziko DM 2. | ↓↓↓ | ↓↓↓ | ↓↓↓ |
| Riziko KVO | ↓↓ | ↓↓↓ | ↓↓↓ |
| Riziko n.o. kolorekta | ↓↓ | - | ? |
| Riziko n.o. prsa | ↓ | - | ? |
| Riziko n.o. endometria | - | ↓ | ? |
| HbA1c u DM | ↓↓ | ↓↓ | ↓↓ |
| Posprandiální glykemie | ↓↓↓ | ↓↓↓ | ↓↓↓ |
| Postprandiální inzulinemie | ↓↓↓ | ↓↓↓ | ↓↓↓ |
| Inzulinová rezistence | ↓↓ | ↓↓ | ↓ |
| LDL-cholesterol | ↓ | - | - |
| HDL-cholesterol | ? | ↑ | ↑ |
| Triacylglyceroly | ↓ | ↓↓ | ↓↓ |
| CRP | ↓↓ | ↓ | ↓ |
| Krevní tlak | ? | ? | ↓ |
| Tělesná hmotnost | ↓ | ↓↓ | ↓↓ |
| Tělesný tuk | ↓↓ | ↓↓ | ? |

AkARBÓZA je PAD, který ve střevě blokuje alfa glukozidázu, enzym štěpící sacharidy – následně se snižuje postprandiální glykemie



GLYKEMICKÝ INDEX A OVOCE

- **Základní otázka:** Je rozdíl v konzumaci ovoce s vyšším a nižším GI pro riziko KVO u osob s DM II.?
- **Závěr:** konzumace ovoce s nižším GI snižuje koncentraci HbA1c, hodnotu systolickeho krevního tlaku a riziko KVO (zvýšení HDL-cholesterolu)
- **Možné příčiny a souvislosti:**
 - otázka různě upraveného ovoce (celý kus, pyré, šťáva)
 - obsah jiných složek ovoce, které přispívají k prevenci KVO



Table 2 Association of low GI fruit intake with study measurements in 152 completers

| Study outcomes %A week 24-0 | Value | Change in fruit intake (% of total available carbohydrate intake) | | | | | |
|--------------------------------|----------|---|--|---|--------|--|-----------------------|
| | | Apples | Citrus (oranges, tangerines, grapefruits) | Berries (strawberries, raspberries, blueberries, blackberries, cranberries) | Pears | Prunus family (plum, peaches, nectarines) | Total low GI fruit |
| HbA _{1c} | <i>r</i> | -0.135 | -0.219 | -0.228 | 0.121 | -0.073 | -0.218 |
| | <i>p</i> | 0.096 | 0.007 | 0.005 | 0.136 | 0.372 | 0.007 |
| Glucose | <i>r</i> | -0.125 | -0.008 | -0.167 | -0.014 | -0.030 | -0.141 |
| | <i>p</i> | 0.124 | 0.918 | 0.040 | 0.863 | 0.715 | 0.083 |
| Weight | <i>r</i> | -0.016 | 0.112 | -0.096 | 0.123 | -0.136 | -0.014 |
| | <i>p</i> | 0.846 | 0.170 | 0.239 | 0.132 | 0.095 | 0.865 |
| Total cholesterol | <i>r</i> | -0.098 | -0.001 | 0.019 | -0.052 | 0.103 | -0.020 |
| | <i>p</i> | 0.228 | 0.990 | 0.813 | 0.522 | 0.208 | 0.804 |
| LDL-cholesterol | <i>r</i> | 0.013 | -0.007 | -0.070 | -0.009 | 0.059 | 0.007 |
| | <i>p</i> | 0.872 | 0.928 | 0.395 | 0.911 | 0.473 | 0.930 |
| HDL-cholesterol | <i>r</i> | 0.223 | 0.156 | -0.105 | 0.098 | 0.060 | 0.216 |
| | <i>p</i> | 0.006 | 0.055 | 0.199 | 0.231 | 0.459 | 0.008 |
| TG | <i>r</i> | -0.210 | -0.069 | 0.233 | -0.090 | 0.103 | -0.070 |
| | <i>p</i> | 0.009 | 0.396 | 0.004 | 0.268 | 0.208 | 0.394 |
| C-reactive protein | <i>r</i> | 0.031 | -0.004 | -0.071 | 0.151 | 0.050 | 0.065 |
| | <i>p</i> | 0.716 | 0.960 | 0.403 | 0.075 | 0.559 | 0.443 |
| Systolic blood pressure | <i>r</i> | -0.017 | -0.006 | -0.302 | -0.035 | -0.034 | -0.122 |
| | <i>p</i> | 0.839 | 0.940 | 0.000 | 0.666 | 0.682 | 0.134 |
| Diastolic blood pressure | <i>r</i> | -0.017 | -0.140 | -0.162 | 0.035 | 0.069 | -0.067 |
| | <i>p</i> | 0.833 | 0.086 | 0.046 | 0.667 | 0.400 | 0.410 |
| CHD risk | <i>r</i> | -0.211 | -0.089 | -0.067 | -0.099 | 0.039 | -0.192 |
| | <i>p</i> | 0.009 | 0.274 | 0.409 | 0.223 | 0.635 | 0.018 |



DLE STUDIÍ...

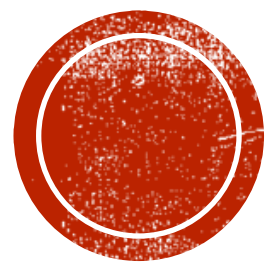
- **Gestační DM:** konzumace potravin s nižším GI...vyrovnanější hladina glykemie - snižuje se výskyt fetální makrosomie
- **Přídavek octu** do pokrmu s vysokým GI snižuje hodnotu GI
- **Přídavek isomaltu** snižuje hodnotu HbA1c, fruktosaminu, glykemie na lačno, inzulinu, proinzulinu, C-peptidu, inzulinové rezistence a oxidovaného LDL...celkové zlepšení metabolické kontroly diabetu
- **Hodnota glykemické nálože** je vyšší v jídelníčku žen s inzulinovou rezistencí



GI a GN v diabetické dietě

- Následky diety založené na sacharidech s vyšším GI:
 - reaktivní hypoglykemie (zvýšená hladina glykemie i inzulínu) a zvýšení koncentrace volných mastných kyselin...následuje dysfunkce β -buněk, dyslipidemie a endoteliální dysfunkce
 - zvýšené riziko hemoragické mrtvice a jiných aterosklerotických procesů u žen s nadváhou, strašících žen a žen po menopauze (HbA1c a zvýšená glykemie na lačno, oxidativní stres)





**Děkuji Vám za
pozornost**

