



**MAILLARDOVA  
REAKCE**

*French: [majarʒ]*



Maillardova  
reakce

nejvýznamnější reakce během zpracování potravin

## Maillardova reakce (MR)

**redukující sacharidy + aminosloučeniny** → reaktivní karbonyly → další produkty

průvodní jev = tvorba hnědých pigmentů **melanoidinů** ⇒ „*reakce neenzymového hnědnutí*“

i další reakce produkují hnědé zbarvení (karamelizace, reakce cukrů s oxidovanými lipidy),  
Maillardova reakce je zvláštním případem těchto reakcí



## Maillardova reakce

## Důsledky Maillardovy reakce



- ⇒ **hnědé zbarvení**  
chlebová kůrka, pražená káva
- ⇒ **aromatické látky**  
žádoucí i nežádoucí aroma
- ⇒ **výživové změny**  
snížení nutriční hodnoty (např. ztráta lysinu)
- ⇒ **toxické produkty**  
mutagenní a karcinogenní látky
- ⇒ **antioxidační vlastnosti produktů**  
reduktony, melanoidiny

## Louis Camille Maillard



French chemist and physician

**Born** February 4, 1878  
Pont-à-Mousson, France

**Died** May 12, 1936 (aged 58)  
Paris, France

## Historie

### L.C. Maillard

na Nancy-Universitě od 16 let,  
Lékařská fakulta Pařížské univerzity (studoval zejména ledvinové nemoci)

1912: Pozoroval tvorbu **hnědých pigmentů při zahřívání glukózy s glycinem**.  
Předpokládal, že reakce má vliv na změny živin při úpravě potravin.

### navazovatelé

1953: Hodges popsal pochody při MR  
1955: Kunkel a Walleius: objev glykovaného hemoglobinu  
1986: první izolovaný glykovaný protein vznikající *in vivo*

**Maillardova reakce** je studována už přes sto let,  
současné znalosti o reakci:

- faktor kvality jídla
- zdravotní dopady (prospěšné i škodlivé)
- stále nedokážeme prezentovat kompletní schéma
- pomalu probíhá i v těle člověka (při zánětu, diabetu, etc.)

## **DEHYDRATED FOODS**

# **Chemistry of Browning Reactions in Model Systems**

JOHN E. HODGE

Northern Regional Research Laboratory, Peoria, Ill.

Many different types of organic reactions lead to the production of brown pigments at moderate temperatures. In spite of many reviews of the subject, there has been no comprehensive organization of the reactions. In this review some relationships are shown to exist among the carbonyl-amino, the nonamino, and the oxidative types of browning. Recent findings have provided the basis for an integration of the several isolated partial theories of browning (Maillard, sugar fission, ascorbic acid, furfuraldehyde) heretofore proposed. The significance of the occurrence of the Amadori rearrangement in the Maillard reaction is stressed, and a mechanism for browning in sugar-amine systems based upon the rearrangement is outlined. Attention is directed to the little-studied but important role of dehydrogenated reductones in both enzymatic and nonenzymatic browning reactions. Investigations of browning reactions in model systems during the past 3 years are reviewed, with the pertinent older studies, and the results of most of these are shown to fit into the proposed scheme of reactions. A classified directory to the major part of 201 references on browning in nitrogenous model systems (1940 to March 1953) is included.

**T**HE CHEMISTRY OF BROWNING REACTIONS in nitrogenous model systems has been adequately reviewed to the year 1950 by Danehy and Pigman (33). However, some important findings in

### **Model Systems Important For Browning Research**

Three broad types of browning reactions are recognized in food technology. The most common type, carbonyl-

oxidative browning reactions has been published by Joslyn and Ponting (82).

Browning, of whatever type, is caused by the formation of unsaturated, colored polymers of varying composition (33, 20, 45, 47, 48, 83, 88, 100, 107). C...

John E. Hodge čtyřicet let po prvním Maillardově článku publikoval mechanismus reakce, resp. **tři fáze**:

1. karbonyl cukru reaguje s aminoskupinou proteinu
2. glykosylamin podstupuje Amadoriho přesmyk → ketosamin
3. vzniká nespočet produktů, včetně mnohých aromatických a barevných sloučenin.

Ohlasy na jeho publikaci dalece předčily ty na původní Maillardův článek, byl navržen dokonce nový název: „Maillard-Hodgeho reakce“ (neuchytil se)

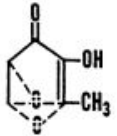
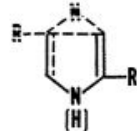
# Compounds of Browned Flavor Derived from Sugar-Amine Reactions<sup>1</sup>

J. E. Hodge, F. D. Mills, and B. E. Fisher  
Northern Regional Research Laboratory  
Peoria, Illinois 61604

BROWNED FLAVORS ARE those that generate from nonenzymatic browning reactions. They are essential for the recognition and acceptance by taste of many processed foods, especially cereal-derived foods. Browned flavors include caramelized sugar aromas (1); food aromas that have been described variously as toasted, baked, nutty, or roasted (2); corny and amine-like aromas from cooked grains and meals; and both the desirable and undesirable burnt aromas and bitterish tastes of roasted malt, nuts, coffee, chicory, cocoa, meats, fruits, and vegetables (2).

products of specific Amadori co 1 - deoxy-1 - piperidino - D - 1 - deoxy-1 - prolino - D - fructose (3,6). F less volatile, vacuum-distilled products subsequent gas-liquid chromatography by sniffing of the effluent vapors at peaks, has separated the componen compounds that were classified bro amide-like; popcorny, nutty, or bread Also, aromas generally emerged from 1

J.E. Hodge znalost reakce dál prohluboval. V publikaci z roku 1972 píše: "it's primarily the amino acid that drives the odor quality, not the sugar." Glycine reactions produce beerlike odors, valine reactions produce characteristic rye-bread smells, and cysteine is the amino acid responsible for many meat and cracker scents

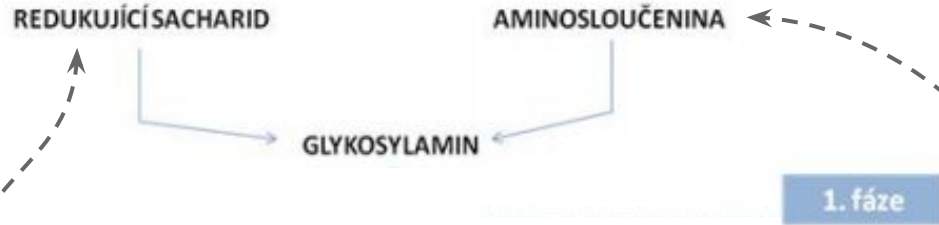
Aromas:	Caramel	Corny, Nutty, Bready
Structures:	Cyclic Enolones	N-Heterocyclics
		
Classes of Compounds:	Cyclopentenolones Cyclohexenolones "Furenolones" Pyrones	Pyrazines Pyrroles Pyrrolines $\Delta^2$ -Piperidine

Aromas:	Burnt	Variable
	pungent, empyreumatic	aldehydic, ketonic
Structures:	Polycarbonyls	Monocarbonyls
	$\alpha, \beta$ -Unsaturated Aldehydes $\text{—C:O—C:O—, =C—CHO}$	$\text{R—CHO, R—C:O—CH}_3$
Examples of Compounds:	Glyoxal Pyruvaldehyde Diacetyl Mesoxalic dialdehyde	Strecker aldehydes isobutyric isovaleric methional
	Acrolein Crotonaldehyde	2-Furaldehydes 2-Pyrrole aldehydes $\text{C}_3\text{—C}_6$ Methyl ketones



## Maillardova reakce

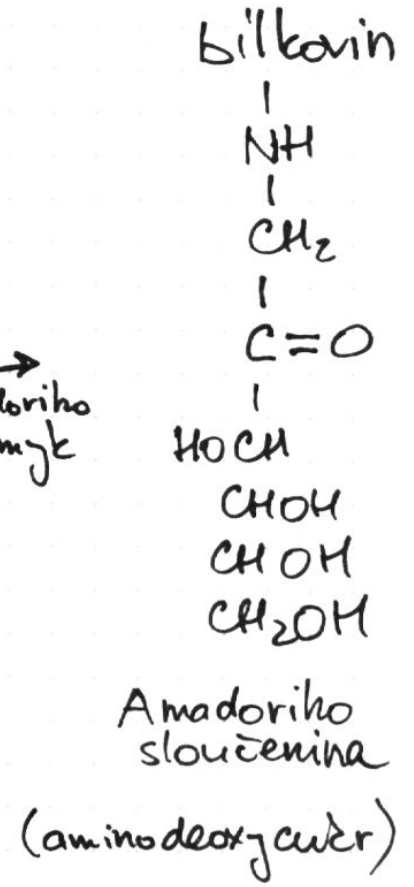
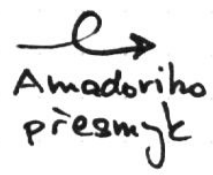
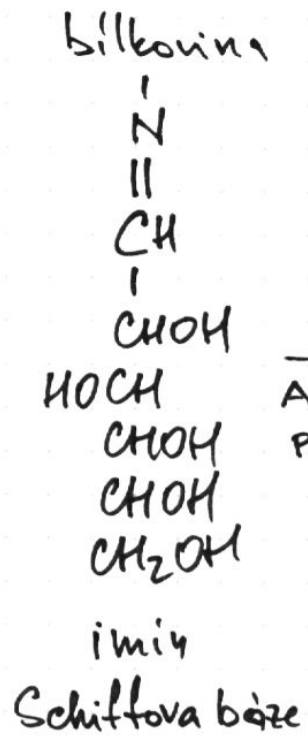
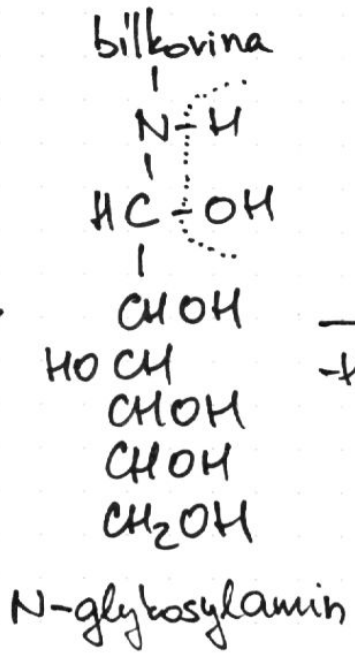
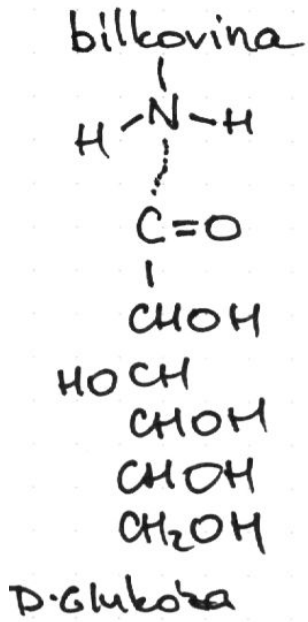
### 3 stupně Maillardovy reakce: 1. fáze



nejčastější **sacharidy**:  
glukóza, fruktóza, ribóza (maso), laktóza (mléko), maltóza (cereálie).

Vázané cukry (glykoproteiny, glykolipidy) a neredukující (sacharosa) se mohou účastnit po hydrolýze.

**Převážně volné aminokyseliny** a bílkoviny (ty nejvíce reagují  $\epsilon$ -aminoskupinou lysinu (je dobře dostupná), částečně i  $\alpha$ -skupiny)



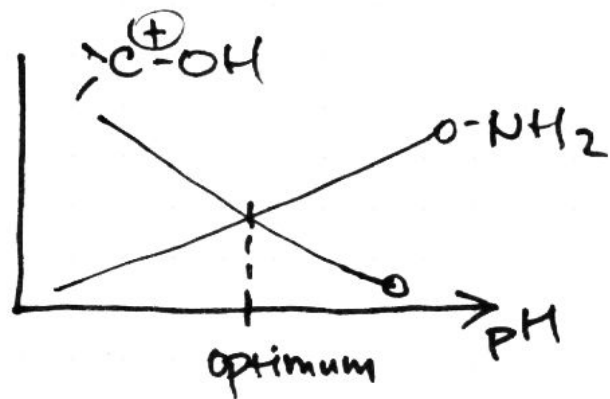
Začátek reakce mezi glukózou a obecnou bílkovinou:

- první fází vzniká glykosylamin,
- druhou fází Amadoriho sloučenina

Amadoriho sloučeniny se zbytky různých aminokyselin byly detekovány v mnoha tepelně zpracovaných potravinách (vč. sušeného ovoce, mléčných v.,)



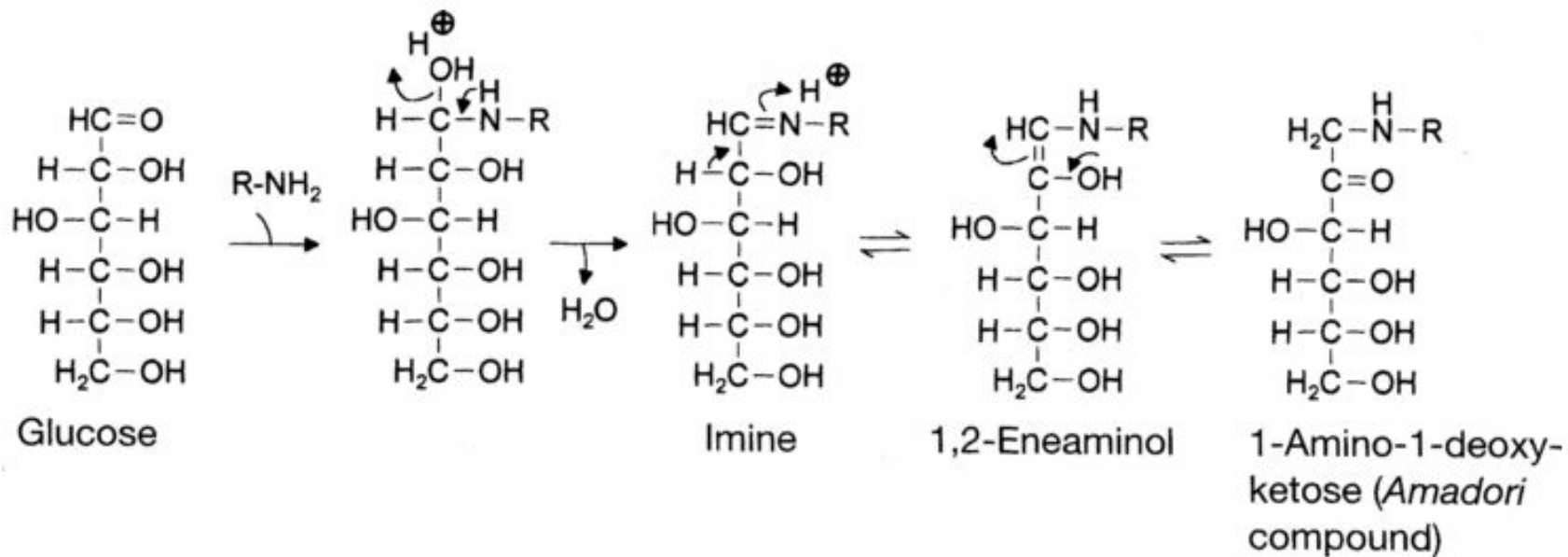
pH prostředí



Ze schématu vyplývá, že v kyselém prostředí se pravděpodobněji vyskytuje reaktivnější forma karbonylové skupiny, ale zase méně reaktivní aminoskupiny, takže ideální pH je někde uprostřed

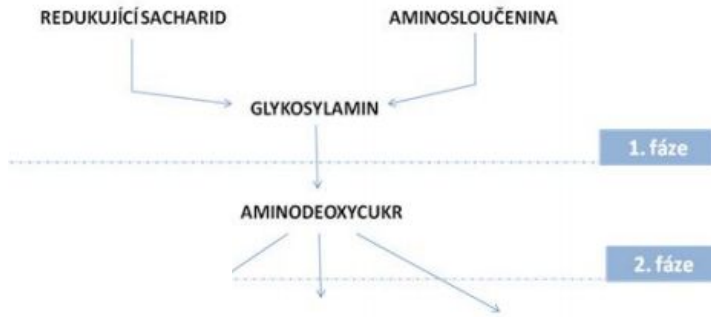


# Maillardova reakce

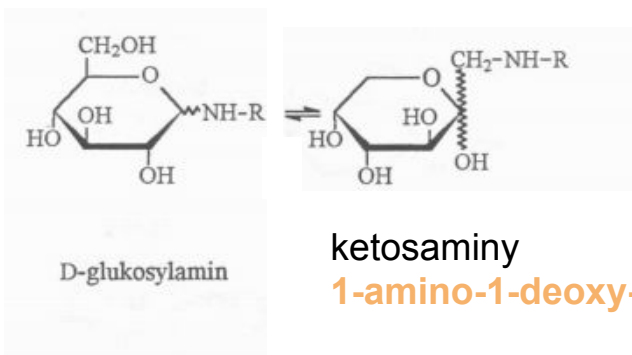




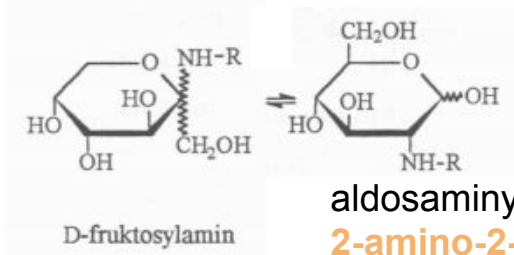
## Maillardova reakce



## Amadoriho přesmyk



## Heynsův přesmyk (přesmyk ketóz)

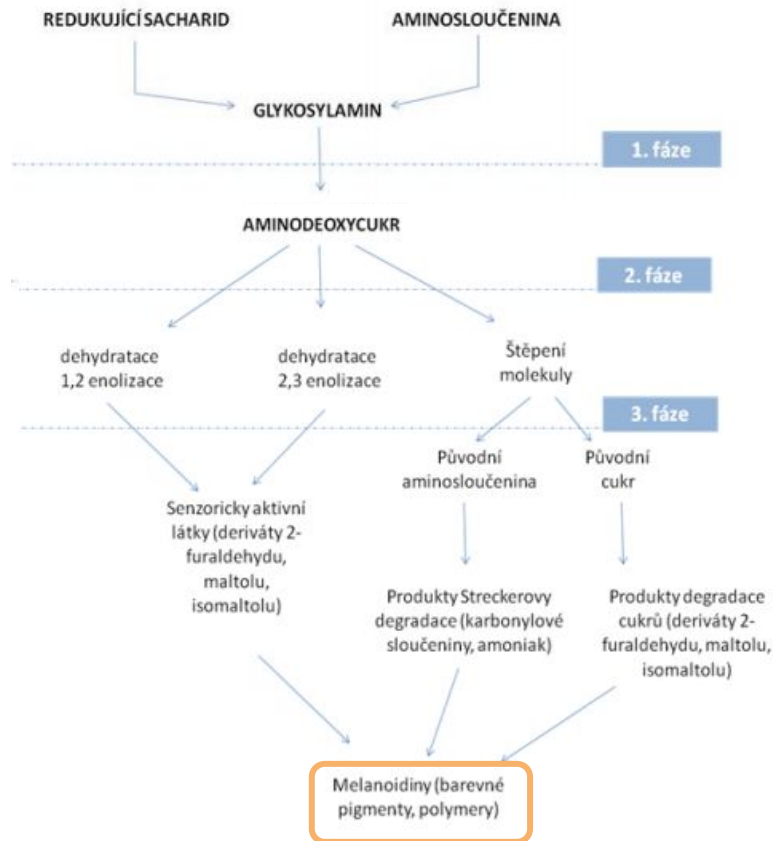


ketosaminy se vyskytují v tepelně upravených potravinách vč. sušeného ovoce, s.mléka, sójovce

„Kaneko, Kumazawa, and Nishimura (2011) reported that several Amadori rearrangement products (intermediates of the Maillard reaction), namely Fru-Val, Fru-Met, Fru-pGlu and pGlu-Gln, were the key compounds responsible for the umami taste of a typical Japanese soy sauce.“



## Maillardova reakce



# MAILLARD REACTION



PROCESS

32°F/0°C    70°F/21°C    212°F/100°C    250°F/110°C    300°F/149°C    330°F/166°C    400°F/204°C

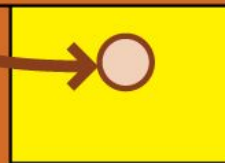
years? days  
flavor + rot

bland

maillard reaction  
flavor-full

caramelization  
sugary

burn  
no taste



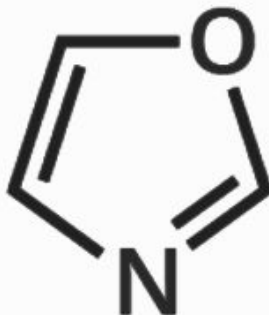
Overview of some classes of Maillard-derived flavour compounds

Compound class	Associated flavour/aroma	Food examples	Remarks
Pyrazines	Cooked, roasted, toasted, baked cereals	Heated foods in general	
Alkylpyrazines	Nutty, roasted	Coffee	
Alkylpyridines	Green, bitter, astringent, burnt	Coffee, barley, malt	Generally regarded as unpleasant
Acylpyridines	Cracker-like	Cereal products	
Pyrroles	Cereal-like	Cereals, coffee	
Furans, furanones, pyranones	Sweet, burnt, pungent, caramel-like	Heated foods in general	
Oxazoles	Green, nutty, sweet	Cocoa, coffee, meat	
Thiofenes	Meaty	Heated meat	Typical for heated meat, formed from ribose and cysteine



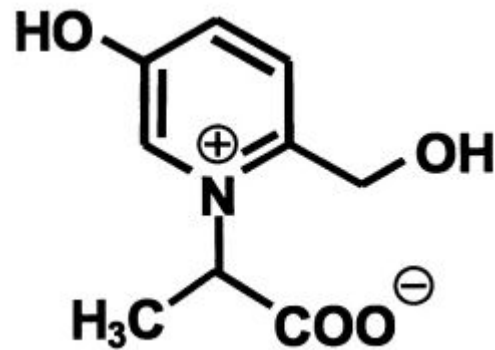
thiofeny

masová / pečení



oxazoly

oříšková / sladká



[alapyridin](#)

univerzální  
zvýrazňovač chutí  
(sám bez chut)



## Maillardova reakce

## Důsledky Maillardovy reakce

### melanoidiny

směs sloučenin,  $M_R > 1000$   
MR → dusíkaté melanoidiny  
někdy nežádoucí zbarvení

### antioxidanty

reduktory, struktury schopné vázat  
kovové ionty  
brání: žluknutí těsta, mraženého  
masa, suš. mléka

### nutriční změny

- + organolepticky výrazné sl.
- pečení, smažení → ztráty AMK

### toxikologické aspekty

heterocyklické aminy: mutageny,  
karcinogeny, sekundární aminy  
non-IQ: pyrolyzáty AMK  $> 300^\circ\text{C}$   
IQ: v mase (kreatin) při  $< 300^\circ\text{C}$   
zejména v povrchové části



## Maillardova reakce

## Důsledky Maillardovy reakce



### melanoidiny

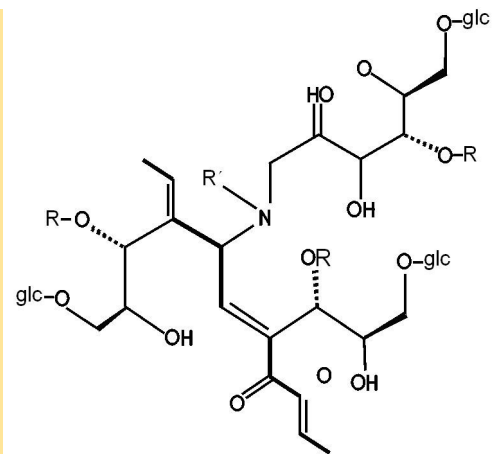
v prvních fázích MR: bezbarvé *premelanoidiny*  
v závěrečné fázi: barevné *melanoidiny*

#### nízkomolekulární

zejména v systémech s volnými amk

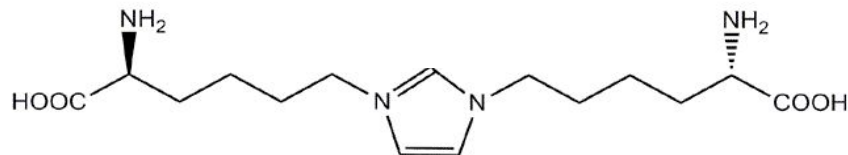
#### makromolekulární

-barevné, v systémech s bílkovinami, případně kondenzací  
-kovalentní vazba transformačních produktů cukrů  
na řetězcích bílkovin (zejména na Lys, Arg, Cys)



R: H; glc: (glc)<sub>n</sub>

základní struktura melanoidinů



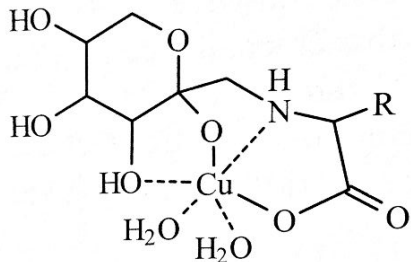
radikál *crosspy*: klíčový prekurzor melanoidinů v kůrce a kávě -  
typická molekula způsobující zesílení řetězců bílkovin





## Maillardova reakce

## Důsledky Maillardovy reakce



obecná struktura Amadoriho komplexu s kovy, které slouží jako katalyzátory oxidace

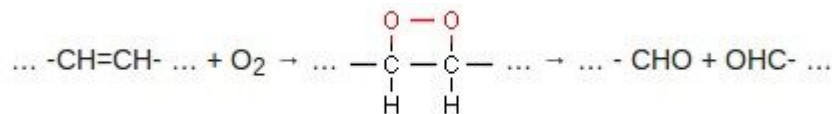
### antioxidanty

antioxidační vlastnosti jsou závislé na charakteru výchozích látek  
využívány i v průmyslové praxi

AMK: antioxidanty. Cukry a jejich transformáty: nevykazují vlastnosti a-o.  
Například však: přidavek Glc a amk do některých těst a masných výrobků zvyšuje stabilitu vůči oxidaci

### využití

stabilizace těsta  
skladování párek  
sušene mléko  
+přídavek antioxidantů → synergie



žluknutí (oxidace) MK



## Maillardova reakce

## Důsledky Maillardovy reakce

### nutriční změny

- kromě žádoucích změn (vůně, aroma, barva) i nežádoucích: netypická vůně, barva
- snížení nutriční hodnoty:

- ztráty aminokyselin (degradace, komplexace)
- snížení trávitelnosti bílkovin (příčné vazby)
- postiženy zejména lys a sirmé amk

Ztráty v první fázi (Shiffova báze) jsou vratné.

Přesmyk glykosylaminu na deoxycukr už je nevratný.

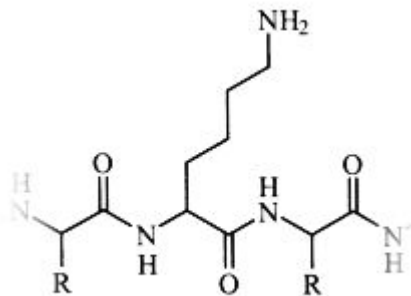
Amadoriho sloučeniny v potravinách = hlavní formy nevyužitelného lysinu.

Teplota a nízká aktivita vody: hlavní faktory.

(sušení, pečení, smažení, pražení).

Chleba: ztráty lys oproti mouce 10–15 %, kůrka až 70 %. sušené mléko: až 30 %.

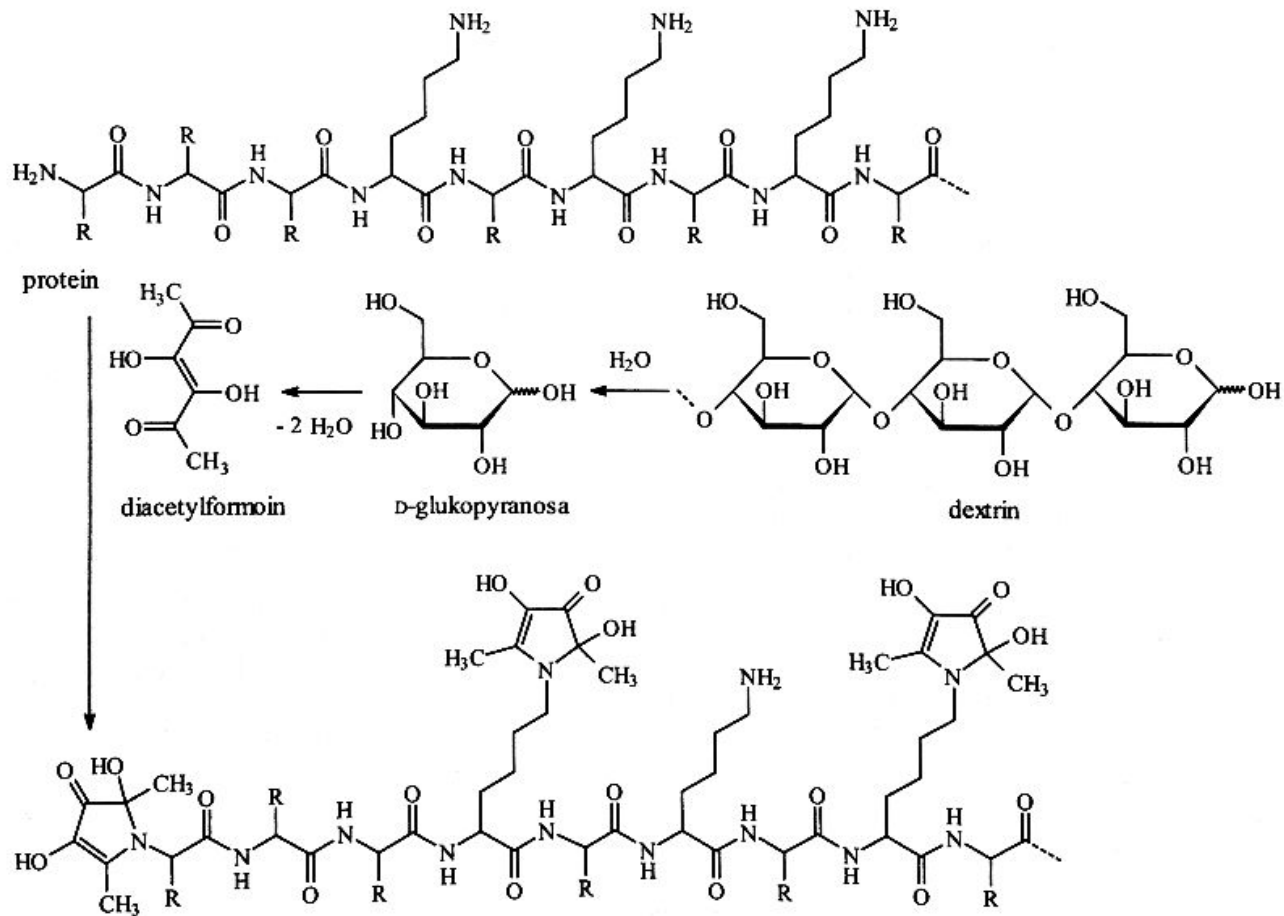
Melanoidiny s vysokým obsahem polysacharidů = prebiotika (kůrka, káva).



lysín v bílkovině a jeho vytrčená a tedy dobře dostupná aminoskupina



## Maillardova reakce

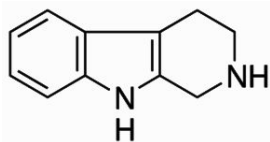


vazba pronyl-L-lysinu v chlebové kůrce  
jde o výrazný antioxidant, zároveň o nedostupný lysin

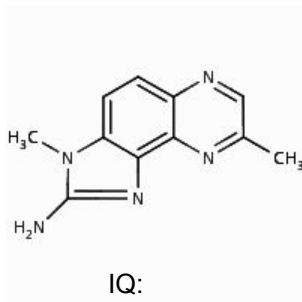


## Maillardova reakce

## Důsledky Maillardovy reakce



non-IQ:  
tetrahydropyridoindol



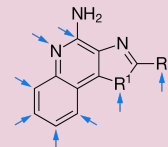
IQ:  
MeIQx

### toxikologické aspekty

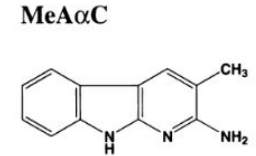
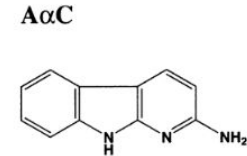
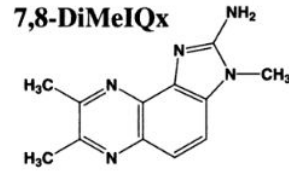
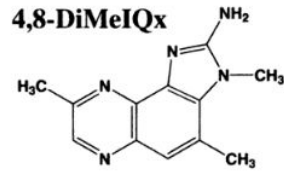
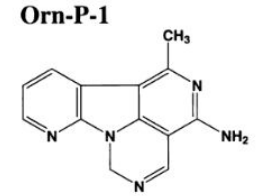
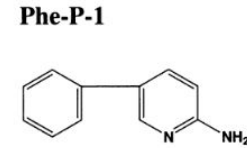
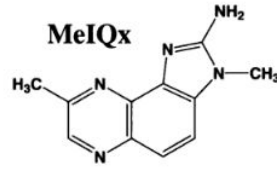
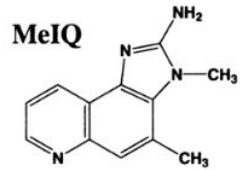
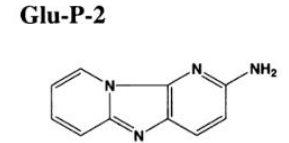
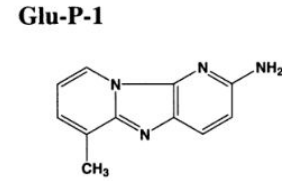
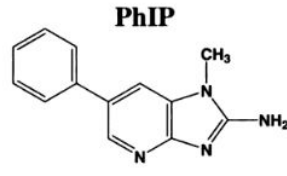
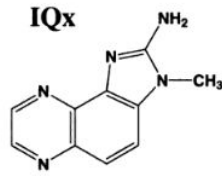
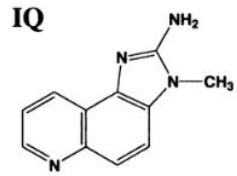
- vznikají mnohé toxické látky (klastogeny, mutageny a karcinogeny)
- zejména pyridoimidazoly, pyridoindoly, tetraazafluorantheny
- vznikají sekundární aminy (s kys. dusitou → nitrososlučeniny)

Odvěká představa: mutagenitu tabáku a připáleného masa → benzo(α)pyren, avšak i bazická frakce - **heterocyklické aminy (HA)**:

- **non-IQ mutageny**  
pyridoimidazoly, pyridoindoly  
vznikají hlavně >300 °C - izolovány v pyrolyzátech AMK
- **IQ mutageny**  
deriváty **imidazochinolinu**; aminoimidazochinoliny, aminoimidazochinoxaliny, aminoimidazopyridiny  
souhrně: aminoimidazoazaaren



→ Addition points for derivatives



IQ a non-IQ mutageny  
[\[S.S. Deshpande: Handbook of toxicology\]](#)



Maillardova  
reakce

## Důsledky Maillardovy reakce



### toxikologické aspekty

#### nonIQ a IQ mutageny:

vznikají i při grilování a roštování masa  
zejména v kůrce (odvod vody a kumulace AMK)  
prekurzor: kreatinin a produkty MR

hojně nalezeny v burgerech, steacích, grilovaném mase, rožněných rybách  
obsaženy také v pivu, vínu, cigaretovém kouři

#### možnosti snížení rizika

obsah mutagenů závislý na teplotě, době zpracování, aktivitě vody, pH  
přímý vs. **nepřímý ohřev** (gril vs. pára)

**antioxidanty** (flavanony aj.)

**marinování** (pouze pro vysoké teploty, marináda s obsahem cukru. Marinováním  
drůběžího v oleji a cukru a koření byl snížen obsah HA až o 90 %)

**vláknina** snižuje vstřebatelnost heterocyklických aminů



## Maillardova reakce

### ovlivnění průběhu reakce

#### hlavní faktory MR

- teplota
- doba reakce
- pH prostředí
- aktivita vody
- druh reaktantů
- dostupnost reaktantů

V potravinářské technologii je nutná optimalizace Maillardovy reakce, aby vznikaly ideální a vždy stejné produkty.

Složitost MR optimalizaci znesnadňuje faktory nepůsobí odděleně ale ovlivňují se.



## Maillardova reakce

## ovlivnění průběhu reakce

### faktory MR

➤ teplota

### Teplota ~ aktivační energie

vyšší aktivační energie = větší závislost na teplotě

AE MR 10 až 160 kJ/mol

AE závislá na aktivitě vody (AW)

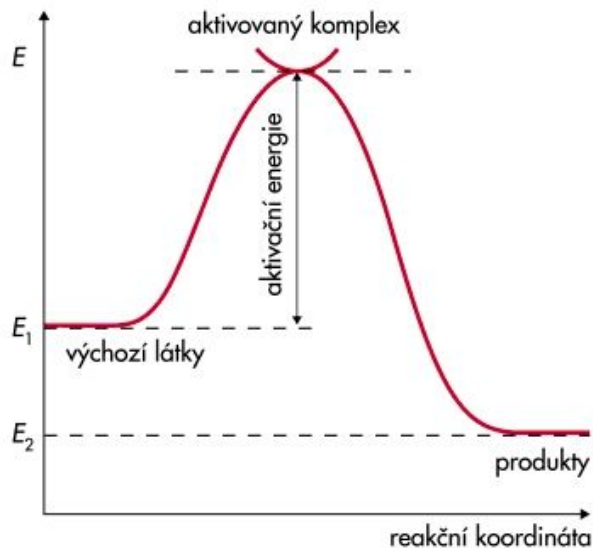
málo dostupné vody  $\Rightarrow$  vznik Amadoriho komplexů vyžaduje více tepla

AE závislá také na pH: obecně **MR roste s pH** (maximum při pH 9-10)

(jsou výjimky - např. lysin/glukóza vzrůstá s klesajícím pH)

teplota i pH ovlivňují nejen rychlost, ale i produkty

$\Rightarrow$  různé teploty ~ odlišné aroma potravin







## Maillardova reakce

## ovlivnění průběhu reakce

### faktory MR

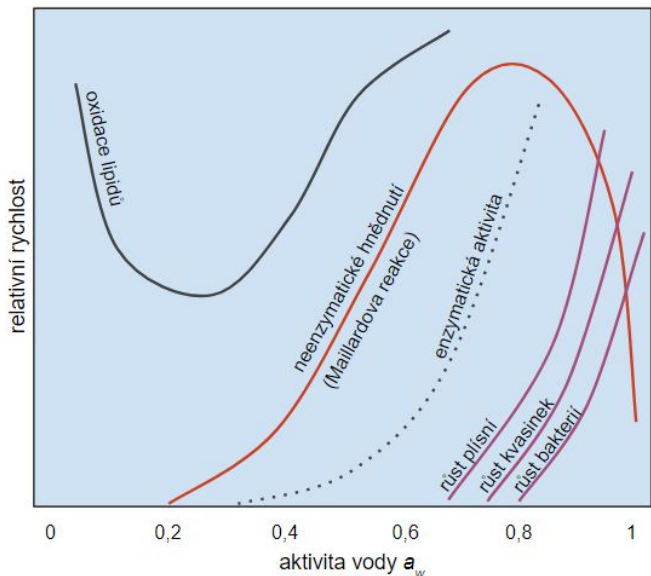
#### ➤ aktivita vody

### aktivita voda (AW - available water)

voda nevázaná, dosažitelná pro reakce i mikroorganismy

aktivita vody neodpovídá celkové vodě (poměr tlaku vodních par potraviny k tlaku par destilované vodě (0;1) )

Ideál pro MR: cca 0,7 , více→zředění, méně→imobilita, možnost regulace: glycerol



### Skupiny potravin podle aw

- potraviny velmi vlhké (HMF, high moisture foods): 1-0,9
- potraviny středně vlhké (IMF, intermediate): 0,9-0,6
- potraviny suché (LMF, low): <0,6

Minimální hodnota pro bakterie 0,90-0,91  
kvasinky 0,87-0,94  
plísně 0,70-0,80

převážná část MO inhibována < 0,60

vliv na trvanlivost (sušení, proslazování, solení)



## Maillardova reakce

## ovlivnění průběhu reakce

MR ne vždy žádoucí →

### **inhibice**

především vytváření  
nepříznivých podmínek

volba způsobu značně  
závisí na potravině a  
technologii

### **hlavní faktory MR**

- teplota
- doba
- pH prostředí
- aktivita vody
- druh reaktantů
- dostupnost reaktantů

**X**

### **inhibice MR**

- nižší teplota
- zkrácená doba
- změna pH
- obsah vody
- přidavek inhibitoru
- odstranění reaktantů



## Maillardova reakce

## ovlivnění průběhu reakce

### inhibice MR

- nižší teplota
- zkrácená doba
- změna pH
- obsah vody
- přidavek inhibitoru
- odstranění reaktantů

### příklady, kdy se hodí omezovat MR

sušená vejce: odstranění glukózy glukosaoxidasou

sušené ovoce: snížení teploty i času množstvím (hlavně v době s kritickým množstvím vody)

marmelády: menší objem → kratší ohřev ( $\frac{1}{3}$ ), menší rozsah štěpení sacharózy na glukózu

$\text{SO}_2$ ,  $\text{HSO}_3^-$ : blokace cukrů adicí na karbonyl, reakce s meziprodukty, konzervant, antioxidant



*jahodový jam vyráběný stejnou recepturou v různých objemech: produkt vyrobený v malé dávce má červenou barvu a ovocnější (méně karamelové) aroma*



Maillardova reakce

potravinářské technologie:  
klasické

## pražení



tradiční proces výroby kakaa, kávy, ořechů  
pražení kakaových bobů → 350+ těkavých sloučenin  
vliv podmínek i předchozí fermentace (uvolnění amk a sach.)

**pražení kávy:** vliv na výsledné senzorní vlastnosti

- rozklad redukujících sacharidů
- později MR i štěpy neredukujících oligo- a polysacharidů

## smažení, pečení



**nižší teplota pražení** → uvolňování red.sacharidů z polysacharidů vyšší než rozklad  
→ světlejší barva, 1% Glc, Fru

## sušení



**vyšší teplota pražení** → rozklad sacharidů (částečně na kyseliny) a vznik  
polymerních pigmentů → tmavé zbarvení, nakyslá chuť

současná praxe: rychlé pražení (>230°C po krátkou dobu)  
→ reakce sacharosu, avšak stále zachování polysacharidů → méně kyselin



Maillardova  
reakce

potravinářské technologie:  
klasické

pražení



**vaření, pečení, smažení**

pozitiva MR značně převažují - chlebová kůrka, aroma masa  
aromatické látky masa: předmět současného výzkumu  
negativa: HA, mutageny

smažení, pečení



**sušení** mléka, ovoce

- typicky negativní vliv MR

**Mléko** obsahuje laktosu a bílkoviny syrovátky → neenzymové hnědnutí během zpracování i skladování: ztráty lysinu až 30 % (limitující)

sušení



lysin + laktosa → příslušný glykosylamin (využitelný) → Amadoriho sl. (nevyuž.)  
následná degradace → pyridosin, furosín (indikátory stupně poškození mléka)

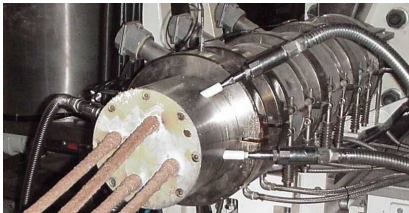
ztráta lysinu v sušeném mléce je důležitý parametr pro kojenecké výživy



Maillardova reakce

potravinářské technologie:  
klasické x nové

extruze



mikrovlnný ohřev



infračervený ohřev



Tradiční technologie se opírají o bohaté empirické zkušenosti.

**Nové technologie** je nutné optimalizovat pro dosažení srovnatelných výsledků.

### mikrovlnný ohřev

+rychlost (nejvyšší teplota však uvnitř → chabá kůrka i aroma)

řešení:

- umělá aromata
- natírání povrchu premixy (cukr+amk)
- kombinace s grilováním
- balení do absorpčních fólií (metalizovaný papír, regulace jeho tloušťky)

### IČ ohřev

ideální pro pečení masa, chleba, sušenek

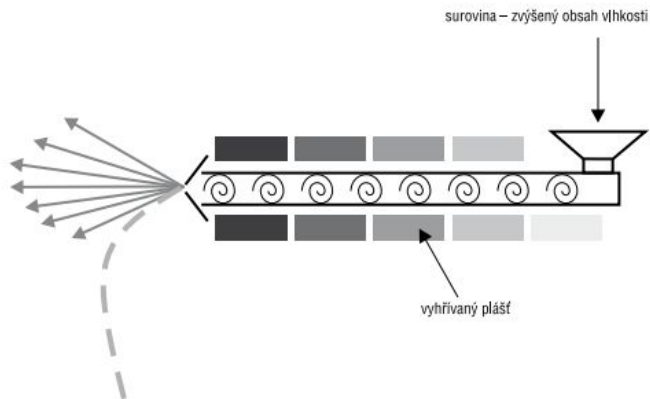
kratší čas pečení → úspora energie

senzoricky podobné výsledky



## Maillardova reakce

## potravinářské technologie: klasické x nové: extruze

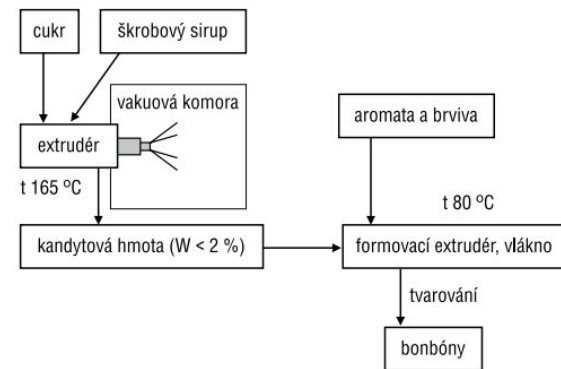


**Extruze** v současnosti velmi rozšířená (sušenky, cereálie). Krátká doba, vysoká teplota, tlak a stříhové síly.

vysoká teplota a nízká aktivita vody ⇒  
**příznivé podmínky MR**

### negativa:

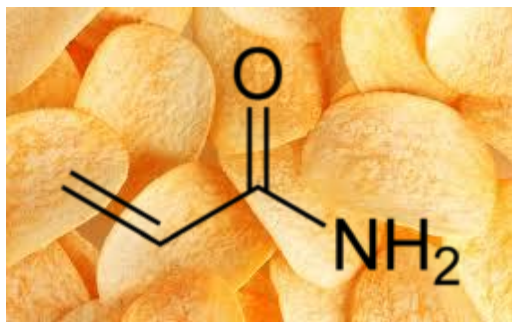
- ztráty lysinu až 50 % (avšak mnoho možností ovlivnění procesu)
- teplota  $< 180^{\circ}\text{C}$  vede ke ztrátám jen 15%
- nepřidávat redukující cukry (záměna za neredukující sacharózu např.)





Maillardova  
reakce

akrylamid v potravinách



*přesmažené bramborové chipsy  
jsou typickým zdrojem akrylamidu*

## Akrylamid

Známý zástupce toxických produktů vznikajících v rámci MR.

Sledován od r. 2002 (NFA, Swe)

Výskyt: smažené, pečené, grilované, pražené potraviny

Horní hranice příjmu dle WHO: 1 µg/kg těl hm.

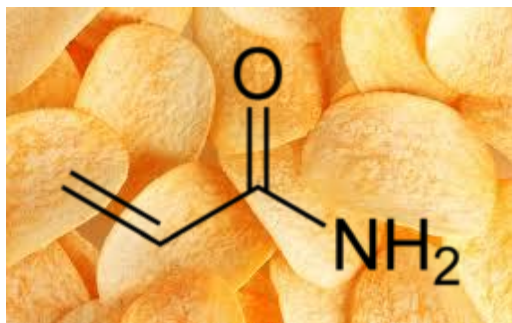
Běžný denní příjem 0,3–4 µg/kg těl hm.





Maillardova  
reakce

akrylamid v potravinách



*přesmažené bramborové chipsy  
jsou typickým zdrojem akrylamidu*

## Akrylamid

hlavní dietární zdroje v Evropě:

- smažené hranolky
- smažené chipsy
- káva
- pečivo, sušenky

poměr ovlivňuje složení potravního koše různých zemí  
(Švédsko převažuje káva, USA hranolky, u nás chipsy)



## Maillardova reakce

### Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs

EDEN TAREKE,<sup>†</sup> PER RYDBERG,<sup>†</sup> PATRIK KARLSSON,<sup>‡</sup> SUNE ERIKSSON,<sup>‡</sup> AND  
MARGARETA TÖRNQVIST<sup>\*,†</sup>

Department of Environmental Chemistry, Stockholm University, S-106 91 Stockholm, Sweden, and  
AnalyCen Nordic AB, Box 905, S-531 19 Lidköping, Sweden

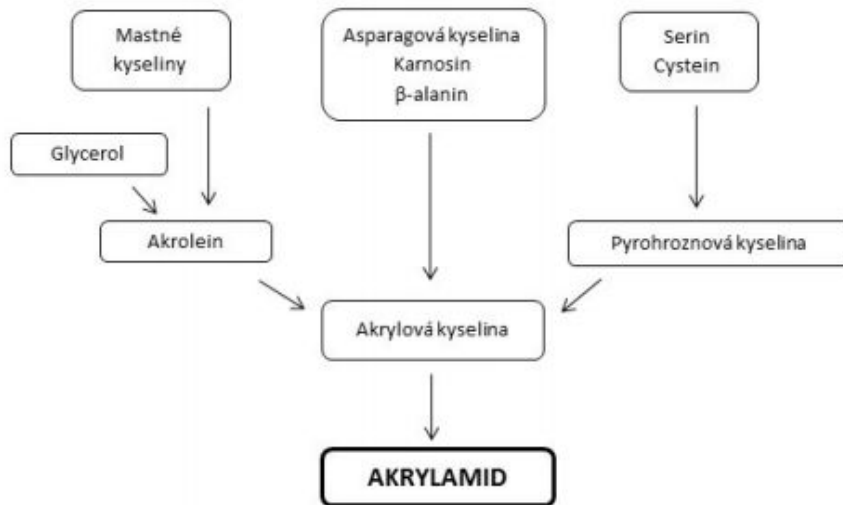
Reaction products (adducts) of acrylamide with N termini of hemoglobin (Hb) are regularly observed in persons without known exposure. The average Hb adduct level measured in Swedish adults is preliminarily estimated to correspond to a daily intake approaching 100  $\mu\text{g}$  of acrylamide. Because this uptake rate could be associated with a considerable cancer risk, it was considered important to identify its origin. It was hypothesized that acrylamide was formed at elevated temperatures in cooking, which was indicated in earlier studies of rats fed fried animal feed. This paper reports the analysis of acrylamide formed during heating of different human foodstuffs. Acrylamide levels in foodstuffs were analyzed by an improved gas chromatographic–mass spectrometric (GC-MS) method after bromination of acrylamide and by a new method for measurement of the underivatized acrylamide by liquid chromatography–mass spectrometry (LC-MS), using the MS/MS mode. For both methods the reproducibility, given as coefficient of variation, was  $\sim 5\%$ , and the recovery close to 100%. For the GC-MS method the achieved detection level of acrylamide was 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  and for the LC-MS/MS method, 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . The analytic values obtained with the LC-MS/MS method were 0.99 (0.95–1.04; 95% confidence interval) of the GC-MS values. The LC-MS/MS method is simpler and preferable for most routine analyses. Taken together, the various analytic data should be considered as proof of the identity of acrylamide. Studies with laboratory-heated foods revealed a temperature dependence of acrylamide formation. Moderate levels of acrylamide (5–50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) were measured in heated protein-rich foods and higher contents (150–4000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in carbohydrate-rich foods, such as potato, beetroot, and also certain heated commercial potato products and crispbread. Acrylamide could not be detected in unheated control or boiled foods ( $< 5 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Consumption habits indicate that the acrylamide levels in the studied heated foods could lead to a daily intake of a few tens of micrograms.

**KEYWORDS:** Acrylamide; analysis; mass spectrometry; cooking; food; carcinogen



Maillardova  
reakce

akrylamid v potravinách





Maillardova  
reakce

akrylamid v potravinách



## způsoby eliminace akrylamidu

- omezit nákup škrobnatých snacků
- nedávat brambory do ledničky
- snížit množství cukrů v bramborách
- blanširovat před smažením
- připravovat kratší dobu
- káva: AA moc omezit nelze

Výběr surovin	Návrh receptury	Návrh procesu	Vlastnosto hotového výrobku
<ul style="list-style-type: none"><li>• Používejte pouze vhodné (nízký obsah cukru) odrůdy brambor.</li><li>• Skladujte prostředí řízené teploty (&gt; 6 ° C) a vlhkosti vzduchu.</li><li>• Potlačte klíčení skladovaných brambor pomocí vhodných přípravků.</li><li>• Kontrolujte v továrně dodávky brambor.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Některé předem připravené látky mohou již obsahovat vysoké množství akrylamidu, který by mohl mít vliv na úroveň v konečném produktu.</li><li>• Silnější řez plátků může vést ke zvýšení akrylamidu, neboť vyžaduje větší tepelný příkon k vytvoření konečného produktu.</li><li>• Ppoužití některých složek, přidávaných do koření, může, kromě zlepšení chuti, kompenzovat světlejší barvu.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Optimalizované a přesně definované podmínky, fritování (živení oleje / teplota / čas fritování) zajistí produkci výrobků zlatohlavé barvy.</li><li>• Zavést zpětnou vazbu fritování v závislosti na vlhkosti.</li><li>• Barevná detekce na výstupu z fritézy/vytřídění vadných</li><li>• Mytí lupínků v teplé/horké vodě, aby se odstranily přebytečné cukry.</li><li>• Odpovídající škrábání. Redukující cukry se mohou nacházet těsně pod slupkou.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kontrola barvy / hnědnutí lupínků.</li></ul>

výňatek z brožury „nástroje pro řízení akrylamidu ve smažených bramborových lupínkách“ FoodDrinkEurope (Acrylamide toolbox)



# Maillardova reakce

# akrylamid v potravinách

Akrylamid je natolik populární, že ho analyzují jako hlavní chemické riziko v testech chipsů v běžných novinách.

Zde je například související [článek na idnes](#) (kde komentuje prof. Hajšlová)

**Bohemia Chips Horská sůl**

**1,4** 19 Kč Internáct Choustník  
vyráběno v Česku

smalžené bramborové lupínky  
složení: brambory, rostlinný olej, jedlá sůl  
cena: 31,90 Kč/165 g (Globus)

energetická hodnota: 2 260 kJ/100 g  
obsah tuku: 32,9 %  
akrylamid: 149 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 470 g, dítě 202 g**)  
(viz Protokol testu)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť středně bramborová, příjemná slaná, vůně příměsí slaná, bez cizích pachů, bez tmařých skvrn a ulomků.  
**Analýzy:** Hodně tuku, nízká množství akrylamidu.

**više testů**

**Tesco Value smalžené bramborové lupínky**

**2,0** 9 Kč Perri Crisps & Snacks Tmelená  
vyráběno v Německu

smalžené bramborové plátky  
složení: brambory (69 %), jedlý rostlinný olej, jedlá sůl (max. 2,5 %), balicí plyn (dušák)  
cena: 6,80 Kč/75 g  
koupeno: Tesco

energetická hodnota: 2 285 kJ/100 g  
obsah tuku: 32,5 %  
akrylamid: 465 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 159 g, dítě 65 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná slaná, bez cizích pachů, bez tmařých skvrn a ulomků.  
**Analýzy:** Hodně tuku, vysoké množství akrylamidu.

**Ikea Food Potatischips saltade**

**1,6** 19 Kč ve Švédsku pro Ikea  
vyráběno v Německu

smalžené bramborové lupínky  
složení: brambory (72 %), rostlinný olej, sůl 1,8 %  
cena: 29 Kč/150 g  
koupeno: IKEA

energetická hodnota: 2 103 kJ/100 g  
obsah tuku: 25,7 %  
akrylamid: 81 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 286 g, dítě 122 g**)

**Smyslové hodnocení:** Tvrdé, křupavé, ale méně slané, barva vyrovnaná, chuť po oleji a bramborách, bez cizích pachů, bez tmařých skvrn a ulomků.  
**Analýzy:** Hodně tuku, Nejméně akrylamidu.

**Tesco Value smalžené bramborové plátky**

**2,1** 35 Kč v Německu  
vyráběno v Německu

smalžené bramborové lupínky  
složení: brambory, rostlinný olej, jedlá sůl  
cena: 16,90 Kč/200 g  
koupeno: Penny

energetická hodnota: 2 160 kJ/100 g  
obsah tuku: 28,2 %  
akrylamid: 524 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 119 g, dítě 49 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná slaná, pach slabě po tuku.  
**Analýzy:** Hodně vysoké množství akrylamidu.

**Lay's v TV pack Salted**

**1,7** 19 Kč General Bottlers Praha  
vyráběno v Německu

smalžené bramborové lupínky  
složení: brambory, rostlinný olej (z toho 10 % slunečnicový), rostlinný tuk, rýžová mouka, pšeničný škrob, maltodextrin, emulgátor E471, sůl  
cena: 30,90 Kč/160 g  
koupeno: Tesco

energetická hodnota: 2 144 kJ/100 g  
obsah tuku: 26,8 %  
akrylamid: 291 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 240 g, dítě 74 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, žlábky, chuť typicky bramborová, příjemná slaná, vůně příměsí slaná, bez cizích pachů, bez tmařých skvrn a ulomků.  
**Analýzy:** Hodně tuku, Střední obsah akrylamidu.

**Bohemia Tradiční české brambůrky jemně solené**

**2,1** 20 Kč Internáct Choustník  
vyráběno v Česku

smalžené bramborové plátky  
složení: brambory, rostlinný olej, jedlá sůl  
cena: 17,20 Kč/160 g  
koupeno: Globus

energetická hodnota: 2 187 kJ/100 g  
obsah tuku: 31 %  
akrylamid: 612 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 275 g, dítě 119 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná slaná, vůně lehce po tuku, máve okraje.  
**Analýzy:** Hodně tuku, Střední množství akrylamidu.

**Albert Light Chips solené**

**1,8** 15 Kč Roger & Roger Belgie  
vyráběno v Německu

light smalžené bramborové lupínky  
složení: brambory, slunečnicový olej, jedlá sůl  
cena: 25,90 Kč/175 g  
koupeno: Albert

energetická hodnota: 2 014 kJ/100 g  
obsah tuku: 20,7 %  
akrylamid: 405 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 173 g, dítě 74 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná slaná, vůně mírně po tuku, bez tmařých skvrn a ulomků.  
**Analýzy:** Hodně vysoké množství akrylamidu.

**Pfiff Chips sůl**

**2,2** 9 Kč v Německu pro Normu  
vyráběno v Německu

křupavé bramborové lupínky jemně solené  
složení: brambory, rostlinný tuk, jedlá sůl  
cena: 45 Kč/150 g  
koupeno: Marks & Spencer

energetická hodnota: 2 232 kJ/100 g  
obsah tuku: 31 %  
akrylamid: 254 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 275 g, dítě 119 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná slaná, vůně lehce po tuku, máve okraje.  
**Analýzy:** Hodně tuku, Střední množství akrylamidu.

**Bona Vita křehké lupínky jemně solené**

**1,8** 31 Kč Pragojska Strančice  
vyráběno v Německu

smalžené lupínky - 75 % méně tuku  
složení: kousky brambor, bramborový škrob, rostlinný tuk, rýžová mouka, emulgátory (E 471 a sójový lecitin)  
cena: 22,90 Kč/175 g  
koupeno: Billa

energetická hodnota: 1 687 kJ/100 g  
obsah tuku: 7,1 %  
akrylamid: 382 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 183 g, dítě 79 g**)  
dítě 221 g)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná slaná, vůně lehce po oleji, bez tmařých skvrn a ulomků.  
**Analýzy:** Minimální množství tuku (nejde o pečený výrobek), Střední obsah akrylamidu.

**Marks & Spencer British potato crisps**

**2,2** 30 Kč ve Velké Británii  
vyráběno v Německu

ručně smalžené bramborové lupínky, jemně solené  
složení: moučkový sůl, slunečnicový olej, mořská sůl  
cena: 45 Kč/150 g  
koupeno: Marks & Spencer

energetická hodnota: 2 149 kJ/100 g  
obsah tuku: 27,1 %  
akrylamid: 227 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 308 g, dítě 132 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná slaná, pach vyrovnaný, vůně lehce po tuku, máve okraje.  
**Analýzy:** Mírně solí, Střední množství akrylamidu.

**Bona Vita křehké lupínky jemně solené**

**1,8** 31 Kč Pragojska Strančice  
vyráběno v Německu

smalžené lupínky - 75 % méně tuku  
složení: kousky brambor, bramborový škrob, rostlinný tuk, rýžová mouka, emulgátory (E 471 a sójový lecitin)  
cena: 22,90 Kč/175 g  
koupeno: Billa

energetická hodnota: 1 687 kJ/100 g  
obsah tuku: 7,1 %  
akrylamid: 382 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 183 g, dítě 79 g**)  
dítě 221 g)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná slaná, vůně lehce po oleji, bez tmařých skvrn a ulomků.  
**Analýzy:** Minimální množství tuku (nejde o pečený výrobek), Střední obsah akrylamidu.

**Spar Chips solené**

**2,8** 11 Kč Nel Vojkův pro Spar  
vyráběno v Česku

smalžené bramborové lupínky solené  
složení: vybrané odrůdy brambor, jedlý rostlinný olej, jedlá sůl (max. 2,5 %), balicí plyn, dušák E 941  
cena: 8,90 Kč/60 g  
koupeno: Interspar

energetická hodnota: 2 205 kJ/100 g  
obsah tuku: 29,2 %  
akrylamid: 900 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 77 g, dítě 33 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná, hodně mastná, pach po přehřátém tuku, tmavé okraje.  
**Analýzy:** Hodně tuku, vysoké množství akrylamidu.

**Tesco Chips Surfers solené**

**2,0** 21 Kč v Německu  
vyráběno v Německu

smalžené bramborové lupínky solené  
složení: brambory (54 %), rostlinný olej, jedlá sůl (3,8 %)  
cena: 34,90 Kč/170 g  
koupeno: Tesco

energetická hodnota: 2 307 kJ/100 g  
obsah tuku: 34,4 %  
akrylamid: 164 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 426 g, dítě 183 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná slaná, méně vyrazná, bez cizích pachů, bez tmařých skvrn a ulomků.  
**Analýzy:** Hodně tuku, nízké množství akrylamidu. Solí má (21 %), nel se uvádí na obale.

**Strážnické brambůrky jemně solené**

**3,3** 15 Kč Petz Hobas Strážnicko  
vyráběno v Česku

bramborové lupínky smalžené solené  
složení: brambory, rostlinný olej, jedlá sůl (max. 2,5 %), balicí plyn, dušák E 941  
cena: 16,90 Kč/100 g  
koupeno: Billa

energetická hodnota: 2 242 kJ/100 g  
obsah tuku: 32,4 %  
akrylamid: 747 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 94 g, dítě 40 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť příjemná, hodně mastná, pach po přehřátém tuku, tmavé okraje.  
**Analýzy:** Hodně tuku, hodně vysoké množství akrylamidu.

**Crusti Croc Chips Salz**

**2,0** 8 Kč v Polsku pro Lidl  
vyráběno v Německu

smalžené bramborové lupínky solené  
složení: brambory (54 %), rostlinný olej, jedlá sůl (3,8 %)  
cena: 11,90 Kč/150 g  
koupeno: Lidl

energetická hodnota: 2 317 kJ/100 g  
obsah tuku: 34,8 %  
akrylamid: 121 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 529 g, dítě 227 g**)

**Smyslové hodnocení:** Křehké, křupavé, barva vyrovnaná, chuť nevyrázná, bez cizích pachů, bez tmařých skvrn a ulomků.  
**Analýzy:** Hodně tuku, nízké množství akrylamidu.

**Clever Chips solené**

**3,8** 8 Kč Perri Crisps & Snacks Tmelená  
vyráběno v Česku

smalžené bramborové lupínky solené  
složení: vybrané odrůdy brambor, rostlinný olej, jedlá sůl (max. 2,5 %), balicí plyn, dušák E 941  
cena: 16,90 Kč/100 g  
koupeno: Billa

energetická hodnota: 2 373 kJ/100 g  
obsah tuku: 36,6 %  
akrylamid: 126 µg/kg (těchto chipsů tedy může denně sníst: **dosáhly 63 g, dítě 27 g**)

**Smyslové hodnocení:** Barva vyrovnaná, chuť výrazně slaná, pach po přehřátém tuku, tmavé skvrny, zelené zářežné díry.  
**Analýzy:** Hodně tuku, nízké množství akrylamidu.

**FAKTA**

**Protokol testu**

- Do testu jsme vybrali 18 vzorků chipsů od různých výrobců v ceněch od osmi do 40 korun za 100 gramů.
- Analýzy provedla akreditovaná Chemická a mikrobiologická laboratoř Bureau Veritas v Praze.
- Zjišťovala obsah soli, tuku, energetickou hodnotu, obsah vody (vlhkost) a peroxidové číslo, které vyjadřuje, jak dlouho, které výrobky vydrží, než začnou křupat.
- Zaměřila se i na obsah benzofenone, který vzniká při spalování tuku, a akrylamidu. Látky, která vzniká v potravinách při úpravě za vysokých teplot, například při smažení.
- Chipsy ohodnotili v laboratoři i smyslově. Při sensorickém hodnocení posuzovali vzhled, barvu, vůni, konzistenci a chuť.
- Cena za 100 gramů je přibližně z ceny balení a je zaoкругlena na celé koruny.
- Energetická hodnota, obsah tuku a akrylamidu vychází z analýzy. Akrylamid je uveden v mikrogramech na kilogram.
- Vzhledem k tomu, že akrylamid může být i nejdříve pravděpodobně příčinou rakoviny u lidí, doporučuje Světová zdravotnická organizace (WHO) přiměřeně snížit maximálně 1 mikrogram na kilogram tělesné váhy člověka. Pro lepší představu: 10 kg dítě, 70 kg člověk. Je akrylamid podpojí vznik rakoviny.
- Test trvala několik MF DNES ze svého rozpočtu.
- Do testu chystá se můžete dovézt! I 6. října ve 12:30 hodin v pokloze odjezd televizní Sana doma na CT1.
- Znakma testu: vysoké množství akrylamidu - 30 %, obsah soli - 15 %, obsah tuku - 10 %, energetická hodnota - 5 %, kvalita tuku 5 %.



INFORMAČNÍ CENTRUM  
BEZPEČNOSTI POTRAVIN

PŘIHLÁŠE



BEZPEČNOST POTRAVIN V ČR

KONTROLA POTRAVIN A KRMIV

EFSA

O NÁS

KONTAKTY

PRACOVNÍ SKUPINY

SYSTÉM RYCHLÉHO VAROVÁNÍ  
PRO POTRAVINY A KRMIVA  
(RASFF)

[Aktuality\\_DO](#) > [Aktuality\\_DO](#)  
[Aktuality](#) > [Aktuality](#)

## Pražští hygienici monitorovali množství akrylamidu v hranolcích určených k přímé spotřebě

Vydáno: 3.1.2020  
Autor: HSHMP



### K výsledkům kontroly

Z celkem odebraných 15 vzorků došlo jen ve 2 případech ke zjištění hodnoty akrylamidu vyšší než porovnávací hodnota 500 µg/kg. Poprvé se jednalo o hodnotu 622 µg/kg (*tato hodnota se nachází v intervalu nejistoty měření ± 30%*). Podruhé šlo o hodnotu 1331 µg/kg.

V obou případech byli provozovatelé vyzváni, aby stanovili opatření za účelem dosažení množství akrylamidu na co nejnižší rozumně dosažitelnou míru. Provozovatelé následně opatření skutečně předložili. V obou případech byla účinnost těchto opatření ověřena kontrolním odběrem vzorků hranolků. Výsledky laboratorních vyšetření již ukázaly hodnotu akrylamidu nižší než porovnávací hodnota 500 µg/kg.



# Maillardova reakce

