

Vliv kulinárních úprav potravin na vznik toxických látek

Jan Kouba

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan KOUBA**
Osobní číslo: **T09349**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv kulinárních úprav potravin na vznik toxických látek**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručné rozdělení základních technologických postupů přípravy pokrmů.
2. Přeměny a degradace základních živin při kulinárních úpravách spojené se vznikem méně nutričních či nebezpečných látek.
3. Formulace závěrů práce.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. Chemie potravin I., OSSIS, Tábor, 2009, ISBN 978-80-86659-15-2.

[2] KREJČÍ, P., FORMAN, Základy technologie přípravy pokrmů, 1. Vyd. Zlín, Universita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 149 s.

[3] Ing. PETR ČIPERA, Ing. JOSEF KREUZIGER, Základy technologie přípravy stravy. 5. Vyd. VVŠ PV Vyškov, 2001, 49 s.

[4] Prof. Dr. Med. H. Lüllmann, Prof. Dr. Med. K. Mohr, Prof. Dr. Med. Martin Wehling, Farmakologie a Toxikologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003, 728 s.

[5] BESARATINIA, A., PFEIFER, P., G., A review of mechanisms of acrylamide carcinogenicity. Carcinogenesis, 2007, 28, 519-528.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin


Datum zadání bakalářské práce:

10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

16. května 2014

Ve Zlíně dne 11. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UIB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UIB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně15.5.2014

Kouba Jan

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na základní technologické postupy přípravy pokrmů a předběžnou a tepelnou přípravu pokrmů. Zabývá se kulinárními úpravami a jejich vznikem toxických a nežádoucích látek v potravinách. Popisuje toxické látky vznikající při tepelných úpravách sacharidových, lipidových nebo bílkovinných složek potravin.

Klíčová slova: kulinární úpravy, denaturace, Maillardovy reakce, akrylamid, N-nitrozaminy, akrolein

ABSTRACT

The thesis is focused on the basic technological processes of food preparation and pre-conventional and heat preparation of food. The thesis deals with the culinary modifications and the formation of toxic and undesirable substances in food. It described toxic substances resulting from the heat adaptations of carbohydrate, lipid or protein food ingredients.

Keywords: culinary treatment, denaturation, Maillard reaction, acrylamid, N-nitrosamine, acrolein

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Be. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení, spolupráci, trpělivost a cenné rady, které mi poskytovala v průběhu vypracování mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Datum: 15.5.2014

Kouba Jan

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ZÁKLADNÍ TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PŘÍPRAVY POKRMŮ	11
1.1 ÚVOD DO GASTRONOMIE	11
1.2 PŘÍPRAVA POTRAVIN	11
1.2.1 Předběžná příprava potravin	12
1.2.2 Tepelné opracování potravin.....	12
1.2.2.1 Princip mikrovlnného ohřevu	15
1.2.2.2 Konvektomaty.....	16
1.2.3 Další formy přípravy a opracování potravin	17
2 TOXICKÉ LÁTKY VZNIKAJÍCÍ PŘI TEPELNÝCH ÚPRAVÁCH SACHARIDOVÝCH SLOŽEK POTRAVIN	18
2.1 KAMELIZACE JEDNODUCHÝCH SACHARIDŮ.....	18
2.2 VZNIK DERIVÁTŮ FURANU A PYRANU.....	20
2.3 MAILLARDOVY REAKCE	22
2.4 IZOMALTOL A MALTOL	28
2.5 TVORBA AKRYLAMIDŮ V POTRAVINÁCH	29
3 TOXICKÉ LÁTKY VZNIKAJÍCÍ PŘI TEPELNÝCH ÚPRAVÁCH LIPIDOVÝCH SLOŽEK POTRAVIN	33
3.1 SMAŽENÍ	33
3.1.1 Změny tuků při smažení.....	33
3.1.2 Změny tuků při tepelné úpravě potravin	35
3.1.2.1 Akrolein	35
4 TOXICKÉ LÁTKY VZNIKAJÍCÍ PŘI TEPELNÝCH ÚPRAVÁCH BÍLKOVINOVÝCH SLOŽEK POTRAVIN	38
4.1 VZNIK N-NITRÓZAMINŮ	38
5 POLYCYKlickÉ AROMATICKÉ UHLOVODÍKY	41
ZÁVĚR	44
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	49
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM TABULEK	51
SEZNAM PŘÍLOH	52

ÚVOD

Na biologickou hodnotu stravy má značný vliv způsob její přípravy. Většina potravin se nepožívá v původním stavu, nýbrž po určité úpravě, spojené zpravidla s tepelným opracováním. Cílem této práce je poukázat na vznik nežádoucích až toxických látek při tepelných a kulinárních úpravách, při kterých mohou vznikat látky pro lidské tělo a zdraví nežádoucí. Vznik nádorů a všech nemocí spojených se špatnou tepelnou úpravou a stravováním je v dnešní době aktuální.

Tepelné úpravy jako je smažení a pečení, kde probíhají vysoké teploty, při kterých se přepalují tuky a vznikají tak nežádoucí látky pro lidský organizmus, někdy i toxické jsou dnešním, ale i do budoucna velkým problémem. Při zpracování potravin za vyšších teplot, např. pečením, smažením, grilováním, pražením dochází k rozkladu aminokyselin za vzniku mnoha různých produktů. Toxické (karcinogenní) nitrosloučeniny vznikají při reakci aminokyselin obsahujících sekundární aminoskupinu (N-alkylaminokyseliny nebo aminokyseliny) s dusitanem, resp. kyselinou dusitou či s oxidem dusíku.

Změny sacharidů (glukózy, sacharózy, škrobu, pektinu a dalších) při tepelné úpravě mají významný vliv především na sensorickou hodnotu (zejména na vůni a barvu) a na stravitelnost pokrmu a dají se technologickými podmínkami při úpravě potravin velmi ovlivnit. Ze sacharidových složek potravin za vyšších teplot mohou vznikat deriváty furanu a pyranu, rozjíždějí se Maillardovy reakce v přítomnosti dusíkatých látek, vznikají izomaltol a maltol nebo až akrylamid.

Při delším působení vysokých teplot vznikají z mastných kyselin oligomery a polymery, z nichž některé jsou podezřívány z karcinogenního působení. Nejnebezpečnější produkty vznikají při teplotách nad 200 °C a je-li teplota vyšší než 300 °C dochází k hlubokému rozkladu tuků za vzniku uhlovodíků, mezi nimiž byly nalezeny i karcinogeny. Při teplotách nad 300 °C se tuky rozkládají (přepalují) za vzniku nepříjemně páchnoucích, zdraví škodlivých produktů, z nichž nejznámější je akrolein.

Při zpracování potravin za vyšších teplot, např. pečením, smažením, grilováním, pražením dochází k rozkladu aminokyselin za vzniku mnoha různých produktů. Toxické (karcinogenní) nitrosloučeniny vznikají při reakci aminokyselin obsahujících sekundární aminoskupinu (N-alkylaminokyseliny nebo aminokyseliny) s dusitanem, resp. kyselinou dusitou či s oxidem dusíku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PŘÍPRAVY POKRMŮ

Základními technologickými postupy přípravy pokrmů rozumíme klasické způsoby úprav, které jsou v převážné většině restauračních zařízení stále používány. Dobrá znalost přípravy těchto pokrmů je předpokladem i pro správnou obsluhu moderních zařízení, která ve svých programech z těchto základů vycházejí. Jsou předpokladem pro kalkulace, pro počítačové programy výrobních zařízení a součástí programů pro konvektomaty, ale i mikrovlnné trouby a další moderní pomocníky ve výrobě [1].

Při přípravě pokrmů je také nutné snížit obsah kontaminantů (chemické látky aj. dostávající se do potravin zemědělskou činností, ze znečištěného životního prostředí ap.) i přirozených toxických látek (vyskytujících se v potravinách, zejména rostlinného původu přirozeně) na minimum [2].

Kuchyňskou úpravou dochází k přeměně potravin v pokrm, tedy ke zvýšení stravitelnosti, chutnosti, využitelnosti živin, ke změně vzhledu (při správné přípravě příznivé), zdravotní nezávadnosti. Je to velmi složitý proces, při kterém je třeba dbát, aby nevznikly zbytečné ztráty na živinách a ostatních složkách potravin, pro výživu člověka nezbytných. K tomu slouží i pozměněné technologické úpravy a moderní pomocníci ve výrobě [1].

1.1 Úvod do gastronomie

Hlavním cílem gastronomie je uspokojování stravovacích služeb. Správné stravování na základě výživových potřeb je základem vývoje člověka již od dětství a má velký význam pro rozvoj a zlepšení pracovních i duševních schopností spolu se zachováním dobrého zdraví v dospělosti a stáří. Při tvorbě každé nové gastronomické kreace je třeba vycházet z jejího historického vývoje. Odráží se v ní proto tradice spojená s ustavičným pokrokem, rysy jednotlivých kultur, prostředí z nichž vyšla, vkusu, fantazie, ale i možností, v jejichž rámci se vytvářela. Objevili se přitom také gastronomičtí géniové, kteří postihli vývojový trend gastronomie a stanovili pravidla stolování, z nichž některá platí dodnes [1].

1.2 Příprava potravin

Na biologickou hodnotu stravy má značný vliv způsob její přípravy. Většina potravin se nepožívá v původním stavu, nýbrž po určité úpravě, spojené zpravidla s tepelným

opracováním. Přípravu potravin na hotový pokrm lze rozdělit do dvou hlavních fází, a to na:

- předběžnou přípravu potravin,
- tepelné opracování potravin [3].

1.2.1 Předběžná příprava potravin

Během předběžné přípravy dochází k různým biochemickým pochodům účinkem některých enzymů, kvasinek, bakterií nebo chemických látek, např. při kynutí těsta, zrání masa nebo nakládání, čímž se mění struktura, popřípadě chuť potravin. Nešetrným okrajováním slupek se zbavují potraviny důležitých vrstev, obsahujících zpravidla vitaminy a minerální látky či dnes ceněnou vlákninu. Nesprávným omýváním a dlouhým máčením se podporuje vyluhování základních živin. Nejvíce jsou ztraceny bílkoviny, minerální látky rozpustné ve vodě, vitaminy skupiny B a vitamin C [3].

Předběžnou úpravu základních druhů potravin lze rozdělit do několika základních skupin:

- předběžná úprava ovoce, zeleniny a brambor,
- předběžná úprava masa,
- předběžná úprava ryb,
- předběžná úprava drůbeže,
- předběžná úprava zvěřiny.

1.2.2 Tepelné opracování potravin

Tepelnou úpravou dosahujeme lepší stravitelnosti (mění se struktura a uvolňuje se tuhá konzistence syrových potravin, čímž je usnadněno jejich trávení). Teplem se ničí značná část nežádoucí mikroflóry, tepelně připravená potravina může být zcela zbavena mikrobiálních zárodků. To má velký význam pro ochranu stravovaného kolektivu před přenášením nálezů potravinami. Kategorickým požadavkem proto je, že tepelně zpracované potraviny nesmějí přicházet do styku se surovinami [3].

Příprava potravin teplem má i své nevýhody. Odnímá potravinám vodu a může je zároveň ochudit o živné látky, které se vodou vyluhují. Působením tepla se uvolňují plyny, mění se barviva, srážejí se bílkoviny, bobtnají škroby a pektiny, tvoří se aromatické látky

(pražením), mění se energetická a nutriční hodnota pokrmů (ničí se některé vitaminy). Vyšší teplotou vznikají i toxické a lidskému zdraví škodlivé látky (např. karcinogeny při přepalování tuku). Poměrně odolné proti teplu jsou vitaminy A, B₂, D a K. Správnou technologií kuchařské přípravy lze tyto změny a ztráty usměrnit, omezit nebo zmenšit [3].

Nativní konformace globulárních bílkovin (kvarterní, terciární a sekundární) a tím i jejich vlastnosti se mění již mírným účinkem různých fyzikálních faktorů a chemických činidel. Primární struktura proteinu zůstává zachována. Tyto konformační změny mohou být vratné neboli reverzibilní. Změny konformace proteinů však bývají obvykle nevratné (ireverzibilní). Důsledkem těchto změn je ztráta biologické aktivity a původní funkce proteinu. Denurací se struktura proteinu mění v méně uspořádanou. Nové, původně nepřístupné funkční skupiny mohou interagovat s vodou, a proto mnoho bílkovin vykazuje v denaturovaném stavu zvýšenou schopnost vázat vodu (o 30 až 45 %). Denaturace je často provázena koagulací proteinů, která je důsledkem agregace molekul proteinu, neboť funkční skupiny bílkovin reagují sami se sebou, čímž se snižuje počet funkčních skupin schopných vstupovat do interakcí s vodou. V takovém případě naopak schopnost bílkovin vázat vodu denurací klesá. Denuraci vyvolávají fyzikální faktory (nejčastěji změny teploty, tlaku, působení ultrazvuku, pronikavé elektromagnetické záření aj.). Denaturace chemickými činidly nastává např. v přítomnosti solí, kyselin, zásad, resp. změnami pH nebo v přítomnosti povrchově aktivních látek. Aktivační energie denaturace teplem je závislá na teplotě (příp. množství přítomné vody) a ve srovnání s enzymově katalyzovanými reakcemi je velmi vysoká [4,5,6,7,8].

Např. při tepelné denuraci mléčných proteinů β -laktoglobulinu a α -laktalbuminu je při pasteraci (teplotě 80 °C) aktivační energie denaturace přibližně 270 kJ.mol⁻¹, zatímco při sterilaci (při teplotě > 100 °C) je aktivační energie denaturace asi 60 kJ.mol⁻¹. Sýrovátkové (sérové) proteiny tvoří asi z 50 % globulární protein β -laktoglobulin. Vyskytuje se ve třech genetických variantách. V mléce je přítomen jako dimer. Při záhřevu (také v přítomnosti vysokých koncentrací vápenatých iontů a v prostředí o pH > 8,6) nevratně denaturuje. Termicky částečně denaturovaný protein reaguje prostřednictvím zpřístupněné jediné tiolové skupiny s dalšími mléčnými proteiny (κ -kaseinem, α -laktalbuminem) za vzniku dimerů spojených disulfidovou vazbou [8].

K prvním změnám konformace proteinů masa při teplem zpracování dochází již při teplotách kolem 35 °C, kdy sarkoplazmatické proteiny asociují na nestabilní struktury, snižuje se vaznost masa a zvyšuje se jeho tuhost. První viditelné změny nastávají zhruba

při 45 °C, kdy dochází ke zkrácení svalů při denaturaci myozinu, při 50 až 55 °C denaturuje aktomyozin a v rozmezí teplot 55 až 65 °C sarkoplazmatické bílkoviny. Vznikají stabilní asociované struktury a pevný gel. Při teplotách 60 až 65 °C, kdy koagulace proteinů dosahuje maxima, dochází současně ke změnám konformace (smrštění na třetinu až čtvrtinu původní délky) molekul kolagenu (u rybího masa již asi při 45 °C). Při teplotách nad 80 °C jsou koagulovány prakticky všechny myofibrilární a sarkoplazmatické proteiny, volné tiolové skupiny aktomyozinu se oxidují na disulfidové. Při teplotách nad 90 °C kolagen želatinuje a zvyšuje se vaznost masa. Při teplotách nad 100 °C (při vaření masa) dochází také k některým chemickým změnám v molekule proteinů. Významná je zejména tzv. desulfurace a deaminace proteinů [8].

Při termickém zpracování potravin při teplotách kolem 150 °C (např. pečení) probíhají mnohem komplexnější reakce než při teplotě 100 °C. Jejich důsledkem je jistá ztráta všech aminokyselin, ale také vznik typických vonných a chuťových látek. Při teplotách kolem 200 °C a vyšších (např. v povrchových vrstvách masa při pečení, smažení, grilování aj.) již dochází také ve větším rozsahu k izomerizaci nativních L-aminokyselin a vznikají odpovídající D-aminokyseliny a málo obvyklé aminokyseliny jako je lyzinoalanin. Z některých aminokyselin (např. tryptofan) vznikají také toxické produkty. Ty se vyskytují ve významném množství např. v připáleném mase [8].

Při želatinaci škrobu (mazovatění), škrobová zrna jsou ve studené vodě nerozpustná a směs tvoří suspenzi. Při zahřevu množství absorbované vody roste, dochází pouze k inhibici a příjmu vlhkosti bez změny objemu. Bobtnání je reverzibilní proces, který funguje jen do určité teploty, tzv. počáteční želatinační teplota (obvykle 50 až 70 °C). Při želatinaci jsou změny škrobových zrn nevratné, tepelným pohybem se přeruší stávající vazby a volná vazebná místa interagují s vodou. Jako důsledek hydratace a uvolnění amylozy z granulí roste viskozita, při dostatečné koncentraci škrobu vzniká viskózní škrobový maz. Jeho ochlazením opět roste viskozita (obnova H-vazeb mezi makromolekulami amylozy a amylopektinu), dochází ke vzniku pevné trojrozměrné sítě, vzniká škrobový gel.

Někdy je uvolňování amylozy do prostředí nežádoucí např. při vaření rýže, těstovin, kdy uvolněná amyloza způsobuje lepivost. Při konzervaci ovoce s vyšším obsahem škrobu vznikají viskózní nálevy. Při skladování bramborových hlíz při teplotě kolem bodu mrazu dochází ke vzniku sladké chuti vlivem enzymové hydrolýzy škrobu [9].

Tepelné úpravy potravin mohou rovněž vést k tvorbě složek nežádoucích. Jednou z nich, která si v posledních letech získala značnou pozornost ve vědeckých kruzích a v médiích, je akrylamid [4]. Původně byl znám pouze z průmyslového využití ve výrobě plastických hmot, lepidel, papíru a kosmetických přípravků. Bylo zjištěno, že tato látka se chová jako neurotoxin, což znamená, že ve vysokých dávkách má schopnost poškozovat nervové tkáně. U živočichů bylo prokázáno, že vysoké dávky akrylamidu mohou vyvolat rakovinu a negativně ovlivňovat reprodukci [4].

Podle toho, jak vysoká je teplota a jak dlouho teplo na potraviny působí, i podle prostředí, ve kterém působí, rozeznáváme tyto základní formy tepelné úpravy:

- vaření – teplo dodáváme vodou, kde je potravina ponořena (zelenina, brambory, těstoviny),
- dušení – teplo dodáváme párou a tukem (zelenina, rýže, luštěniny, maso, vnitřnosti),
- pečení – teplo dodáváme horkým vzduchem a tukem (maso vepřové, drůbež, moučníky),
- smažení – teplo dodáváme horkým tukem (bramborové přílohy, maso, moučníky),
- mikrovlnný ohřev – působení vysokofrekvenční mikrovlnné energie (polotovary, zmražené potraviny).

Každý z uvedených způsobů tepelné přípravy má ještě své obměny a lze je i různě kombinovat [3].

1.2.2.1 Princip mikrovlnného ohřevu

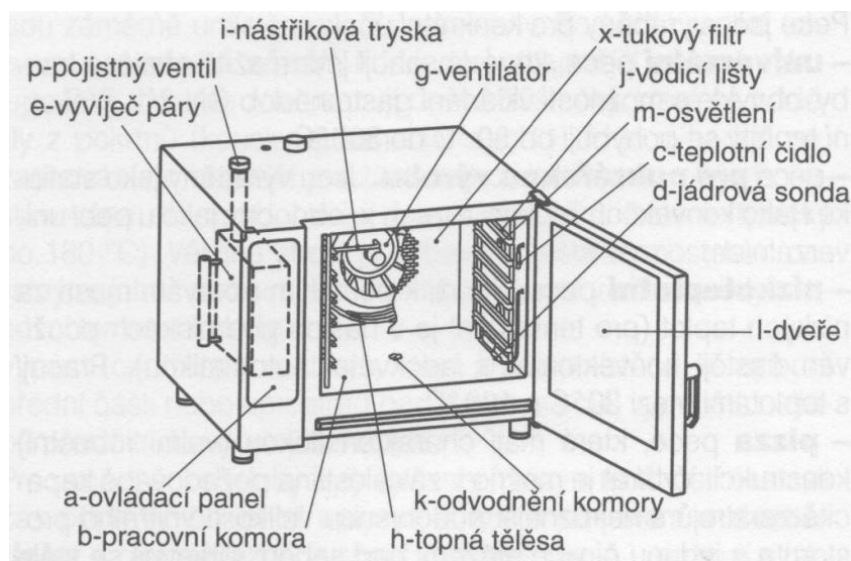
Mikrovlnné trouby se používají pro tepelnou úpravu pokrmů a regeneraci zchlazených a zmrazených jídel. Pokrm je v nich vystaven působení elektromagnetického pole vysoké frekvence, které ho ohřívá. Jedná se o stejnou formu energie, jaká je produkovaná např. televizním či rozhlasovým vysílačem. Pole je vyráběno v magnetronu, umístěném mimo prostor pro úpravu pokrmů. Pro co nejrovnoměrnější působení uvnitř trouby je energie směřovaná do pracovního prostoru několika cestami (vlnovody). Často jsou z téhož důvodu osazeny magnetrony dva (tak je možno dosáhnout navíc vyššího výkonu). Kovové stěny pracovního prostoru mikrovlnné záření odrážejí. Proto je většina vyzářené energie pohlcena zpracovaným produktem. Potraviny vkládáme do trouby v nádobách, přes které elektromagnetické pole prochází. Nádoby mohou být z porcelánu, keramiky, skla, plastů

apod. Mikrovlny způsobují při průniku do vložené potraviny rozkmitání molekul, ze kterých se skládá. Vzniká teplo, které produkt ohřívá. Výkon se obvykle vyjadřuje ve watttech, nejčastěji od 200 wattů do několika tisíc wattů. Frekvence mikrovln je asi 2,45 GHz, je stejná jako vlastní frekvence kmitání dipólů vody [10].

1.2.2.2 Konvektomaty

Základním rysem konvektomatu je, že umožňuje působit na surovinu horkým vzduchem, parou nebo jejich kombinací, a to vše při teplotách od cca 30 °C do 300 °C. Jednotlivé režimy lze dle potřeby používat v libovolném časovém sledu. Díky tomu je možno v konvektomatu docílit obdobného (a častěji lepšího) finálního výsledku než při použití klasické techniky (vaření v nádobě na sporáku, smažení na sklopné pánvi atd.). Přenos tepelné energie na pokrm je přitom v mnohém podobný i odlišný.

Pod pojmem vaření si tradičně vybavujeme tepelnou úpravu, probíhající ve vroucí vodě. Při vaření v konvektomatu probíhá ve vodní páře při obdobné teplotě. Při smažení ve fritéze předávají topná tělesa energii oleji a ten působí na pokrm, v konvektomatu je ohříván v tomto případě suchý vzduch, který přenáší teplo na potravinu za přispění pouze nepatrného množství oleje (zpravidla aplikovaného před úpravou na povrch produktu). Pečení v běžné peci či troubě spočívá v přenosu tepelné energie zářením a konvekcí v uzavřeném prostoru. V konvektomatu jde o podobný proces, při kterém je však tepelná energie předávána pokrmu, zejména teplým vzduchem, který je nucen v pracovní komoře cirkulovat [10].



Obrázek č. 1 Konvektomat[10]

1.2.3 Další formy přípravy a opracování potravin

Spařování „blanširování“ je krátkodobé vystavení potravin vlivu vroucí vody nebo páry. Očištěné potraviny se spařují vroucí vodou z různých důvodů: před konzervací některých druhů ovoce nebo zeleniny (změkčení potravin), pro snadné oloupaní ovoce a zeleniny (broskve, rajčata), pro zlepšení stravitelnosti některých druhů zeleniny (hlávkové zelí), pro zbavení typických pachů a ostré chuti u některých druhů potravin před jejich dalším zpracováním (kapusta, ledvinky, cibule).

Vaření pomalým varem neboli táhnutím se upravují ty potraviny, ze kterých je nutno získat silný, intenzivní vývar. Vaří se tak masa, kosti a některé druhy zeleniny.

Opékání je prudké smažení v malém množství tuku, na otevřené mělké pánvi i s rozpáleným tukem. Způsoby opékání jsou na sucho bez tuku (hlavně chléb nebo pečivo nakrájené na kostky a používané jako vložka do polévky či nakrájené na plátky a používané jako podklad toastů), s malým množstvím tuku, s větším množstvím tuku (masové aj. fondue).

Zvláštním druhem pečení je grilování. Výrazem grilování se označují dva druhy tepelné úpravy: grilování na roštu a grilování na rožni. Velký význam zde má vlastní šťáva potravin[3].

Za podmínek chlazení se pouze zpomaluje růst mikroorganismů, posklizňové a po porážkové metabolické aktivity tkání, zpomalují se chemické reakce včetně enzymových a nastávají ztráty hmotnosti. Proto nelze potraviny při chladírenských teplotách skladovat neomezeně dlouho, ale je nutné dodržovat doporučené skladovací doby. U ovoce a zeleniny je nutné navíc dodržovat nejnižší bezpečné teploty, při nichž nedochází k fyziologickým poruchám, tzv. poškození chladem.

Zmrazování je jednoznačně nejúspěšnější běžně dostupná metoda pro dlouhodobé skladování potravin a pokrmů. Při mrazírenských teplotách skladování potravin je zcela potlačen růst mikroorganismů, ale mohou probíhat fyzikální a chemické změny. Nejčastější vady mrazírensky skladovaných potravin jsou způsobeny oxidací tuků, změnami bílkovin, ztrátou vody a tvorbou velkých krystalů ledu [3].

2 TOXICKÉ LÁTKY VZNIKAJÍCÍ PŘI TEPELNÝCH ÚPRAVÁCH SACHARIDOVÝCH SLOŽEK POTRAVIN

Změny sacharidů (glukózy, sacharózy, škrobu, pektinu a dalších) při tepelné úpravě mají významný vliv především na sensorickou hodnotu (zejména na vůni a barvu) a na stravitelnost pokrmu a dají se technologickými podmínkami při úpravě potravin velmi ovlivnit.

2.1 Karamelizace jednoduchých sacharidů

Karamelizace cukrů je proces při kterém vznikají hnědočerné amorfní produkty různého složení, které se nazývají karamel (cukerný kulér). Karamel vzniká zahřevem cukrů (třtinového, řepného ale i cukru, který vznikne štěpením škrobů) nad 120 °C, obvykle 150–190 °C (Tab. 1) po dobu 5 – 10 hodin za přítomnosti katalyzátoru (např. přidáváním velmi malých množství alkálií nebo stopového množství minerálních kyselin). Tento se kromě přímé spotřeby používá k barvení některých pokrmů (vývarů, omáček, sladkých pokrmů) nebo jako součást dezertů. Takto vyrobený karamel se používá k barvení některých potravin, např. klobásek [5].

Vlastnosti produktů karamelizace (barva, chuť, vůně a rozpustnost) závisí především na druhu cukru, výši teploty, době zahřívání a látkách urychlujících karamelizaci, které se přidávají při jeho průmyslové výrobě. Ke karamelizaci cukrů dochází také při smažení a pečení pečiva, vznikají tak hnědé produkty podmiňující hnědé zbarvení kůrky. Při delším zahřívání mléka či hlavně při UHT sterilaci karamelizuje mléčný cukr laktóza, mléko dostává nažloutlou barvu a nasládlou chuť [5].

Tab. 1 Teploty karamelizace podle druhu cukru

Cukr	Teplota °C/F	
Fruktóza	110	230
Galaktóza	160	320
Glukóza	160	320
Maltóza	180	356
Sacharóza	160	320

Karamely se dělí následovně:

- E 150a – jednoduchý karamel (kulér),
- E 150b – kaustický sulfitový karamel (sladový chléb, ocet, pivo, lihoviny, aromatizovaná vína, medoviny),
- E150c – amoniakový karamel (piva a jiné alkoholické nápoje, kyselé potraviny),
- E150d – amoniak sulfitový karamel (kyselé potraviny, nealkoholické nápoje) [11].

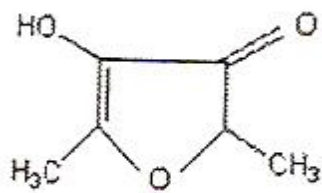
Jedná se o kapaliny nebo pevné látky hnědé až černé barvy, která dodává potravinám stálou hnědou barvu.

Amoniakový a amoniak-sulfitový karamel, cukrářský karamel nebo pivovarský karamel mohou obsahovat amoniakové nebo sulfitové sloučeniny a polycyklické aromatické uhlovodíky. Dusíkaté sloučeniny vznikají jen v přítomnosti amoniaku nebo amonných solí. Mohou vznikat také potenciálně mutagenní látky [7]. Bylo podezření, že tyto druhy karamelů jsou toxické nebo karcinogenní, přesto WHO (World Health Organization, Světová zdravotnická organizace) nedokázala na základě rozsáhlých a nákladných studií na zvířatech prokázat karcinogenitu nebo mutagenitu kulérů. Tyto látky je možné od karamelu oddělit fyzikálními postupy nebo použitím jiné technologie. Při požití většího množství karamelu se u člověka může vyskytnout jemná až řídká stolice a zvýšená střevní činnost. Karamel je považován za bezpečnou přísadu [6,7].

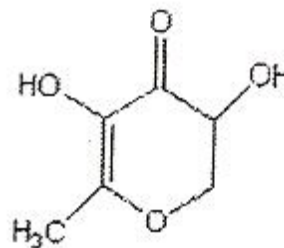
Karamelizace je výsledkem sledu a různého propojení degradačních reakcí, které se dělí do 6 základních kroků. Enolizace (známá jako de Brujin van Ecksteinův přesmyk), dehydratace (β -eliminace), dikarboxylové štěpení, retro-aldolová reakce, aldolová kondenzace a radikálová reakce.

Produkty, které tak vznikají, jsou deriváty:

- furanu – hydroxymetylfurfural(HMF), hydroxyacetylfuran (HAF),
- furanonů – hydroxydimetylfuranon (HDF), dihydroxydimetylfuranon (DDF),
- pyranu–dihydromaltol, hydroxydihydromaltol,
- cyklopentanonu.



HDF



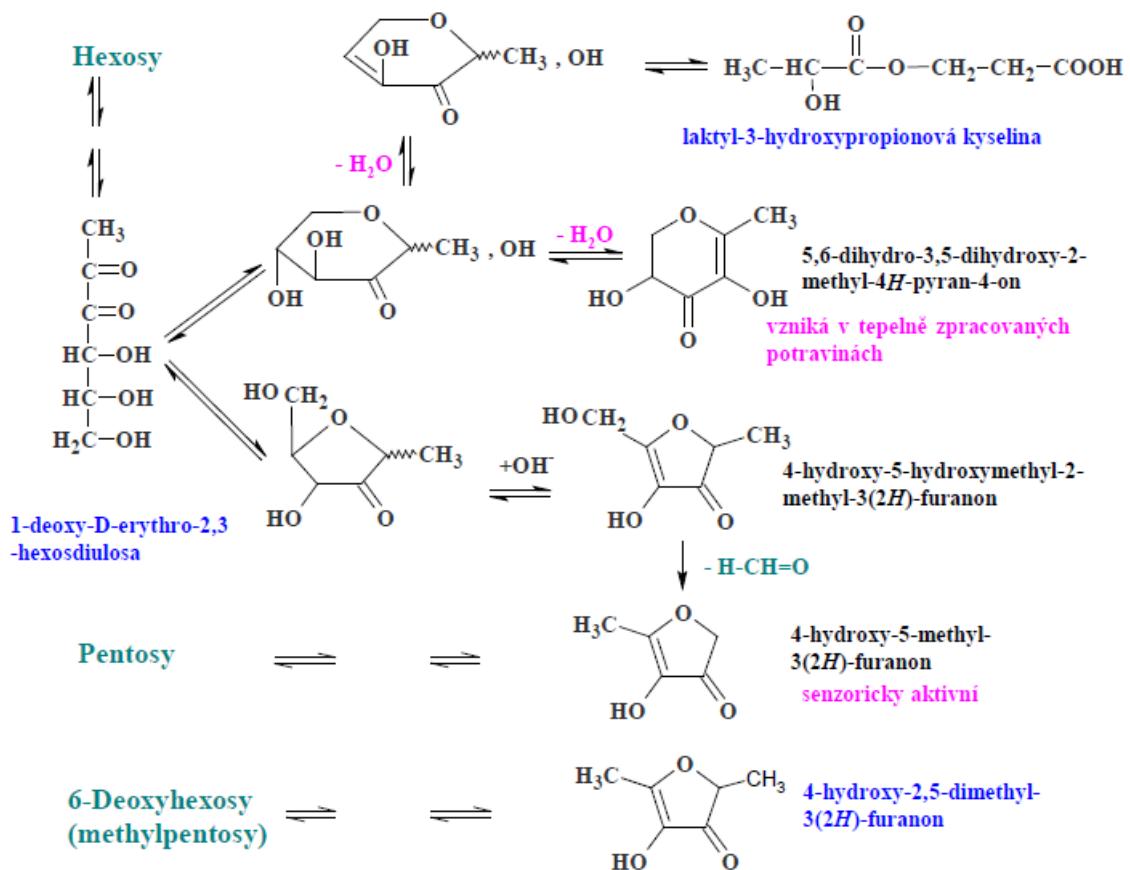
5-hydroxy-5,6-dihydromaltol

Všechny tyto látky se vyznačují různými prahovými hodnotami sensorického vnímání a jejich vzájemný poměr je odpovědný za výsledné aroma. Je pravděpodobné, že za charakteristické karamelové aroma jsou odpovědné sloučeniny obsahující ve své molekulové struktuře řetězec typu $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH(OH)-C=O}$ [7].

2.2 Vznik derivátů furanu a pyranu

Hlavní reakcí monosacharidů v silně kyselém prostředí je dehydratace spojená se ztrátou jedné až tří molekul vody a vznikem derivátů furanu a pyranu. Oba typy sloučenin vznikají také při karamelizaci. V praxi dochází částečně k dehydrataci monosacharidů a vzniku derivátů furanu i v mírně kyselém prostředí, např. při dlouhodobém skladování ovocných kompotů, zvláště při zvýšených teplotách. Ve větším množství vznikají furany při hydrolýze škrobu a ve značném množství při výrobě kyselých bílkovinných hydrolyzátů (polévkové koření) [8].

Eliminací jedné molekuly vody vzniká 3-deoxy-D-glykózulóza, systematickým názvem 3-deoxy-D-erythro-hexózulóza. Ztrátou druhé molekuly vody vzniká 3,4-dideoxy-3D-glukózulozen. Eliminací třetí molekuly vzniká 5-hydroxymetyl-2-furan-karbaldehyd. V slabě kyselém a neutrálním prostředí vzniká z 3-deoxy-D-erythro-hexózulózy γ -lakton metasacharinové kyseliny a další produkty. Metasacharinové a další cukerné kyseliny však vznikají přednostně v alkalickém prostředí [8].



Obrázek č. 2 Vznik furanonů a pyranonů [7]

Odštěpením hydroxylové skupiny na C-4 vzniká sledem izomerací a dehydratací přes 4-deoxy-D-glycero-2,3-hexodiulózu. Odštěpením hydroxylové skupiny na C-1 D-fruktózy vzniká velice významný meziprodukt, 1-deoxy-D-erytro-2,3-hexodiulóza. V roztocích se kromě formy s přímým řetězcem předpokládají odpovídající furanózy a pyranózy. 1-Deoxy-D-erytro-2,3-hexodiulóza se pokládá za prekurzor mnoha významných furanonů a pyranonů, které vznikají zvláště v slabě kyselém a neutrálním prostředí. Je kupříkladu prekurzorem 3-hydroxy-2-methylpyran-4-onu, který se triviálně nazývá maltol a jeho izomeru 2-acetyl-3-hydroxy-furanu neboli izomaltolu.

Eliminací hydroxylové skupiny v poloze C-5 vzniká z cyklické formy glukózulózy (z pyranózy) 3-pyranon. Tato sloučenina, která byla prokázána v tepelně ošetřeném mléce je klíčovým meziproduktem degradace disacharidů. Další osud tohoto meziproduktu závisí na vlastnostech glykosidově vázaného cukru. Je-li tímto cukrem β -galaktóza, vzniká jako hlavní produkt galaktosylizomaltol. Je-li cukrem glukóza, vzniká maltol a glukosylizomaltol se tvoří pouze ve stopových množstvích [8].

Sloučeninou s podobnými organoleptickými vlastnostmi jaké mají maltol či izomaltol je 2,4-dihydroxy-2,5-dimetyl-3(2H)-furanon (tzv. diacetylformozin nebo furaneol).

Diacetylformoin se pokládá za prekurzor dalších významných furanů, pyranů a řady nízkomolekulárních degradačních produktů. Kromě diacetylformoinu vzniká z hexóz, zřejmě z cyklických forem 1-deoxy-D-erytro-2,3-hexodilulózy rovněž 4-hydroxy-5-hydroxymetyl-2-metyl-3(2H)-furanon a s ním izomerní 5,6-dihydro-3,5-dihydroxy-2-metyl-4H-pyran-4-on. Tento dihydropyranon běžně vzniká v tepelně zpracovaných potravinách a jeho přítomnost indikuje rozsah reakcí neenzymového hnědnutí. Je příbuzný s maltolem, ale ten z něj za podmínek Maillardovy reakce nevzniká. Současně s 5,6-dihydro-3,5-dihydroxy-2-metyl-4H-pyran-4-onem vzniká také jeho nestálý izomer (3-pyranon), který poskytuje přesmykem ester kyseliny mléčné [8].

Z hexózvzniklý 4-hydroxy-5-hydroxymetyl-2-metyl-3(2H)-furanon přechází odštěpením formaldehydu částečně na 4-hydroxy-5-metyl-3(2H)-furanon. 4-Hydroxy-2,5-dimetyl-3(2H)-furanon a 4-hydroxy-5-metyl-3(2H)-furanon jsou významné sensoricky aktivní látky s nízkým prahem vnímání. Průmyslově se vyrábí a přidává do četných aromat 4-hydroxy-2,5-dimetyl-3(2H)-furanon s příjemnou ovocnou až karamelovou vůní a chutí připomínající ananas [8].

Dřívější studie ukázaly, že je furan hepatoxin a způsobuje rakovinu u hlodavců. Hlavním zdrojem furanu pro lidi je káva, ale znatelné hladiny furanu se nacházejí v konzervovaných potravinách, v dětských výživách a příkrmech ve skle. Zatímco spotřeba kávy u dospělých lidí zapříčiňuje hladinu furanů, u dětí se pití kávy spíše vylučuje a tak jejich expozice je pravděpodobně v důsledku spotřeby dětské výživy nebo jiných zdrojů jako je třeba jablečný džus. Dlouhodobé účinky furanu na zdraví dětí nejsou známy, ale mohou být vystaveny vysokými dávkami furanů prostřednictvím stravy. V současné době existuje jen málo informací o toxikologických účincích furanu na reprodukční systém u mužů. Po studii o účincích vyššího množství hladiny furanu u mužského pohlavního ústrojí, se z výsledků ukázaly histologické změny varlat, snížení luteinizačního sérového hormonu a pokles hladiny testosteronu v séru [29].

2.3 Maillardovy reakce

Mezi nejvýznamnější a zároveň nejrozšířenější chemické reakce probíhající během skladování a zpracování potravin patří reakce redukcujících sacharidů s aminosloučeninami.

V průběhu těchto reakcí vzniká řada velmi reaktivních karbonylových sloučenin, které reagují vzájemně a také s přítomnými aminosloučeninami. Soubor reakcí se obecně označuje jako Maillardovy reakce, také jako reakce neenzymatického hnědnutí. Průvodním jevem těchto reakcí je vznik hnědých pigmentů melanoidů. K neenzymovému hnědnutí potravin dochází i jinými reakcemi, např. karamelizací cukrů. Proto je správnější Maillardovu reakci považovat za zvláštní případ reakcí neenzymového hnědnutí. Dosud se podařilo charakterizovat jen malou část sloučenin vznikajících v těchto reakcích. Jedná se převážně o sloučeniny, které jsou relativně stálé, u kterých nedochází k dalším reakcím během izolace a identifikace[8,26].

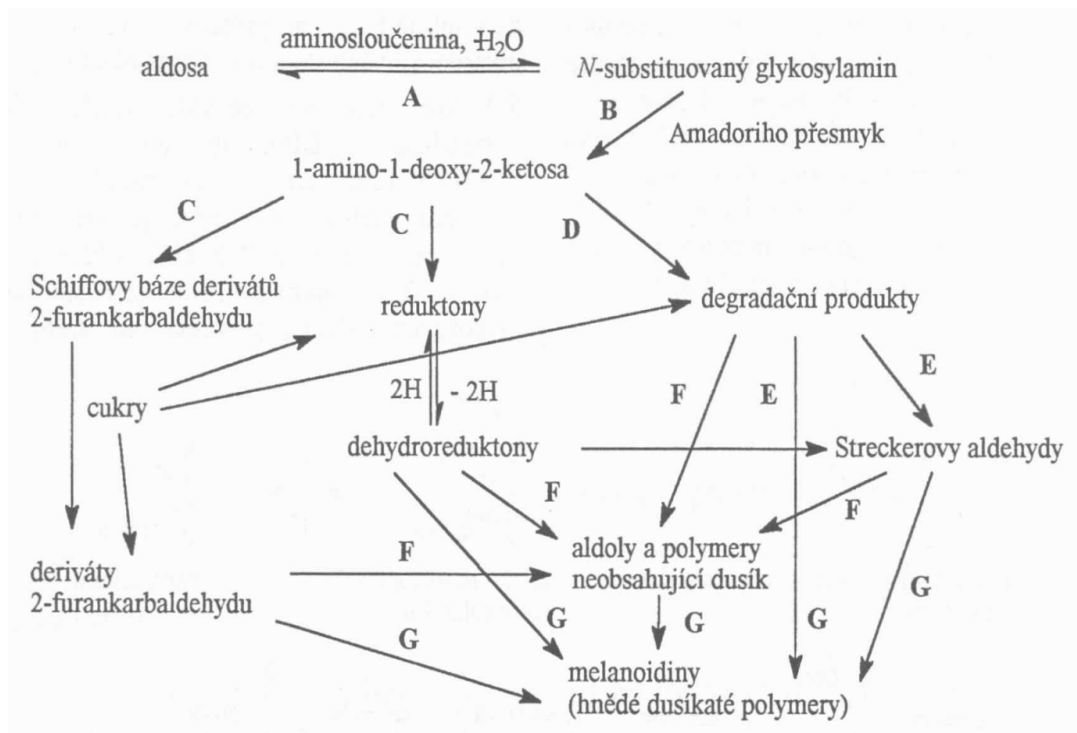
Vzhledem ke složitosti Maillardovy reakce jsou často pro její studium voleny jednodušší systémy, než jsou potraviny, např. modelové systémy obsahující pouze jeden redukující cukr a jednu aminokyselinu. Výzkumy ukázaly, že i v tak jednoduchém reakčním systému jakým je glukóza a glycin vzniká mnoho desítek reakčních produktů. Proto nebyly ani v jednoduchých systémech mechanismy Maillardovy reakce úplně objasněny. Podstatně méně je známo o reaktivních meziproduktech, které vznikají ve velmi nízkých koncentracích a navíc se obvykle rozkládají během izolace. Velmi málo je také známo o vznikajících volných radikálech. Znalost struktury právě těchto sloučenin je důležitá, neboť tyto látky hrají významnou úlohu při tvorbě vonných a chuťových látek, vysokomolekulárních barevných pigmentů [8,26].

Při studiu Maillardovy reakce byla pozornost potravinářských chemiků věnována zejména:

- vzniku hnědého zbarvení, které může být jak žádoucím projevem reakcí (např. barva chlebové kůrky, pražené kávy a smažené cibule), tak i negativním (např. při výrobě sušených potravin, zvláště mléka, ale i ovoce a zeleniny),
- vzniku aromatických látek a také aromatických látek s nežádoucími organoleptickými vlastnostmi,
- výživovým a fyziologickým aspektům reakcí (snížení nutriční hodnoty potravin především v důsledku reakce cukrů a dalších karbonylových sloučenin s lyzinem (esenciální a často limitující aminokyselinou obilovin),
- toxicitě některých produktů, především mutagenních a karcinogenních látek, antioxidantním vlastnostem reakčních produktů (převážně reduktony a hnědé pigmenty melanoidiny)[8].

Rozeznávají se tři fáze:

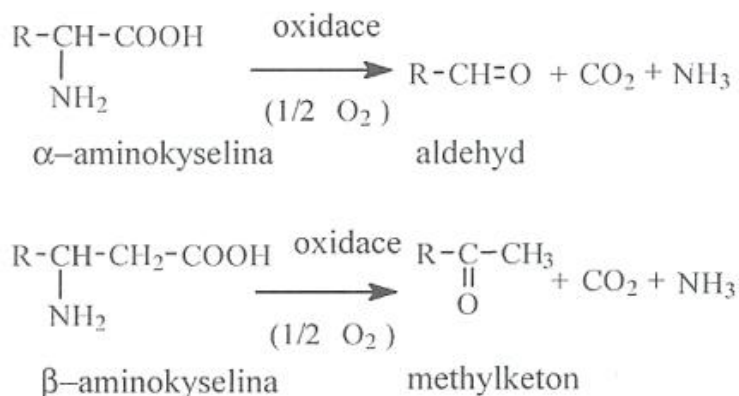
- počáteční fáze zahrnuje tvorbu glykosylaminu následovanou Amadoriho přesmykem (reakce A a B),
- střední fáze zahrnuje dehydratace a fragmentace sacharidů a Streckerovu degradaci aminokyselin (reakce C,D a E),
- závěrečnou fází jsou reakce meziproduktů vedoucí k tvorbě heterocyklických sloučenin (zpravidla se jedná o důležité vonné a chuťové látky) a vysokomolekulárních pigmentů melanoidinů, které jsou nositeli hnědého zbarvení (reakce F a G) [8].



Obr. č. 3 Schematické znázornění Maillardovy reakce [8]

Další fáze pak zahrnuje štěpení molekul, cyklizace, dehydratace, kondenzace a oligomerace. Součástí toho stádia je také Streckerova degradace (oxidativní dekarboxylace) aminokyselin. Tato reakce vede obecně ke vzniku karbonylové sloučeniny (zpravidla aldehydu) o jeden atom uhlíku kratší, než byla původní aminokyselina, oxidu uhličitého a amoniaku. Důležitým důsledkem Streckerovy degradace je možná inkorporace síry a dusíku do produktů Maillardovy reakce. Kromě Streckerových aldehydů vznikají v průběhu Maillardovy reakce i další senzory aktivní sloučeniny, např. ketony, pyraziny, pyridiny, furany, tiazoly, glyoxal aj. [8,30,31].

Ke Streckerově degradaci aminokyselin dochází při skladování a zejména při termickém zpracování potravin. Vznikající aldehydy i látky vznikající následnými reakcemi aldehydů i dalších produktů jsou významnými vonnými i chuťovými látkami. Negativní stránkou degradace aminokyselin je určitá ztráta esenciálních aminokyselin. Jako oxidanty se uplatňují hydroperoxydy mastných kyselin, aldehydy a ketony, hydroxyderiváty aldehydů a ketonů (tudíž monosacharidy), kyselina askorbová, naftochinony, vitamin E aj. [8,32].



Obr. č. 4 Streckerova degradace aminokyselin [8]

Důsledkem Maillardovy reakce mohou být žádoucí změny organoleptických vlastností potravin (vznik žádoucí vůně, chuti a barvy), ale také nežádoucí změny např. nežádoucí zbarvení u sušených potravin a snížení nutriční hodnoty (ztráta aminokyselin, zejména lyzinu a cysteinu) a snížení stravitelnosti bílkovin vznikem rezistentních příčných vazeb. Ke snížení nutriční hodnoty Maillardovou reakcí dochází především u tepelně namáhaných potravin s nízkým obsahem vody (při sušení, pečení, smažení, pražení). Např. u pečení chleba jsou ztráty lyzinu 10 – 15 %, při zahřátí mléka na 60 °C jsou ztráty lyzinu více než 80 %. Mohou vznikat také četné toxické látky, které vykazují mutagenní a karcinogenní účinky [7,8].

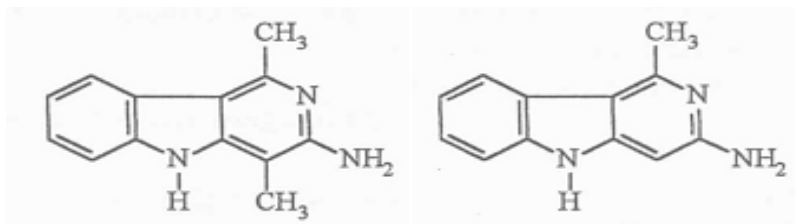
Tyto sloučeniny se dělí na dvě skupiny: neizochinolinové (non-IQ) a izochinolinové (IQ). Non-IQ mutageny jsou převážně pyridoimidazoly a pyridoindoly. Vznikají zejména v pyrolyzátech aminokyselin a bílkovin při teplotách 300 – 800 °C. Vysokou mutagenitu vykazují pyrolyzáty z tryptofanu, glutamové kyseliny, lyzinu, ornitinu a fenylalaninu a pyrolyzáty některých bílkovin (kaseinu, pšeničného lepku a sojového globulinu). Vznikají také při grilování nebo pečení masa na roštu. IQ mutageny jsou významnější skupinou zahrnující imidazochinony, imidazochinoxaliny a imidazopyridiny. Mnohé z nich

jsou silnějšími mutagenními a karcinogenními sloučeninami, a to až tisíce krát silnější než aflatoxin B, který byl nejsilnějším známým karcinogenem do jejich objevení. Pro jejich vznik je nezbytná přítomnost kreatininu, glukózy a aminokyselin. Vznikají reakcí kreatininu s některými produkty Maillardovy reakce, jako aldehydy, pyridiny a pyraziny. Nejvíce vznikají v povrchových vrstvách masa vystavenému vyšší teplotě (v povrchových vrstvách při rožnění, grilování a pečení). Některé produkty Maillardovy reakce jsou sekundární aminy, z kterých reakcí s kyselinou dusitou nebo oxidy dusíku mohou vznikat mutagenní N-nitrosloučeniny [7].

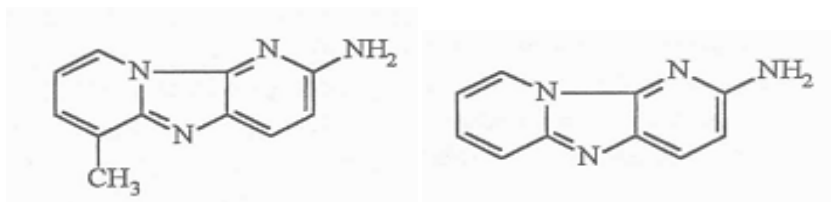
Tab. 2 Přehled mutagenní schopnosti nejvýznamnějších heterocyklických aminů vznikajících pyrolýzou a některých jiných typických karcinogenů[7]

Označení	Chemický název	Mutagenní aktivita (počet mutantů Salmonelly na μg)	TD-50 ^a ($\text{mg.kg}^{-1}\text{th.den}^{-1}$)
Imidazochinoliny:			
MelQ	2-amino-3,4-dimetylimidazo chinolin	661 000	
IQ	2-amino-3-metylimidazo chinolin	433 000	14,7
MelQx	2-amino-3,8-dimetylimidazo chinoxalin	145 000	
4,8-DiMelQx	2-amino-3,4,8-trimetylimidazo chinoxalin	183 000	
7,8-DiMelQx	2-amino-3,7,8-trimetylimidazo chinoxalin	163 000	
Mono- a dinitro-pyreny:			
Trp-P-2	3-amino-1-metyl-5H-pyrido	104 000	2,7
Glu-P-1	2-amino-6-metyldipyrido imidazol	49 000	2,7
Trp-P-1	3-amino-1,4-dimetyl-5H-pyrido indol	39 000	8,8
Glu-P-2	2-aminodipyrido imidazol	1 900	4,9
A α C	2-amino-9H-pyrido indol	300	15,8
MeA α C	2-amino-3-metyl-9H-pyrido indol	200	5,8

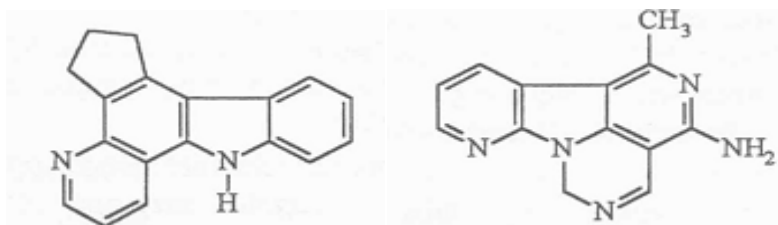
TD-50, dávka vyvolávající u 50 % myši nádor, hodnoty pro typické známé karcinogeny: Aflatoxin 6000; Benzo(a)pyren 320; N,N-nitrozodietylamin 0,02; N,N-nitrozodietylamin 0,00, Th = tělesná hmotnost [33].



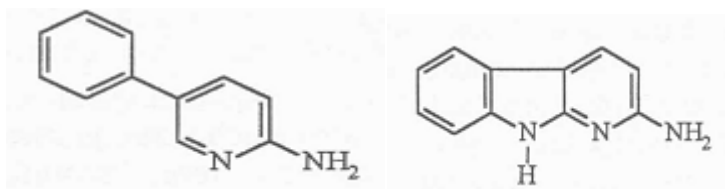
3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyridoindol 3-amino-1-metyl-5H-pyridoindol



2-amino-6-metyldipyrido-imidazol 2-aminodipyrido-imidazol

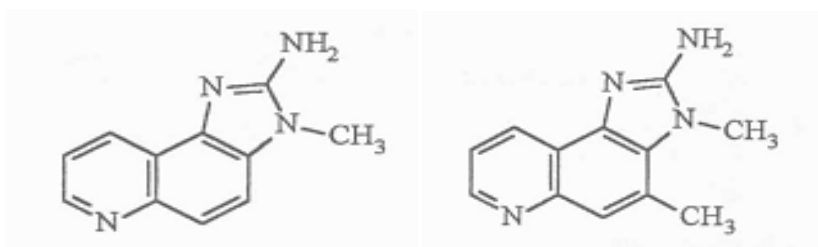


3,4-cyklopentenopyrido-karbazol 4-amino-6-metyl-1H-2,5,10,10,b-tetraazafluoranten

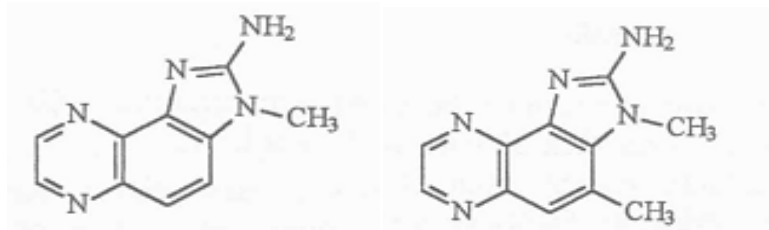
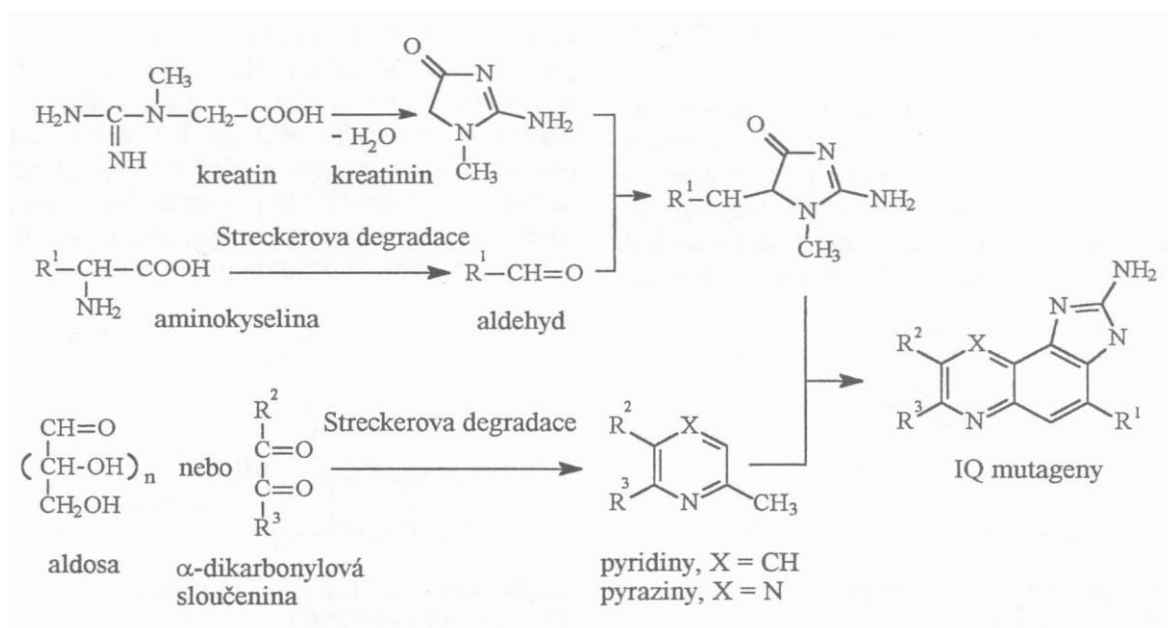


2-amino-5-fenylpyridin

2-amino-9H-pyridoindol



2-amino-3-metylimidazo-chinolin (IQ) 2-amino-3,4-dimetylimidazo-chinolin (4-MeIQ)

2-amino-3-metylimidazo-chinoxalin (IQ_x) 2-amino-3,4-dimetylimidazo-chinoxalin

Obr. č. 5 Vznik IQ mutagenů [8]

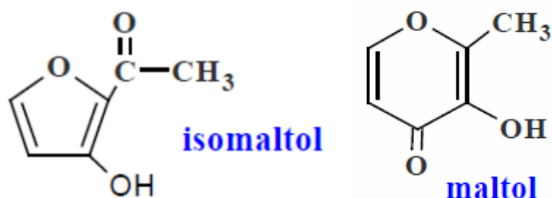
2.4 Izomaltol a maltol

Jedná se o 2-acetyl-3-hydroxyfuran získaný enzymatickou degradací škrobu, který je např. významnou složkou chuti chlebové kůrky. Vzniká i při výrobě bílkovinných hydrolyzátů v kyselém prostředí. Dusíkaté heterocyklické sloučeniny běžně vznikají jako produkty reakcí neenzymového hnědnutí [21]. Z 1-deoxy-D-erytro-2,3-hexózdilózy vznikají ve slabě kyselém a neutrálním prostředí další deriváty, např. 3-hydroxy-2-metylpyran-4-on, který se triviálně nazývá maltol. Tyto sloučeniny mají intenzivní karamelovou vůni a chuť. Maltol a izomaltol vznikají také ze 4-O-substituovaných derivátů glukózy, tedy také z maltózy, laktózy, sacharózy aj. sacharidů, např. ve sladové kávě (300 mg.kg⁻¹), v čokoládě (3 mg.kg⁻¹), pivu a při vaření mléka [7].

Maltol se používá ve výrobě alkoholických nápojů, zmrzlině, cukrovinek, pečiva a sušenek, žvýkaček a želé jako umělá aromatická přísada kávová, čokoládová, vanilková,

oříšková, javorová a ovocná. Dodává chlebu a pečivu čerstvou vůni jako právě upečené. Má schopnost potlačit nahořklou chuť umělých sladidel.

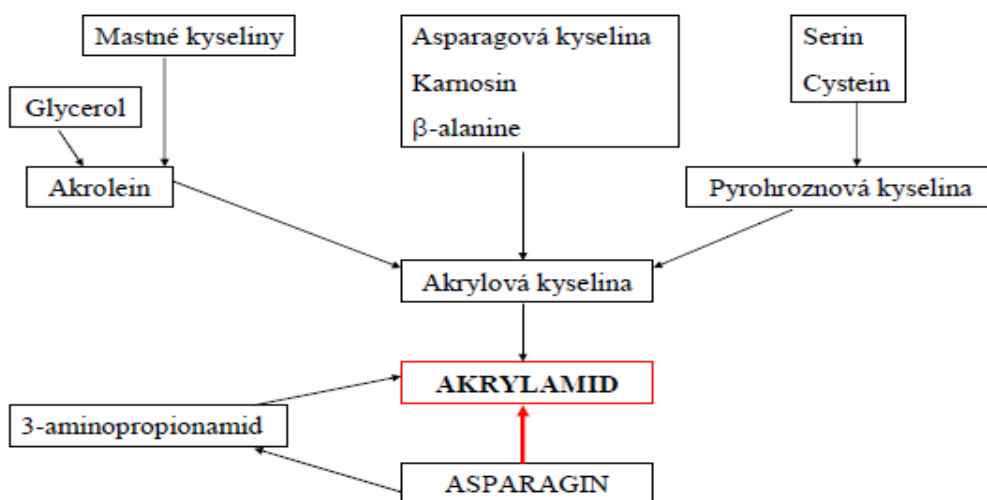
Při styku s látkou ve vyšších koncentracích však může dráždit oči, pokožku, může způsobit poruchy krve, zažívacího ústrojí, ledvin nebo močového měchýře [5].



2.5 Tvorba akrylamidů v potravinách

Tvorba akrylamidů v potravinách je výsledkem reakce známé jako Maillardova reakce. Tvorba vlastního akrylamidu je objasněna pouze částečně, neboť Maillardovy reakce patří mezi nejsložitější chemické reakce, které mohou v potravinách probíhat. Bylo však zjištěno, že tvorba a koncentrace akrylamidu v potravinách je závislá na typu potraviny, teplotě a době, pro kterou byla potravina zahřívána. Mimo to bylo dále prokázáno, že s tvorbou akrylamidu úzce souvisí i přítomnost asparaginu[4].

Výrobci potravin přijali opatření k snížení tvorby akrylamidu v potravinách jako je křehký chléb, pečivo/sušenky a smažené chipsy, a to zaměřením kontroly kvality na tento problém, změnami receptur a tepelného zpracování [4,24].



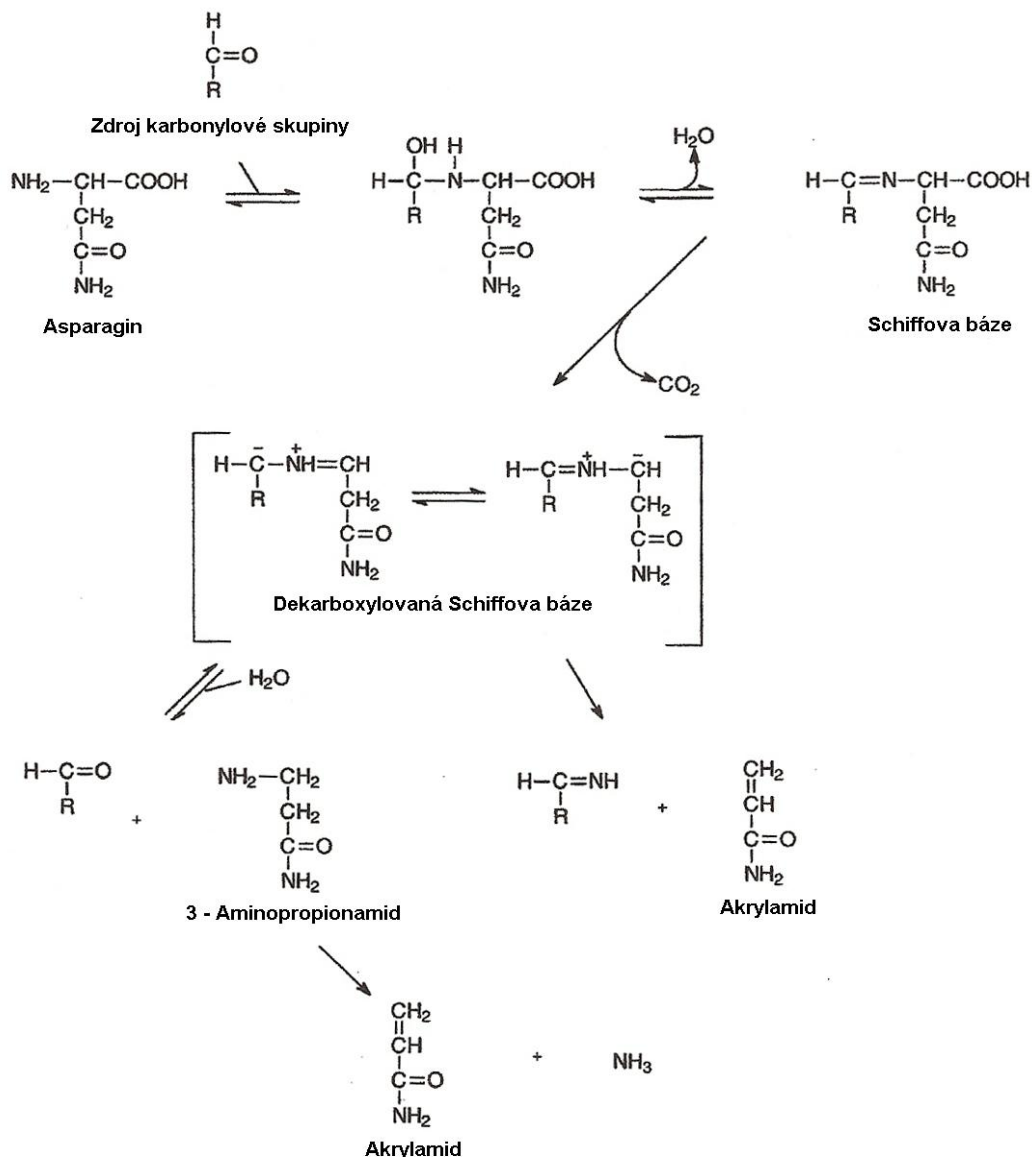
Obr. č. 6. Reakční schéma vzniku akrylamidu v potravinách [25]

Tab. 3 Obsah akrylamidu v potravinách [4]

Potravinové produkty	Počet vzorků	Koncentrace akrylamidu [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	
		Střední hodnota	Max. hodnota
Cereálie a cereální produkty	3304	343	7834
Produkty na bázi všech cereálií	2991	366	7834
Chléb a rohlíky	1294	446	3436
Pečivo a keksy	1270	350	7834
Pizza	58	33	763
Ryby a mořské ryby	52	25	233
Maso a vnitřnosti	138	19	313
Mléko a mléčné výrobky	62	5,8	36
Ořechy a olejniny	81	84	1925
Luštěniny	44	51	320
Bramborová kaše	33	16	69
Pečené brambory	22	169	1270
Bramborové lupínky	874	752	4080
Bramborové hranolky	1097	334	5312
Stimulanty a jejich analogy	469	509	7300
Káva (výluh), hotová	93	13	116
Káva (mletá, instantní nebo pražená)	205	288	1291
Bezkofeinová káva	26	668	5399
Zelený čaj pražený	29	306	660
Čokoláda	58	24	112
Zelenina	84	17	202
Zelenina (syrová, vařená nebo konzervovaná)	45	4,2	25
Tepelně zpracovaná zelenina	39	59	202
Ovoce čerstvé	11	<1	10
Ovoce sušené, smažené, tepelně opracované	37	131	770
Alkoholické nápoje (pivo, gin, víno)	66	6,6	46
Dochucovadla a omáčky	19	71	1168
Sušené mléko pro dětskou výživu	82	<5	15
Sušené potraviny	13	121	1184

Akrylamid vzniká v potravinách bohatých na škrob jako následek jejich tepelné úpravy při vysokých teplotách jako jsou pečení, smažení a také při grilování. Výzkumy ukazují, že při vaření nebo přípravě v mikrovlnné troubě v potravinách akrylamid nevzniká. Starší studie poukázaly několik možných cest vzniku akrylamidu. Termicky indukovanou dekarboxylací asparaginu na 3-aminopropanamid (3-APA) a následnou deaminací může vzniknout akrylamid ze samotného asparaginu, přičemž přítomnost redukcujících sacharidů je nevyhnutelná pro efektivní konverzi asparaginu na akrylamid. Následující studie

ukázaly, že na tvorbě akrylamidu se může podílet jakákoli karbonylová sloučenina a že asparagin sám upřednostňuje intramolekulární cyklizaci a tvorbu imidu před dekarboxylací a tvorbou akrylamidu [12,13,22].



Obr. č. 7 Vznik akrylamidu v Maillardově reakci [23]

Testy na laboratorních zvířatech prokázaly, že akrylamid má potenciál způsobovat u lidí rakovinu [13]. Pro člověka je akrylamid dráždivý na kůži a pro dýchací systém. Orální LD₅₀ (střední smrtelná dávka je statisticky vypočtená jednotlivá dávka látky, která pravděpodobně způsobí za definovanou dobu smrt 50 % jedinců, kterým byla podána) byla stanovena od 159 do 300 mg.kg⁻¹. Testováním zvířat bylo zjištěno, že 10% vodní roztok

nedráždí neporaněnou pokožku. Pokud je tento roztok aplikován na poraněnou pokožku, objevuje se zarudnutí a otok. Aplikace 10% vodného roztoku do očí zvířat způsobila podráždění, které mizí po 24 hodinách [14].

Je možné uvažovat o způsobech eliminace vzniku akrylamidu v potravinách buď cestou snižování obsahu asparaginu nebo redukcí obsahu sacharidů, zásahem do mechanismu eliminace prekurzoru, nebo úpravou technologického procesu zpracování potravin. Výběr způsobu je podmíněný několika faktory: zachováním senzoryckých a kvalitativních vlastností výrobku, mikrobiologickou bezpečností, technologickou náročností zpracování apod. V cereálních produktech je limitujícím krokem dostupnost redukujících sacharidů [12].

3 TOXICKÉ LÁTKY VZNIKAJÍCÍ PŘI TEPELNÝCH ÚPRAVÁCH LIPIDOVÝCH SLOŽEK POTRAVIN

Lipidy jsou jedny z nejcitlivějších složek na oxidaci vzdušným kyslíkem. Při mrazírenských teplotách proběhne oxidace pouze do stádia tvorby peroxidů, které se sensoricky neprojeví, a proto vůně potraviny před tepelnou úpravou je zcela vyhovující. Působením zvýšené teploty však dojde k rozkladu peroxidů za vzniku látek s výrazným pachem. Rizikové jsou zejména vnitřnosti, tučné ryby, vepřové maso, některé uzeniny ale i jemné pečivo, které bychom neměli skladovat déle než 6 měsíců při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při vyšších teplotách (pečení a smažení) dochází k hlubšímu rozkladu tuků a látky, které vznikají, ovlivňují jakost pokrmů pozitivně i negativně. Jediným pozitivním dopadem je vznik sensoricky významných látek, které podmiňují typickou chuť smažených a pečených produktů. Negativní vliv se projevuje ztrátou esenciálních mastných kyselin, ze kterých vznikají látky pro tělo škodlivé. Při delším působení vysokých teplot vznikají z mastných kyselin oligomery a polymery, z nichž některé jsou podezřívány z karcinogenního působení. Nejnebezpečnější produkty vznikají při teplotách nad $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a je-li teplota vyšší než $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází k hlubokému rozkladu tuků za vzniku uhlovodíků, mezi nimiž byly nalezeny i karcinogeny. Při teplotách nad $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ se tuky rozkládají (přepalují) za vzniku nepříjemně páchnoucích, zdraví škodlivých produktů, z nichž nejznámější je akrolein [8].

3.1 Smažení

Smažení je tepelná úprava potravin, při které působíme rozpáleným tukem ($150 - 190\text{ }^{\circ}\text{C}$). Při vyšších teplotách vzniká u většiny tuků namodralý kouř, který je důsledkem hlubších chemických změn. Některé z látek, které při nich vznikají, jsou z hlediska zdravotního nebezpečné, proto se teplota $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ nemá překračovat. U fritéz je teplota automaticky regulována, takže tam nebezpečí nehrozí, ale při smažení na pánvi k překročení rizikové teploty tuku může dojít velmi snadno. Nejvhodnějším způsobem je úplné ponoření do tuku. Jedná-li se o povrchovou úpravu již předpřipravených surovin, je možné použít menšího množství tuku [1,15,16].

3.1.1 Změny tuků při smažení

Při smažení masa je tuk předehřát na teploty $150 - 190\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při smažení rozeznáváme:

- smažení v tenké vrstvě tuku,
- smažení ve vrstvě tuku více než 50 mm vysokém, smažená potravina je v tuku ponořena, nebo v něm plave (fritování).

Procesy probíhající v tukové lázni během smažení, lze zařadit do několika skupin reakcí. Hydrolytické procesy nastávají působením horké vodní páry (uvolňované ze smažené potraviny) na horký tuk. Hydrolýzou vznikají volné mastné kyseliny, které se z větší části adsorbují na smaženou potravinu nebo unikají do ovzduší. Oxidační procesy jsou velmi rychlé při teplotách smažení. Kyslík rozpuštěný v tuku se však spotřebovává, takže další oxidace probíhá jen pomalu a závisí na rychlosti, jakou další kyslík difunduje ze vzduchu. Rychlost difuze se podstatně zvýší, jestliže tuk začne pění (zvětší se styčná plocha mezi tukem a vzduchem). Polymerační procesy jsou způsobené jednak reakcemi mezi volnými radikály, jednak interakcemi karboxylových skupin volných mastných kyselin s hydroxylovými nebo epoxidovými skupinami oxidovaných mastných kyselin tuku. Pyrolytické procesy, např. dehydratace oxidačních produktů nebo jejich reakce s bílkovinami a jinými složkami smažené potraviny jsou reakční kroky, při nichž vznikají senzoricky výrazně aktivní látky. Patří sem např. rozklad glycerolu na akrolein, který dráždí oči a sliznice [8].

Jestliže obsah polárních látek vznikajících hydrolytickými a oxidačními reakcemi překročí 25 % a obsah polymerů 10 %, doporučuje se tuk vyměnit za čerstvý. Oxidované lipidy mají jen nízkou akutní toxicitu, takže byl jejich účinek na zdraví doposud podceňován. U tuků použitých ke smažení nebyla toxicita bezpečně prokázána, proto stanovená hranice jejich použitelnosti na 25 % polárních látek a 10 % polymerů spíše indikuje, kdy se zhoršují funkční vlastnosti, a smažený pokrm dostává horší chuť. Při stanovení chronické toxicity se nepříznivě projevíly cyklické dimery, zvláště cyklohexanové deriváty. Vyšší obsah hydroperoxidů vyvolává příznaky deficitu vitamínu E a esenciálních mastných kyselin. Zvyšuje se také propustnost pokožky pro vodu. Oxidované lipidy se rovněž hůře enzymově štěpí a obtížně stravují.

V poslední době však bylo prokázáno, že se při vyšším příjmu oxidovaných tuků zvyšuje jejich hladina v krevním séru a oxidované mastné kyseliny nebo z nich vzniklé volné radikály reagují s některými bílkovinami krevního séra a cévních stěn za vzniku aterosklerotických usazenin. Podobné usazeniny se tvoří např. v nervové tkáni a některých dalších důležitých orgánech. Oxidační produkty lipidů a jejich volné radikály mohou také reagovat s nukleonovými kyselinami pozměněním a mohou usnadnit vznik zhoubného

nádorového bujení. Z těchto důvodů se doporučuje při zvýšeném příjmu snadno oxidovatelných polyenových lipidů zvýšit hladinu přijímaných přirozených antioxidantů, hlavně tokoferolů a karotenů [8].

3.1.2 Změny tuků při tepelné úpravě potravin

Látky, které vznikají z tuků při vysokých teplotách, ovlivňují jakost pokrmů pozitivně, nebo negativně. Jediným pozitivním dopadem je vznik sensoricky významných látek, které podmiňují typickou chuť smažených a pečených produktů. U pečených ryb tvoří tyto látky přes 80 % všech vytvořených vonných látek, u pečeného masa je to kolem 50 %.

Další vliv vysoké teploty je již negativní a projevuje se:

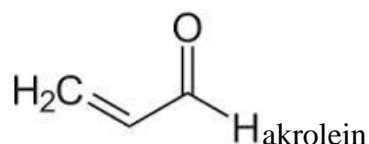
- ztrátou esenciálních mastných kyselin, ze kterých vznikají látky neúčinné, nebo i škodlivé,
- vznikem toxických a antinutričních látek, kdy při delším působení vysokých teplot vznikají z mastných kyselin oligomery a polymery, z nichž některé jsou podezřívány z karcinogenního působení.

Při vyšších teplotách dochází i k oxidaci látek doprovázejících tuky, např. cholesterolu. Oxidovaný cholesterol je z hlediska rizika vzniku srdečně cévních onemocnění nebezpečnější než cholesterol neoxidovaný (různé oxidační produkty cholesterolu se snáze ukládají v tepnách [1,2,3]).

3.1.2.1 Akrolein

Akrolein je tříuhlíkatý reaktivní alifatický aldehyd s jednou dvojnou vazbou C=C. Akrolein je průzračná, bezbarvá nebo nažloutlá kapalina se štiplavým, dusivým zápachem. Je vysoce hořlavý, může polymerovat, vytvářet výbušné směsi se vzduchem a hořením produkuje vysoce toxické, dráždivé nebo leptavé plyny (peroxydy a oxidy uhlíku).

Akrolein je silně dráždivý k očím, sliznicím, kůži a dýchacímu traktu. Je to toxická látka. Měl by být uchován v chladných, suchých, dobře větraných prostorách v pevně utěsněných nádobách oddělených od zásaditých materiálů jako čpavek, organické aminy nebo minerální kyseliny, silná oksylichovadla a kyslík. Akrolein je rozpustný ve vodě, alkoholu, éteru a acetonu [17].



Tab. 4 Poměr mastných kyselin v olejích [18]

Poměr mastných kyselin v olejích (%)					
	slunečnicový	slunečnicový „higholeic“	sójový	řepkový	olivový
Nenasycené mastné kyseliny					
Olejová	24	83	21	58	72
Linolová	63	8	56	21	10
α -linolenová	0,3	0,1	8	10	1
Nasycené mastné kyseliny	12	8	15	10	17

Pozn.: Procenta vycházejí z průměrných hodnot mastných kyselin, proto nedávají v součtu 100 %.

Tradiční slunečnicový olej má největší podíl kyseliny linolové, proto je nejméně tepelně stabilní, a tedy i nejméně vhodný k fritování [18]. Slunečnicový olej z tradičních odrůd slunečnic obsahuje zhruba 24 % kyseliny olejové, která patří mezi jednoduché nenasycené mastné kyseliny. Existují ale i nově vyšlechtěné odrůdy, ve světě nazývané „higholeic“, jejichž semena dávají olej s mnohem vyšším obsahem kyseliny olejové (75 až 90 %). Je stabilní i při vyšších teplotách, takže se na rozdíl od obyčejného slunečnicového oleje hodí k dlouhodobému smažení a fritování. Bohatý na kyselinu olejovou je i řepkový a olivový olej. Ze všech běžně používaných olejů je slunečnicový nejbohatší na kyselinu linolovou ze skupiny více nenasycených ω -6-mastných kyselin. To je také důvod, proč je nejméně stabilní při vysokých teplotách, takže se nehodí k dlouhodobému smažení ve fritovacím hrnci. Kyselina linolová patří k esenciálním mastným kyselinám, které lidský organismus potřebuje pro výstavbu buněčných membrán a tvorbu hormonů, není ale

schopen sám si je vytvářet, takže je člověk musí přijímat ze stravy. K prevenci stačí příjem 2,5 až 3,5 % kyseliny linolové z celkového energetického příjmu. Vyšší příjem, až do 9 %, pak přispívá k dlouhodobému udržování zdraví, protože pomáhá snižovat celkový i LDL-cholesterol. Kyselina α -linolenová je řazena k ω -3 mastným kyselinám, kterou potřebujeme pro výstavbu buněčných membrán a tvorbu hormonů. Slunečnicový olej ji obsahuje jen ve stopovém množství, mnohem více jí je v řepkovém oleji. Podle nejnovějších doporučení WHO by měl být příjem kyseliny α -linolenové mezi 0,5 až 2 % celkového energetického příjmu [18].

4 TOXICKÉ LÁTKY VZNIKAJÍCÍ PŘI TEPELNÝCH ÚPRAVÁCH BÍLKOVINOVÝCH SLOŽEK POTRAVIN

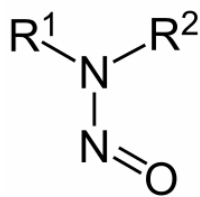
Při zpracování potravin za vyšších teplot, např. pečením, smažením, grilováním, pražením dochází k rozkladu aminokyselin za vzniku mnoha různých produktů. Některé z nich se uplatňují jako složky aroma potravin. V tomto ohledu má značný význam rozklad sirtých aminokyselin, cysteinu a metioninu. Reakce jsou zpravidla komplexní. Současně probíhá více typů reakcí a reakční produkty vstupují do vzájemných reakcí a reagují s dalšími složkami potravin.

V pyrolyzáttech aminokyselin a v různých potravinách zpracovávaných za vyšších teplot (zhruba při teplotách kolem 200 °C a vyšších) se vyskytují také některé mutagenní a karcinogenní produkty, z nichž jsou nejdůležitější tzv. non-IQ mutageny. Vznikají pyrolýzou tryptofanu, kyseliny glutamové, lyzinu, ornitinu a fenylalaninu. Prekurzorem IQ mutagenů je kreatinin. Pyrolýzou aminokyselin a proteinů za velmi vysokých teplot vznikají kondenzované uhlovodíky [8].

Toxické (karcinogenní) nitrosloučeniny vznikají při reakci aminokyselin obsahujících sekundární aminoskupinu (N-alkylaminokyseliny nebo aminokyseliny) s dusitany, resp. kyselinou dusitou či s oxidy dusíku. Toxické produkty vznikají také při reakci metioninu s některými oxidačními činidly (např. chlordusíkem) používanými jako aditivní látky a při reakci cysteinu s rezidui některých chlorovaných rozpouštědel [8].

4.1 Vznik N-nitrózaminů

Škodlivé nitrózaminy (mutagenní a karcinogenní) vznikají při reakci aminokyselin obsahujících sekundární NH₂ skupinu s dusitany. N-nitrózaminy představují velmi silné karcinogeny, které mohou být přítomny v řadě potravin, zejména pak v masných výrobcích zpracovaných s dusitanem sodným. Dusitan sodný používaný jako rychlosůl při výrobě uzenin či jako desinfekční prostředek obecně při zpracování masa, může reagovat s bohatě zastoupenými aminy v masných bílkovinách za vzniku N-nitrózaminů. Ve vařené slanině byla například prokázána přítomnost N-nitrózodimethylaminu a N-nitrózopyrolidinu [19].



nitrozaminová struktura

Nitrozosloučeniny se vyznačují výraznými genotoxickými účinky a karcinogenním potenciálem. Zatímco nitrozaminy podléhají oxidativnímu metabolismu a prostřednictvím nestabilních intermediátů vytvářejí alkylační látky schopné reagovat s DNA za tvorby aduktů. Nitrozamidy patří mezi přímo působící genotoxické látky nevyžadující metabolickou aktivaci [26].

Předpokládané endogenní procesy nitrozace za definovaných podmínek byly opakovaně modelovány v podmínkách *in vitro* s definovanou potravou. Nejvyšší mutagenní účinky po nitrozaci (detegované Amesovým testem) byly prokázány u nakládané zeleniny, sójové omáčky, ryb a rybích výrobků, u bobů a čínské zeli [19].

Vznik nitrozaminů inhibují sloučeniny schopné redukovat nitrozační činidla, např. kyselina askorbová v koncentraci 500 – 1000 mg.kg⁻¹ a tokoferoly v koncentracích 100 – 500 mg.kg⁻¹. Spolu vykazují větší inhibiční účinek. Inhibiční účinek má také oxid siřičitý, cystein a glutation. Nejběžnějším a také nejtoxičtějším je N-nitrozodimethylamin, který vzniká z dimethylaminu, případně z jiných aminosloučenin (sarkózinu, trimethylaminu, cholinu). Ve sladu je hlavním prekurzorem dimethylaminu alkaloid hordenin a gramin, přítomné v klíčicím ječmeni. Nitrozaminy vznikají velmi snadno z jakéhokoli sekundárního aminu a kyseliny dusité. Pro reakci je optimální pH 2,5 – 3,5. N-nitrozaminy po metabolické aktivaci a N-nitrozamidy jsou silné alkylační látky a jsou skupinou extrémně potentních chemických karcinogenů. Reakcí s DNA tvoří alkylační produkty jako stálé adukty. Karcinogenita byla prokázána u 40 živočišných druhů a nebyl zjištěn odolný druh zvířat proti karcinogennímu účinku. Rovněž byla prokázána jejich karcinogenita u lidí. Karcinogenní dávky jsou velmi malé, např. u N-nitrozodimethylaminu (NDMA) činí 35 mg.kg⁻¹ potravy u krys a 10 mg.kg⁻¹ potravy u myši. Nitrozaminy, v závislosti na struktuře sloučeniny, dávce a způsobu podání, mají schopnost indukovat u savců karcinomy prakticky všech orgánů. Specificita orgánové karcinogenity nitrozaminů je však závislá na živočišném druhu, což znamená, že je výrazně ovlivněna metabolickou aktivací [19].

Poměrně velký obsah nitrózaminů mají potraviny konzervované uzením nebo slaným a kyselým nálevem. Některá masa konzervovaná dusitany a dusičnany obsahují N-nitrózodimethylamin, N-nitrózopyrolidin a N-nitrózopiperidin. Obsah N-nitrózodimethylaminu a N-nitrózopyrolidinu je srovnatelný, obsah N-nitrózopiperidinu je přibližně desetkrát nižší. Samotné dusitany jsou relativně netoxické, ale přibližně 5 % všech požitých dusičnanů a dusitanů je přeměřeno na toxickejší nitrózaminy. N-nitrózodimethylamin je nejčastěji zjišťovaný těkavý nitrózamin v sýrech, pivu a potravinách konzervovaných dusitany a dusičnany (uzeniny, šunka). Obsah N-nitrózopyrolidinu se může zvyšovat vařením. Nitrózaminy vznikají rovněž ve fermentovaných potravinách, při tepelné úpravě potravy a to zejména při smažení tučných masných výrobků obsahujících dusitany nebo dusičnany [19].

5 POLYCYKLICKÉ AROMATICKÉ UHLOVODÍKY

Jednou z nejdůležitějších cest vzniku PAU jsou procesy spalování (pyrolýza) organické hmoty probíhající za omezeného přístupu kyslíku při teplotách 500 – 900 °C, zejména pak nad 700 °C. Vlastní mechanismus jejich vzniku spočívá v pyrosyntéze z nízkomolekulárních nenasycených alifatických uhlovodíků [8].

Sledování širokého spektra PAU v tak složitém materiálu jako jsou potraviny je náročné a proto se starší práce vesměs omezily pouze na stanovení benzo[a]pyrenu (s ohledem na jeho karcinogenní potenciál) jakožto indikátoru kontaminace potravin rizikovými PAU [8].

Některé způsoby technologického zpracování potravinářských surovin a pokrmů mohou vést ke snížení, avšak někdy naopak ke značnému nárůstu obsahu PAU. U uzení masa a ryb představuje jeden z nejstarších způsobů zvýšení jejich tržnosti při jejich současné aromatizaci. Mezi více než 300 produkty pyrolýzy ligninu, hemicelulózy, celulózy a dalších přirozených složek spalovaného dřeva či dřevěných pilin bylo identifikováno asi 70 PAU. Saze dispergované v uvolňovaném kouři obsahují největší podíl PAU (téměř 90 %), a jsou tak hlavním zdrojem kontaminace povrchu daného produktu. Z tohoto důvodu je vždy nutné jejich přímý kontakt s potravinami minimalizovat [8,26].

Výsledný obsah PAU ovšem závisí na celé řadě faktorů, jako je druh a vlhkost spalovaného paliva, přívod kyslíku, technika tvorby a úprava kouře, typ udicího procesu a doba vlastního uzení. V praxi se dává přednost tvrdým dřevům (buk, dub), protože hoří při nižších teplotách a jsou méně slzotvorné oproti dřevům měkkým. Za běžných podmínek vyvíjení kouře při spalovacích teplotách v rozmezí 500 – 700 °C obsahuje kouř značné množství naftalenu, frakce karcinogenních PAU se na celkovém obsahu škodlivin podílí zhruba z 5 %. Značnou roli, pokud jde o výsledný obsah PAU, hraje i druh uzeného výrobku, konkrétně velikost exponovaného povrchu a obsah tuku. Nejvyšší množství PAU se běžně nachází na povrchu, jeho difúze do hlubších vrstev není významná. Tak např. v kůži ryb bývají nálezy PAU 4 až 24krát vyšší než v podpovrchových vrstvách. Obdobnou bariérou proti průniku PAU do jedlého podílu jsou různé syntetické obaly [8,26,27].

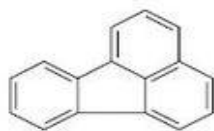
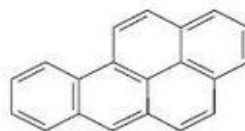
Grilování, případné pečení na roštu je delší tepelnou úpravou, která může za určitých okolností vést k velmi závažnému nárůstu jak endogenních tak exogenních PAU v daném produktu. Zdroje kontaminace jeho povrchu mohou být následující:

- produkty pyrolýzy tuku skapávajícího na horkou topnou plochu či žhnoucí palivo
- produkty pyrolýzy použitého paliva
- produkty pyrolýzy grilované suroviny endogenně vznikající při kontaktu s plamenem z přítomných prekurzorů [8].

Absorpce PAU v gastrointestinálním traktu je obecně snadná, nicméně její rozsah závisí na složení diety. Přestup vzrůstá při vyšších obsazích tuků, které je rozpouštějí, avšak některé složky potravy (např. flavonoidy a jiné polyfenoly) příjem PAU snižují. Biologická dostupnost PAU z přepálených pokrmů je překvapivě nízká, přestože jejich obsah je relativně vysoký. Důvodem je jejich imobilizace zuhelnatělými částicemi. Absorpce PAU je následována rychlou distribucí v organismu, neboť snadno prostupují lipoproteinovými membránami. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny IARC (International Agency for Research of Cancer, Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny) klasifikuje řadu PAU jako významné chemické karcinogeny. Dosud největší pozornost byla v této souvislosti věnována vysoce rizikovému a běžně vyskytujícímu karcinogenu benzo[a]pyrenu [8,26,27].

V řadě zemí existují pro PAU hygienické limity. Hygienické limity platné v ČR zahrnují mezi PAU 9 sloučenin: benzo[a]antracén, benzo[b]fluoranten, chrysen, benzo[a]pyren, dibenzo[ah]antracén, indenol[1,2,3-cd]pyren, dibenzo[ah]pyren a dibenzo[ai]pyren. Přípustné množství jednotlivých sloučenin se podle druhu potravin pohybuje od 0,5 do 10 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celkový obsah uvedených PAU nesmí překročit desetinasobek přípustného množství jedné látky [8].

Metabolismus nitroderivátů PAU probíhá odlišně od mateřských sloučenin. Při orálním příjmu je větší podíl těchto sloučenin redukován na příslušné aminoderiváty střevní mikroflórou. K jejich vyloučení z organismu dochází po oxidaci na hydroxyderiváty, redukcí nitroskupiny na aminoskupinu a acetylací aminoskupiny v játrech. Majoritním produktem nitroderivátů PAU resorbovaných beze změny z gastrointestinálního traktu jsou hydroxy-nitroderiváty PAU [8].

**pyren****fluoranthen****benzo[a]pyren (B[a]P)**

ZÁVĚR

V bakalářské práci byly popsány předběžné úpravy potravin, rozdělení tepelných úprav, vznik toxických látek při tepelných úpravách sacharidových, lipidových a bílkovinných složek potravin a polycyklické aromatické uhlovodíky. Byly popsány látky, které vznikají při překročení tepelného záhřevu ve složkách potravin, při zpracování a skladování.

Během předběžné přípravy dochází k různým biochemickým pochodům účinkem některých enzymů, kvasinek, bakterií nebo chemických látek, např. při kynutí těsta, zrání masa nebo nakládání, čímž se mění struktura, popřípadě chuť potravin.

Při termickém zpracování potravin při teplotách kolem 150 °C (např. pečení) probíhají mnohem komplexnější reakce než při teplotě 100 °C. Jejich důsledkem je jistá ztráta všech aminokyselin, ale také vznik typických vonných a chuťových látek. Při teplotách kolem 200 °C a vyšších (např. v povrchových vrstvách masa při pečení, smažení, grilování aj.).

Vzhledem ke složitosti Maillardovy reakce jsou často pro její studium voleny jednodušší systémy, než jsou potraviny, např. modelové systémy obsahující pouze jeden redukující cukr a jednu aminokyselinu. Výzkumy ukázaly, že i v tak jednoduchém reakčním systému jakým je glukóza a glycin vzniká mnoho desítek reakčních produktů. Proto nebyly ani v jednoduchých systémech mechanismy Maillardovy reakce úplně objasněny. Podstatně méně je známo o reaktivních meziproduktech, které vznikají ve velmi nízkých koncentracích a navíc se obvykle rozkládají během izolace. Velmi málo je také známo o vznikajících volných radikálech.

Tvorba akrylamidů v potravinách je výsledkem reakce známé jako Maillardova reakce. Tvorba vlastního akrylamidu je objasněna pouze částečně, neboť Maillardovy reakce patří mezi nejsložitější chemické reakce, které mohou v potravinách probíhat.

Akrolein je silně dráždivý k očím, sliznicím, kůži a dýchacímu traktu. Je to toxická látka. Měl by být uchován v chladných, suchých, dobře větraných prostorách v pevně utěsněných nádobách oddělených od zásaditých materiálů jako čpavek, organické aminy nebo minerální kyseliny, silná oksylichovadla a kyslík. Akrolein je rozpustný ve vodě, alkoholu, éteru a acetonu.

Škodlivé nitrózaminy (mutagenní a karcinogenní) vznikají při reakci aminokyselin obsahujících sekundární NH₂ skupinu s dusitanem. N-nitrózaminy představují velmi silné

karcinogeny, které mohou být přítomny v řadě potravin, zejména pak v masných výrobcích zpracovaných s dusitanem sodným.

Kulinární úpravy a tepelné úpravy potravin jsou důležité pro přípravu pokrmů. Strava doprovází člověka celý život. Tepelné úpravy, kterých bychom se měli vyvarovat jsou pečení a smažení na nesprávném tuku, uzení teplým kouřem a grilování. Více by jsme měli potraviny upravovat formou dušením a vařením, nebo tepelnou úpravou v konvektomatech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KREJČÍ, P., FORMAN, V., Základy technologie přípravy pokrmů. 1.vyd. Zlín, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 149 s.
- [2]<http://www.vyzivaspol.cz/encyklopedie-vyzivy-k-hesla/kuchynska-kulinarni-uprava-potravin.html>
- [3] ČIPERA, P., KREUZIGER, J., Základy technologie přípravy stravy. 5.vyd. VVŠ PV Vyškov, 2001, 49 s.
- [4] <http://www.eufic.org>
- [5] <http://www.beta.emulgatory.cz>
- [6] <http://www.efsa.europa.eu>
- [7] STRATIL, P., Chemie potravin, dostupné na: http://share.centrax.cz/CPO-6_Reakce_sacharidu,_str_136-164.pdf
- [8] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J., Chemie potravin I, Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2
- [9] Chemie a Analýza Potravin, dostupné na: <http://utb-files.cepac.cz>
- [10] KOLOUCH, M., VOLFOVÁ, A., Stroje a zařízení v gastronomii a technologie přípravy pokrmů. Fortuna, 2000, 112 s.
- [11] Vyhláška č.4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin Příl.4
- [12] Chemické listy – minimalizace obsahu akrylamidu v potravinách
- [13] <http://www.food.gov.uk>
- [14] <http://www.epa.gov/iris/subst/0286.htm>
- [15] <http://www.bezpecnostpotravin.cz>
- [16] <http://www.eatwell.gov.uk>
- [17] Toxicological Review of Acrolein: In Support of Summary Information on The Risk Information system, May 2003; US Environmental Protection Agency, Washington, DC, CAS No. 107-02-8, Agency for Toxic Substance and Disease Registry: Division of Toxicology and Environmental Medicine. Dostupný

z WWW:><http://www.atsdr.cdc.gov/mhmi/mmg124.html><<http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/AC/akrolein.html>>

[18] VEČERKOVÁ, H., DOLEŽAL, M., Mladá fronta DNES (Příloha – Test). Vysoká škola Chemicko-technologická Praha, 2013.

[19] STRATIL, P., Chemie potravin, dostupné na: http://share.centrax.cz/CPO-9-14_Kontaminujici_latky,_str_379-408.pdf

[20] DOSTÁLOVÁ, J., *Co se děje s potravinami při přípravě pokrmů*. 1.vyd. Praha, For-sapi. ISBN 978-80-903820-8-4

[21] Pánek, J., Raa, T. G., Hellevik, M., Kouřimská, L., Helle, S., Molín, R., Potůček, T.

[22] ec.europa.eu/food/chemicalsafety/contaminants/akrylamide/crisps-CS-final.pdf

[23] TAEYMANS, D. WOOD, J. ASHBY, P. aj. A Review of Acrylamide: An Industry Perspective on Research, Analysis, Formation, and Control. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, 2004, roč. 44, s. 323-347

[24] WIEKLUND, T. ÖSTLIE, H. LOTHE, O. aj. Acrylamide in potato crisp – The effect of raw material and processing. *LWT*, 2006, roč. 39, s. 571-575

[25] Vznik akrylamidu v potravinách, Projekt MŠMT č.: 2B06168, NPV II – Akrylamid, Strategie zajištění chemické bezpečnosti tepelně zpracovaných výrobků z brambor a cereálií, Vysoká škola Chemicko-technologická v Praze

[26] TUREK, B., HRUBÝ, S., ČERNÁ, M., *Nutriční toxikologie*. 1.vyd. Brno, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1994, 123 s.

[27] Prof. Dr. Med. H. Lülmann, Prof. Dr. Med. K. Mohr, Prof. Dr. Med. Martin Wehling, *Farmakologie a Toxikologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003, 728 s.

[28] BESARATINIA, A., PFEIFER, P., A review of mechanisms of acrylamide carcinogenicity. *Carcinogenesis*, 2007, 28, 519-528.

[29] COOKE, G., M., TAYLOR, M., BOURQUE, C., CURRAN, I., GUROFSKY, S., GILL, S., Effects of furan on male rat reproduction parameters in a 90-day gavage study, 2014, 46, 85-90.

[30] ARNOLDI, A. Thermal processing and nutritional quality. In Henry, C.J.K., Chapman, C. *The nutrition handbook for food processors*.

Cambridge: WoodheadPublishing Limited, 2002, s. 265 – 292. ISBN 1-85573-464-8

[31] ADAMIEC, J., CEJPEK, K., RÖSSNER, J., VELÍŠEK, J. Novel Strecker degradationproducts of tyrosine and dihydroxyphenylalanine. Czech Journal of Food Science, 2001, 19, s. 13 – 18

[32] RÖSSNER, J., VELÍŠEK, J., PUDIL, F., DAVÍDEK, J., StreckerDegradationProductsof Aspartic and GlutamicAcids and theirAmides

[33] Stratil P., Kubáň V.: Chemické listy 99/1, 2005, s. 1-12

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

IARC	International agency for research of cancer (Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny).
NDMA	N-nitrózodimethylaminu.
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky.
WHO	World health organization (Světová zdravotnická organizace).

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Konvektomat [s. 16]

Obrázek č. 2 Vznik furanonů a pyranonů [s. 21]

Obrázek č. 3 Schematické znázornění Maillardovy reakce [s. 24]

Obrázek č. 4 Streckerova degradace aminokyselin [s. 25]

Obrázek č. 5 Vznik IQ mutagenů [s. 28]

Obrázek č. 6 Reakční schéma vzniku akrylamidu v potravinách [s. 29]

Obrázek č. 7 Vznik akrylamidu v Maillardově reakci [s. 31]

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Teploty karamelizace podle druhu cukru [s. 18]

Tab. 2 Přehled mutagenní schopnosti nejvýznamnějších heterocyklických aminů vznikajících pyrolýzou a některých jiných typických karcinogenů [s. 26]

Tab. 3 Obsah akrylamidu v potravinách [s. 30]

Tab. 4 Poměr mastných kyselin v olejích [s. 36]

SEZNAM PŘÍLOH

