

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Zdravotní a senzorický význam tvorby akrylamidu  
v potravinách**

**Bakalářská práce**

**Jolana Luxemburková**

**Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**

**Ing. Oldřich Faměra CSc.**

**© 2021 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Zdravotní a senzorický význam tvorby akrylamidu v potravinách jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 03.05.2021

---

## **Poděkování**

Velice ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu panu Ing. Oldřichovi Faměrovi, CSc. za čas, trpělivost, ochotu a cenné rady a připomínky při zpracování této práce. Významné díky patří také všem pedagogům za jejich přednášky a cvičení. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a přátelům, za jejich podporu během celého mého studia.

# Zdravotní a senzorický význam tvorby akrylamidu v potravinách

## Souhrn

Procesní kontaminanty endogenního původu vznikají během různých technologických úprav a je pro ně charakteristické to, že do produktu nebyly přidány, ale vznikly jako nové nežádoucí molekuly, během jedné nebo více technologických úprav nezbytných pro bezpečnost a kvalitu finálních produktů. Je proto cílem poznat podmínky vzniku těchto látek během výrobního postupu a navrhnout technologická opatření ke snížení jejich obsahu v potravinách.

Tato práce je zaměřena na jeden z procesních kontaminátů – akrylamid, typicky vznikající u potravin bohatých na škrob, při tepelné úpravě, jako je smažení, fritování nebo pečení, a to za teplot vyšších sto dvaceti stupňů Celsia. Jednou z podmínek spějících k jeho vzniku je i nízká vlhkost. Mezi nejrizikovější potraviny spadají smažené bramborové pokrmy, káva, snídaně cereálie a sušenky.

Jelikož se jedná o potenciálně karcinogenní látku pro všechny věkové kategorie, mající negativní vliv i na nervovou soustavu, je nezbytné jeho hladiny v potravinách řádně monitorovat a držet je na minimu. Tohoto je možné docílit různými drobnými i většími technologickými úpravami. Jeho úplné vyloučení z finálních produktů ovšem možné není.

Pro vznik akrylamidu je klíčová Maillardova reakce, jejímž principem je reakce mezi redukcujícím sacharidem a aminokyselinou, typicky asparaginem, za následného neenzymatického hnědnutí, které zároveň potravině dodává lákavou chuť, vůni a texturu. Množství akrylamidu koreluje s barvou produktu, čím tmavší je produkt po tepelné úpravě, tím více akrylamidu bude obsahovat.

Pro efektivní prevenci před vznikem vysokých hladin akrylamidu je stěžejní primárně pochopit přesný mechanismus jeho vzniku. V eliminačních metodách jsou zahrnuty technologie pěstování vedoucí k nižším hladinám asparaginu, průmyslová úprava potravin a v neposlední řadě přidávání aditiv při tepelné úpravě.

Cílem je efektivně aplikovat zmírňující úkony v různých technologických postupech tak, aby co nejvíce zamezily následné tvorbě akrylamidu.

**Klíčová slova:** akrylamid, pekařské výrobky, zdravotní rizika, sensorika

# Health and sensory significance of acrylamide formation in food

## Summary

Process contaminants of endogenous origin are formed during various technological modifications and are characterized by the fact that they were not added to the product but formed as new undesirable molecules during one or more technological modifications necessary for the safety and quality of the final products. The aim is therefore to perfectly understand the production technology as such, in order to prevent the formation of these hazardous substances.

This work is focused on one of the process contaminants - acrylamide, typically formed in starch-rich foods, during heat treatment, such as frying or baking, at temperatures above one hundred and twenty degrees Celsius. One of the conditions leading to its formation is low humidity.

The most risky foods include fried potato dishes, coffee, breakfast cereals and biscuits.

As it is a potentially carcinogenic substance for all ages, which also has a negative effect on the nervous system, it is necessary to properly monitor its levels in food and keep them to a minimum. This can be achieved by various minor and major technological modifications. However, its complete exclusion from the final products is not possible.

The key to the formation of acrylamide is the Maillard reaction, the principle of which is the reaction between a reducing saccharide and an amino acid, typically asparagine, followed by non-enzymatic browning, which at the same time gives the food a tempting taste, aroma and texture. One of the undesirable by-products of this reaction is acrylamide.

For effective prevention of high levels of acrylamide, it is crucial to primarily understand the exact mechanism of its formation. Elimination methods include cultivation technologies leading to lower levels of asparagine, industrial food processing and, last but not least, the addition of additives during heat treatment.

The common goal of food engineers and operational food companies is to effectively apply mitigation measures in various technological processes so as to prevent the subsequent formation of acrylamide as much as possible and thus protect the health of consumers.

**Keywords:** acrylamide, bakery products, health risks, sensory



# OBSAH

<b>1 Úvod</b> .....	7
<b>2 Cíl práce</b> .....	8
<b>3 Charakteristika procesních kontaminantů</b> .....	9
3.1 Fyzikálně - chemické vlastnosti akrylamidu.....	10
3.2 Průmyslová výroba .....	11
3.3 Dietární expozice.....	12
<b>4 Vznik</b> .....	14
4.1 Maillardova reakce .....	15
4.1.1 Vznik z asparaginu.....	16
4.1.2 Alternativní vznik.....	17
<b>5 Toxicita</b> .....	17
5.1 Neurotoxicita.....	19
5.2 Reprodukční toxicita.....	21
<b>6 Způsoby eliminace AA</b> .....	21
6.1 Eliminace ve výrobcích z brambor .....	22
6.1.1 Plátkové bramborové lupínky.....	23
6.1.2 Hranolky a jiné smažené, či pečené bramborové pokrmy.....	23
6.1.3 Bramborové výrobky na bázi těsta (snacky, krekry, lupínky).....	24
6.2 Eliminace AA v chlebu a běžném pečivu.....	25
6.2.1 Eliminace AA v jemném a trvanlivém pečivu.....	26
6.3 Eliminace AA ve snídaňových cereáliích.....	28
6.4 Eliminace v kávě.....	29

6.4.1 Náhražky kávy obsahující více než 50 % obilovin.....	29
6.4.2 Náhražky kávy obsahující více než 50 % čekanky.....	30
6.5 Sušenky pro děti a obiloviny pro kojence.....	30
6.5.1 Konzervované potraviny pro děti.....	31
7 Enzym V-Care Acryl (NS).....	32
Závěr.....	33
Literatura.....	35
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	37



## 1. Úvod

Akrylamid je nežádoucí chemická látka, tvořící se během tepelné úpravy potravin, zejména bohatých na škrob, při teplotách vyšších než 120 °C a nízké vlhkosti. Je to jeden z nejběžnějších procesních kontaminantů endogenního původu vznikající během tepelné technologické úpravy potravin, uplatněním Maillardovy reakce, která je spojená s dodáním potravině charakteristické barvy a textury, chuti a vůně, zlepšující její sensorické vlastnosti.

Na druhou stranu ale zároveň patří do kategorie prokázaných lidských karcinogenů, vykazující několik toxických vlastností včetně mutagenity, karcinogenity, teratogenity a neurotoxicity.

Jeho kompletní odstranění není možné, určitá eliminace však ano. Výzkum tohoto nežádoucího kontaminantu je předmětem mnohých vědeckých studií jak z hlediska mechanismu vzniku, metabolismu v lidském organismu a možných zdravotních rizik spojených s jeho konzumací, tak i snaha o co největší stupeň jeho eliminace.

Obsah akrylamidu závisí nejen na teplotě během tepelné úpravy, ale i na mnohých dalších faktorech, jako je pH, vodní aktivita nebo čas.

S ohledem na výše zmíněná potenciální rizika spojená s konzumací potravin obsahujících akrylamid, byla v posledních letech vydána některá legislativní opatření, zabývající se přísným pozorováním jeho výskytu v konkrétních potravinách. Jsou zde kladeny zvýšené nároky na technologickou úpravu, zamezující tvorbě zbytečně vysokého množství akrylamidu. Jedním z novějších je nařízení komise Evropské unie 2158/2017, které oficiálně platí od 11. dubna. 2018 <sup>1,3,5,6,9</sup>

## **2. Cíl práce**

Cílem této práce je shrnutí dostupných informací o procesním kontaminantu akrylamidu, zejména mechanismu jeho vzniku, jeho množství v různých potravinách, možnostmi, jak jej lze efektivně eliminovat a shrnutí případných možných zdravotních rizik spojených s jeho konzumací a v neposlední řadě i některých legislativních opatřeních, majících za úkol jeho minimalizaci.

### 3. Charakteristika procesních kontaminantů

Již od počátku lidstva jsou různé formy kontaminantů součástí potravin, ať už se jedná o nežádoucí mikrobiální kontaminaci, pro jejíž eliminaci v dnešní době již existuje velké množství technologií a metod aplikovaných při různých fázích výroby nebo procesní kontaminanty – spojuje je to, že se původně v surovině pro potravinářskou výrobu nevyskytují, ale vznikají endogenně při jednom nebo více technologických procesech, jimiž je potravina podrobena.

Co se týká výše zmíněné mikrobiální kontaminace, již po staletí je známo, že jednou z několika efektivních metod pro zajištění garance usmrcení těchto nežádoucích patogenních mikroorganismů a jejich spór, je tepelná úprava. Jsou aplikovány různé teploty, po různou dobu, záleží na typu potravině a na mnohých dalších faktorech.

Tepelná úprava s sebou ovšem automaticky nese i podstatnou nevýhodu, a to takovou, že při ní vznikají technologické kontaminanty, jako je akrylamid (AA), jenž je negativně spojen s lidským zdravím kvůli své toxicitě, a tím pádem je možno jej řadit mezi potenciální lidské karcinogeny.<sup>1,4</sup>

Tato látka byla do roku 2002 již známá z průmyslové výroby nebo například jako součást cigaretového kouře, ale ve spojitosti s potravinami se jedná o relativně novou problematiku. Jeho objevení učinil Švédský národní výbor pro potraviny (SNFA) v roce 2002, kdy došlo k překvapivému zjištění různě vysokých hodnot monomeru akrylamidu v některých tepelně zpracovaných potravinách. Ihned po tomto zjištění se do jeho zkoumání zapojily různé instituce potravinářského průmyslu v rámci EU, za účelem zjištění mechanismu vzniku a jeho následné eliminaci.<sup>14</sup>

Není však bohužel jediným nežádoucím produktem tepelného zpracování, je jich mnoho dalších. Liší se mezi sebou v mnoha směrech, ať už toxicitou, mechanismem vzniku nebo po kompletně celé chemické stránce.

Výše zmíněné procesní kontaminanty, vznikají při technologickém zpracování potravin, jakožto nežádoucí chemické látky, vzniklé z látek původně netoxických nebo dokonce prospěšných živin, jako například esenciální mastné kyseliny, vitamín C nebo sacharidy.

Tepelná úprava však není jediným původcem jejich vzniku – procesní kontaminanty mohou vznikat i během procesu fermentace, rafinace nebo uzení. Jedná se de facto o nově vzniklou molekulu v potravíně, jež nebyla součástí suroviny ani nádoby, nýbrž vznikla během technologické úpravy. V menší míře mohou být buď relativně neškodné nebo, v častějším

případě, se jedná o látky karcinogenní a toxické, způsobující závažná onemocnění. Nejčastěji se do potravin dostávají během tepelné úpravy, například při styku s ohněm, nebo i během uzení.

Tepelná úprava, jak jsem již výše zmínila, se neaplikuje pouze z důvodů hygienických, ale také sensorických. Některé potraviny jsou bez tepelné úpravy nepoživatelné nebo nestravitelné, tudíž se jí často nelze vůbec vyhnout. Při její aplikaci totiž můžeme docílit daleko větší kvality po chuťové stránce, například intenzivnějšího propečení, atraktivnější barvy nebo vůně suroviny.

Jelikož byla zjištěna mnohá potenciální zdravotní rizika při zvýšené konzumaci potravin obsahujících procesní kontaminanty, je nyní v zájmu EU zajistit co největší možnou minimalizaci jejich vzniku.

Byla vydána některá opatření, jež mají regulovat množství konkrétních procesních kontaminantů obsažených v dané potravine. Při jejich vyšším obsahu nesmí být tento produkt uveden na trh. Nejedná se tedy pouze o akrylamid (AA), ale i o chemicky velmi rozdílné látky, vzniklé naprosto odlišnými mechanismy.

Mezi některé běžné technologické kontaminanty negativně ovlivňující lidské zdraví patří například 3 – monochlorpropan – 1,2 – diol, glycidyl estery mastných kyselin, polycyklické aromatické uhlovodíky a mnoho dalších.<sup>6,27,28,29</sup>

### 3.1 Fyzikálně chemické vlastnosti akrylamidu

Akrylamid ( $C_3H_5NO$ ), neboli amid kyseliny akrylové, systematickým názvem 2-propenamid, je vinylový krystalický monomer, o nízké molekulové hmotnosti, a to  $71,08 \text{ g.mol}^{-1}$ , patřící mezi látky dobře rozpustné ve vodě, polárních rozpouštědlech a v neposlední řadě v alkoholech. Je to organická sloučenina, téměř nerozpustná v nepolárních organických rozpouštědlech. Je to látka průmyslově vyráběná, z pravidla hydratací akrylonitrilu. Vzhledem působí jako bílý prášek, bez chuti a zápachu, jehož krystaly mohou vytvářet prach, který je na vzduchu hořlavý. Za dodržení laboratorních podmínek je stabilní, dá se skladovat relativně dlouhou dobu, má tendenci polymerovat, za přítomnosti některých silně oxidačních činidel, kyselin nebo peroxidů. Zakoupit se dá buď ve formě prášku nebo roztoku o koncentraci 30

nebo 50 procent. Bod tání je 192,6 °C a teplota varu je 84,5 °C. Jeho molekula je poměrně malá, jedná se o difunkční monomer, obsahující amidovou skupinu a reaktivní elektrofilní dvojnou vazbu.

Dvojná vazba může jednoduše podléhat některým reakcím, jako například radikálovým reakcím nebo nukleofilní adici, zatímco amidová skupina podléhá spíše kondenzacím s aldehydy, alkoholýze, hydrolýze nebo dehydrataci.<sup>4,7,10,12</sup>

### 3.2 Průmyslová výroba

Akrylamid se vyskytuje jak ve formě monomeru, tak i polymeru. Naprostá většina akrylamidu se využívá pro výrobu polyakrylamidu, jež má mnohá využití v chemických technologiích, a je komerčně vyráběn od roku 1954.

Jeho průmyslová syntéza probíhá hydratací akrylonitrilu s vodou, přítomen je i katalyzátor na bázi mědi. Celá reakce vyžaduje teplotu okolo 85 stupňů Celsia. Jedním z hlavních je využití jakožto flokulant při vodárenské úpravě pitné vody, což s sebou automaticky nese i určité riziko kontaminace této vody zbytkovým monomerem. Limitem je 0,1 µg l<sup>-1</sup> jak v České republice, tak i v Evropské unii, zatímco v USA hodnota činí 0,05 µg l<sup>-1</sup>. Využívá se i při čištění vod znečištěných při výrobě papíru a celulosy nebo má schopnost čistit i městské a opadní vody. Principem čištění výše zmíněných vod je schopnost odstranění koloidní fáze, která by normálně nešla vyloučit z vody usazováním.

Akrylamid je ale využíván v mnohem širším spektru, například při úpravě nerostů nebo v kosmetickém průmyslu jako zahušťovadlo, v textilním průmyslu zajišťuje rovnoměrné rozprostření barvy tím, že brání shlukování barevných pigmentů, nebo v potravinářském průmyslu při výrobě některých speciálních obalů určených pro balení potravin. Dále je jeho monomer využíván jako tmel při výstavbě tunelů a přehrad, pro zpevnění půdy a ve formě gelu nachází uplatnění v laboratořích při elektroforetické separaci proteinů.

Polyakrylamid samotný toxický není, v některých státech se i přes to jeho celkové využití legislativně reguluje, jelikož může obsahovat zbytkový monomer akrylamidu, který toxické účinky nese. Největšími producenty akrylamidu jsou USA, Evropa a Japonsko.<sup>1,4,10,11</sup>

### 3.3 Dietární expozice

S expozicí akrylamidem je možné se setkat jak ve formě nepotravinové, tak i majoritně skrze potraviny.

Jiným způsobem než skrze potraviny je možné jej inhalovat ve formě cigaretového kouře, popřípadě je možné vzít v potaz možná zbytková rezidua při čištění odpadních vod, a kromě orálního způsobu může do organismu vniknout i prostřednictvím plic nebo kůže, nicméně hlavní expozicí, jíž je potřeba co nejvíce minimalizovat je expozice skrze potraviny.

Lidé přijímají různá množství AA skrze potravu, v závislosti na stravovacích návycích a mnohých dalších faktorech.

Vznik akrylamidu je charakteristický zejména pro potraviny rostlinného původu, bohaté na škrob, kde je hladina této látky značně vyšší než v jakýchkoli jiných komoditách a je potřeba ji pravidelně sledovat. V produktech živočišných byly naměřeny hodnoty velmi nízké. Některé potraviny, kterým je potřeba věnovat velkou pozornost, co se týká obsahu AA, jsou v první řadě bramborové výrobky (hranolky, krokety, smažené bramborové lupínky), kde bývá potenciální hladina AA vůbec nejvyšší, může sahat až k hodnotám  $5312 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , lze ale dosáhnout i hodnot značně nižších, kolem  $55,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , v závislosti na dodržení správných technologických postupů.

Mezi další potraviny náchylné ke vzniku vyšších hladin AA patří i různé mlýnské obilné výrobky (vločky, káva, kávovinové náhražky, pečivo trvanlivé, křehký chléb typu „Knackebrot“, bílý chléb, sušenky, perníky, oplatky). Množství AA například v sušenkách se také různí. Byly zjištěny hodnoty relativně nízké, a to mezi 44 až  $121 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , nicméně u některých dalších měření se hodnoty pohybovaly i mezi 240 až  $560 \mu\text{g.kg}^{-1}$ . V tomto případě je hladina AA závislá na použití kypřících látek a opět na technologii zpracování a finální úpravě.

U snídaňových cereálií jsou technologie přípravy velmi různé, tudíž se bude různit i následující obsah AA ve finálním produktu. Z provedených studií jsou výsledky následující. Konings a spol. uvádějí obsah AA v těchto produktech 44 až  $121 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , Taeymans a spol.  $204\text{--}560 \mu\text{g.kg}^{-1}$  a Schneeweiss  $69\text{--}365 \mu\text{g.kg}^{-1}$ .

U již zmíněného chleba se nevýznamnější množství AA nachází právě v kůrce, nikoli ve střídě a jeho obsah je závislý na druhu a stupni vymletí mouky, době a teplotě kvašení a pečení, fermentaci, a ve finále použití kyseliny mléčné a citronové.

V silně propečeném pšeničném chlebu se například hodnoty pohybovaly mezi 15 a 161  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , zatímco v chlebu žitném byly naměřeny hodnoty o něco vyšší, a to v rozmezí 68 až 205  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Oba chleby byly přitom upečeny za stejných podmínek.

Množství AA v kávě rovněž úzce souvisí s mnoha faktory. V tomto případě je hladina AA závislá nejen na druhu a podmínkách pražení, dále na podmínkách extrakce a sušení v případě kávy rozpustné, je rovněž spojena s vytříděním nedozrálých kávových plodů. Nedozrálé plody totiž obsahují více volného asparaginu, s kterým množství AA logicky stoupá.

Co se týká hodnot AA, vůbec nejvyšší hodnoty se uvádí u pražené kávovinové směsi, dosahující hodnot až 4000  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , značně méně AA obsahuje káva instantní, kde může dosáhnout hodnoty až 500  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  a vůbec nejnižší hodnoty nabývá pražená zrnková káva, kde je uveden rozsah AA 40–400  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , s průměrnou hodnotou na 200  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ .

Negativnímu působení AA jsou prokazatelně vystaveny všechny věkové skupiny, speciálně potom děti, z důvodu jejich nízké hmotnosti.

Hlavními potravinami přispívajícími k expozici AA jsou tedy u dospělých převážně smažené pokrmy, jako například krokety, hranolky nebo pečené brambory, dále káva a v neposlední řadě různé druhy pečiva.

U dětí přispívají k expozici rovněž smažené bramborové pokrmy, dále produkty na bázi cereálií (pečivo, snídanové cereálie nebo sušenky), cukrářské výrobky a zvýšené riziko mohou nést i obilné i příkrmy pro kojence, nebo například sušená mléka. V sušených mlécích byly naměřené hodnoty aminimální (3,21–9,06  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), v příkrmech o něco vyšší (6,80  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  - 123,93  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ). Nejvyšší hodnoty byly poté změřeny u obilných nemléčných kaší, kde byl zjištěn obsah až 582  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ .

I přes to, že některé dětské příkrmy obiloviny nutně obsahovat nemusí, mohou obsahovat například med, fruktosu nebo ovoce, a i tyto složky obsah AA prokazatelně zvyšují. Je proto doporučeno zmíněné složky z receptury kompletně vynechat.

Významně vyšší hladina AA může být shledána u výrobků připravených v domácích podmínkách, jelikož zde nebývají kladeny vysoké nároky na technologii výroby a hladiny AA nebývají v těchto podmínkách monitorovány.

Za normálních okolností průměrný denní příjem AA pro člověka činí 0,85  $\mu\text{g}$  na koligram živé váhy. Množství denně zkonsumovaného AA se ovšem velmi liší v různých zemích, v závislosti na tamních stravovacích návycích.

Vzhledem ke zjištění všech výše popsaných alarmujících dat, byl v letech 2007–2010 proveden monitoring AA v 25 různých Evropských zemích. Předmětem výzkumu byly různé potraviny s potenciálně vyšší hladinou AA.

Roku 2012 EFSA uvedla, že v průběhu monitoringu došlo k několika změnám, co se týká hladin AA. Hodnoty se markantně snížily u sušenek (o 43 %), dětské obilné výživy (o 49 %) a pikantních nebramborových snacků (o 42 %), některé hodnoty se naopak zvýšily, například u hranolků připravených z čerstvých brambor (o 39 %) nebo u instantní kávy o 214 %.<sup>1,3,13,18, 22, 24,32</sup>

## 4 Vznik

Studie uvádí, že naprostá většina AA vzniká během teplot 120–170 stupňů Celsia, běžně ale vzniká ve vyšším rozmezí teplot, a to 120–210 stupňů Celsia. Jeho tvorba ovšem může začínat již od dosažení teploty 100 °C, kdy dochází ke vzniku N-glykosidu, jenž je dále mezi vazbou C-N štěpen a tvoří se meziprodukt, ze kterého může následně AA vzniknout.

Akrylamid je látka vznikající právě tepelnou úpravou, v žádném případě se do produktů nepřidává.

Kromě teploty je další podmínkou spějící jeho vzniku i nízká vlhkost. Typicky vzniká během smažení, pečení a pražení, převážně z potravin výše zmíněných, které jsou bohaté na škrob a obsahují jeho prekurzory. Během úpravy v mikrovlnné troubě nebo při vaření vznik AA zaznamenán nebyl.

Charakteristické pro tuto reakci je vznik hnědých pigmentů, neboli melanoidinů, z čehož vyplývá, že se jedná o neenzymatické hnědnutí. Důsledkem tohoto děje vznikají významné sensorické látky, jež propůjčují potravině lákavou vůni, vzhled, texturu a zbarvení. Obecně však platí, že čím tmavší je barva například propečené chlebové kůrky, tím vyšší obsah AA bude pravděpodobně mít. Jeho množství se totiž dramaticky zvyšuje u konce procesu tepelné úpravy. Vznik hnědých pigmentů má na svědomí reakce mezi redukcujícími cukry a aminosloučeninami, následkem čehož vzniká mnoho reaktivních karbonylových sloučenin.



Výsledné potenciální množství AA tedy závisí primárně na vlhkosti a samotném složení potraviny (obsah aminokyselin, a zejména potom volného asparaginu, redukujících sacharidů). Tyto látky se přirozeně vyskytují v dotyčné potravíně, a vzhledem k jednoduché struktuře AA může k jeho vzniku docházet různými mechanismy, typicky ale reakcí mezi aminokyselinou asparaginem a glukosou, ale i dalšími reakcemi proteinů, aminokyselin, sacharidů, lipidů a dalších složek v potravíně obsažených v menších množstvích.

Další významný vliv na vznik AA má na svědomí technologie výroby, tudíž doba tepelného opracování a teplota, a v neposlední řadě podmínky skladování a pH.

Je tedy zřejmé, že čím vyšší obsah asparaginu nebo sacharidů dotyčná potravina obsahuje a čím delší bude proces zahřívání, tím vyšších hladin bude poté dosahovat finální produkt.<sup>1,3,4,18,19,24</sup>

#### 4.1 Maillardova reakce

Maillardova reakce byla poprvé popsána roku 1912 francouzským lékařem a chemikem Louisem-Camillem Maillardem.

Jde o reakci velmi složitou, která se odehrává mezi aminokyselinou (její aminoskupinou), proteinem nebo peptidem a karbonylovou skupinou, která přísluší redukujícímu sacharidu. Redukční reakce se může odehrávat nejen se sacharidy, ale i s některými reaktivními karbonylovými sloučeninami, které také mohou způsobit děj velmi zásadní pro vznik AA, a to dekarboxylaci asparaginu.

Jejím konečným produktem jsou pigmenty melaininy, které mají na svědomí lákavou barvu produktu.

K tomuto dochází při správné kombinaci lipidů, sacharidů a proteinů, které se podílí na vzniku požadované barvy, vůně a textury potraviny. Toto jsou vlastnosti žádoucí. Mezi nežádoucí vlastnosti získané Maillardovou reakcí patří například snížení nutriční hodnoty nebo nežádoucí chuť či zbarvení.<sup>20,30,36</sup>

#### 4.1.1 Vznik z asparaginu

Hlavním způsobem vzniku AA v potravinách je částí Maillardovy reakce, s volnou AMK asparagin, jenž je prekurzorem pro vznik AA, a dále s redukujícími cukry, a to zejména glukózou a fruktózou.

Asparagin je volná AMK obsažená v relativně vysoké míře například v bramborách (93,6 mg/100 g) a k samotnému vzniku AA vyžaduje přítomnost sacharidů. Z tohoto tudíž vyplývá, že potenciál tvorby AA je závislý na obsahu glukózy a fruktózy. Koncentrace volného Asn je tedy hlavním určujícím činitelem následné tvorby AA v produktech zpracovaných z různých odrůd zejména žita a pšenice, jako jsou například různé mouky nebo těsta.

Na základě výzkumu se ukázalo, že u brambor jsou hlavním limitujícím faktorem pro tvorbu AA redukující cukry, zatímco u obilných výrobků (zejména obilných otrub) je tímto faktorem obsah Asn.

Výše zmíněné živiny jsou žádoucí nejen pro člověka, ale i pro růst a vývoj rostlin, jsou tedy běžnou součástí nepřehledného množství rostlinné produkce.

Samotný proces tepelné úpravy, má na výskyt AA jen limitovaný vliv, hlavním činitelem vzniku je tepelný vstup, tj. kombinace teploty a doba zahřívání, které je produkt vystaven.

Studie naznačují, že u některých výrobků může obsah AA dobou skladování překvapivě mírně klesat. Tento jev byl zjištěn například u některých balených pražených káv, kde je vznik AA závislý na tepelné reakci.

Na závěr je nutno uvést, že naprostá většina produktů, které prošly touto reakcí jsou žádoucí z hlediska sensorického a nutričního, některé jsou i zdraví prospěšné.

V důsledku tohoto je tedy jakýkoli zásah cílící na redukci tvorby AA extrémně náročný, vzhledem k okolnostem a mechanismu jeho vzniku. Je proto na místě si uvědomit, že jeho úplná eliminace je prakticky nemožná, nicméně z dosud zjištěných informací a souvislostí je cílem jeho obsah mnohými způsoby z konkrétních produktů efektivně redukovat.<sup>18</sup>

#### 4.1.2 Alternativní vznik

I přes to, že hlavní mechanismus vzniku AA byl již výše popsán, k jeho tvorbě může docházet i bez asparaginu ve formě hlavního reaktantu, a to prostřednictvím akroleinu a amoniaku.

Je známo, že kyselina akrylová a akrolein vznikají degradací lipidů při vysokých teplotách. Může tedy docházet k degradaci aminokyselin amoniakem, což může zvýšit riziko vzniku AA tepelným rozkladem. Jako jedna z alternativních možností vzniku AA bylo prokázáno například termolytické uvolňování AA z lepku z některých produktů na bázi pšenice, (různé typy pečiva).

Bylo zjištěno, že nízké hladiny AA dokáží vytvořit i jiné aminokyseliny, než asparagin, například glutamin, cystein nebo kyselina asparagová.

Tento mechanismus ovšem nemusí být relevantní pro vznik AA v potravinách. Dá se tedy říci, že tyto alternativní způsoby vzniku AA jsou minoritní a okrajová přispěvatelé celkové koncentraci AA v potravinách.<sup>18</sup>

## 5 Toxicita

Na základě mnohých studií bylo prokázáno, že akrylamid vykazuje toxické účinky, a to nejen karcinogenitu, ale i další neblahé účinky na živé organismy, včetně neurotoxicity, mutagenity, teratogenity a genotoxicity a v neposlední řadě byl prokázán i vliv na reprodukci. Hodnota NOAEL byla na základě biologických pokusů stanovena na hodnotu 0,5 mg na kilogram tělesné hmotnosti na den, akceptovatelný denní příjem zatím ale stanoven nebyl.

Toxicita akrylamidu byla rovněž testována na některých laboratorních zvířatech a jejich citlivost na tuto látku se různí.

Výzkum Paulssona a spol., například naznačuje, že laboratorní myši jsou na akrylamid deseti až dvacetinásobně citlivější než krysy.

Dále byla zkoumána orální smrtelná dávka, jež činila u králíků  $150 \text{ mg kg}^{-1}$ , zatímco u potkanů byla hodnota smrtelné dávky  $124 \text{ mg kg}^{-1}$ .

U dermální smrtelné dávky byl mezi naměřenými hodnotami značně větší rozdíl, u králíka činila hodnota  $1680 \text{ mg kg}^{-1}$ , kdežto pro potkana stačila dávka  $400 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Po experimentu provedeném na laboratorních potkanech, kdy jim byly prostřednictvím pitné vody podávána různá množství akrylamidu, v hodnotách od 0 do  $2 \text{ mg kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti, se následně prokázalo zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorů na různých tkáních, včetně kůže, nadledvin, mezoteliomu, štítné žlázy, adenomu plic, ale i pohlavních orgánů a mléčné žlázy.

Jedním z důvodů vzniku těchto nálezů může být enzymatická metabolizace akrylamidu na toxičtější epoxid glycidamid, jenž vyvolává u hlodavců karcinogenní účinky, spolu s možným poškozením chromosomů.

Další hypotéza naznačuje, že toxicita akrylamidu souvisí s hormonální disregulací a to tak, že zkoumané nádory byly na takových tkáních, které byly regulovány endokrinním systémem, například nádory mléčné nebo štítné žlázy.

Jelikož je akrylamid hydrofilní a schopný pronikat do všech tkání v těle, může být každá tělní tkáň z hlediska vzniku nádorů tkání cílovou.

Některé významné mezinárodní organizace (IARC, U.S. EPA, WHO, FAO) provedly studie na laboratorních krysách, na jejichž základě se shodují, že akrylamid je nebezpečný pro lidské zdraví. Co se týká karcinogenity, poznatky jsou následující.

Určité riziko karcinogenity se logicky vztahuje i na člověka, proto byl akrylamid roku 1994 Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny klasifikován jako pravděpodobný lidský karcinogen, patřící do tkazvané 2A skupiny, do níž se spolu s akrylamidem řadí například také polychlorované bifenyly, 2- nitrotoluen, formaldehyd nebo glyfosfát.

Jelikož ale zatím neexistuje dostatek důkazů o vztahu mezi dietárním příjmem AA a rakovinou, neexistuje tím pádem zatím ani žádný evropský zákon, který by příjmu AA zabraňoval. Studie cílené na tuto tematiku ovšem stále pokračují. Několik zdravotních organizací již doporučovalo konzumentům omezit příjem AA z důvodu potenciálních zdravotních rizik.

Možnou karcinogenitou pro člověka se zabývaly různé instituce, na jednom závěru se zatím ale neshodly. Pokud by byl člověk vystaven po celý život denní dávce  $1 \mu\text{g kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti, WHO uvádí pravděpodobnost zvýšení počtu nádorových onemocnění na  $0,7/1000$  osob, zatímco U.S. EPA uvádí  $4,5/1000$  osob, což je hodnota o něco vyšší. Vůbec nejvyšší

pravděpodobnost naznačuje Granath, Stockholm University, jež jako výsledek výzkumu uvedla 10/1000 osob.<sup>1,12,24</sup>

Na základě některých studií na zvířatech, Vědecká komise pro kontaminující látky v potravinovém řetězci (CONTAM) roku 2015 potvrzuje, že expozice akrylamidem potenciálně nese riziko zvýšení vzniku rakoviny pro všechny věkové skupiny. Téhož roku zveřejila EFSA závěr, že AA potenciálně zvyšuje riziko vzniku rakoviny, zároveň ale uvedli, že na potvrzení karcinogenity na lidech bude zapotřebí dalších výzkumů.

Jelikož se akrylamid běžně vyskytuje v řadě každodenně konzumovaných produktů všemi věkovými kategoriemi, toto riziko hrozí i dětem, které jsou vůbec nejohroženější, vzhledem k jejich nízké tělesné hmotnosti.

K jiným závěrům však dospěli Lipworth a spol., kteří na základě více než 15 studií uvádějí, že neexistuje souvislost mezi konzumací akrylamidu a vznikem nádorů u lidí, a to nezávisle na tom, zda se jedná o kuřáky či nekuřáky. Stejně výsledky publikovali i Camacho a spol.<sup>1</sup>

Vzhledem k doposud publikovaným výsledkům mnohých studií byla vydána některá doporučení komisí 2007/331/ES ohledně monitorování hladiny akrylamidu v potravinách, přesto, že Evropská komise zatím nestanovila žádné limitní hodnoty pro obsah akrylamidu v potravinách, učinila potřebný krok k redukci obsahu tohoto nežádoucího kontaminantu. Toto monitorování se vztahuje na potraviny, u kterých je známý četnější výskyt akrylamidu. Odborný personál z výboru pro přídavné látky v potravinách (JECFA) uvádí odhadem 1–4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  tělesné váhy na den u dospělého člověka, zatímco u dětí je hodnota nižší, a to 0,6–2,3  $\mu\text{g kg}^{-1}$  tělesné váhy, jelikož jsou, jak bylo již výše zmíněno, na akrylamid dvakrát citlivější než dospělí. Mojska a spol. uvádí hodnoty podobné, u dospělých 5,1  $\mu\text{g kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti, zatímco u dětí 0,3 až 2  $\mu\text{g kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti.

Je ale nutné uvést na pravou míru fakt, že působení čistého akrylamidu na laboratorních organismech se nerovná působení akrylamidu obsaženém v potravinách. Je to dáno tím, že potraviny obsahují i různé jiné látky, ať už pozitivní – mající schopnost akrylamid hydrolyzovat (rostlinné amidázy, aj.), nebo naopak další látky toxické (furfuraldehyd, aflatoxin, aj.). Výsledky studií, kde byl aplikován čistý akrylamid proto mohou být lehce odlišné od takových výsledků, kde by byly aplikovány i další látky potenciálně přítomné v konkrétní potravine.

<sup>1,2,3,8,11,13,14,18,35</sup>

## 5.1 Neurotoxicita

V zájmu zjištění souvislosti mezi působením akrylamidu na nervovou tkáň byly prováděny různé pokusy a studie, které prokázaly, že hlavním místem negativního působení akrylamidu je vskutku nervová tkáň, jak živočichů, tak i člověka.

Po opakované nebo prodloužené expozici akrylamidem dochází k degenerativním změnám periferních nervů. Zvířata jemu vystavená prokazovala degeneraci nervových zakončení v různých mozkových oblastech, včetně oblastí důležitých pro kognitivní funkce (thalamus, hypothalamus a mozková kůra), dále byla postižena i centra pro paměť a učení. Dlouhodobá expozice a následná degenerace nervových zakončení může časem přispívat mimo jiné i ke vzniku Alzheimerovy choroby.

Negativním účinkům působícím na nervovou tkáň se nevyhnuli ani pracovníci, kteří s akrylamidem pracovali. Běžně se s různými formami akrylamidu obsaženým například v pracovních materiálech mohou setkat například pracovníci uhelných dolů (expozice flokulantům polyakrylamidu kontaminovaným monomerem akrylamidu), tuneláři (N-methylolacrylamid – obsažený v maltě a vodě), dělníci vyrábějící polymer z monomerů akrylamidu (monomer akrylamidu), horníci (10 % vodný roztok akrylamidu), stavebníci pracující s cementem, nebo pracovníci připravující polyakrylamidové gely používané pro elektroforézu.

Během jeho používání při již zmíněné elektroforéze hrozí pracovníkům nebezpečí akutní toxicity (vdechnutím nebo spolknutím), nebo dále některé další obtíže, včetně senzibilizace kůže a podráždění očí.

Ti, kteří přišli do kontaktu s tekutou formou trpěli extrémním pocením a kožními problémy, jako je zarudnutí a zatvrdnutí kůže.

Skupina pracující s inhalační nebo dermální formou akrylamidu vykazovala jiné neurologické problémy, jako je nechutenství, nespavost, zhoršenou pohybovou koordinaci, třes rukou, sníženou citlivost nebo mravenčení končetin a slabost svalů, ataxie.

Mezi další následky expozice AA patří i poruchy CNS. Proto byla 14.04.2011 stanovena nařízením komisí EU maximální hodnota AA, a to 0,1 %, která se týká i jiných zdrojů volného AA, za účelem ochrany lidského zdraví a životního prostředí. Proto po 5.11.2012 nesmí být uváděn AA na trh jako látka nebo složka směsi o koncentraci větší nebo rovné 0,1 %.

Vzhledem k těmto známým okolnostem je nutné při práci s touto látkou zacházet obzvláště obezřetně a používat ochranné rukavice, ochranný oděv a v neposlední řadě i ochranné brýle.<sup>1,2,11,14,26,34</sup>

## 5.2 Reprodukční toxicita akrylamidu

Ke zjištění možného negativního dopadu působení akrylamidu na reprodukční systém byly prováděny další studie, ze kterých vyplývá, že na něj působí následujícími způsoby.

Zatímco u samic nebyl prokázán výraznější vliv, kromě mírného úbytku hmotnosti narozených mláďat, u samců byly výsledky studie o poznání horší. Jelikož již byly výše popsány nepříznivé vlivy AA na nerovou činnost, je zřejmé, že mají tyto potíže určitý vliv i na reprodukci, například slabší zadní končetiny u samců, které mohou značně komplikovat páření.

Dále byla prokázána menší plodnost, z důvodu nežádoucího účinku AA na počet a morfologii spermií, a snížení hladiny hormonu testosteronu. V neposlední řadě bylo zjištěno, že AA působí na protein kinesin, jenž je jeho působením degradován. Kinesin působí v různých tkáních, ovšem v tomto případě má vliv na funkci bičíku spermií. Jeho degradací je tak značně snížena mobilita spermií, a tím klesá i pravděpodobnost početí.

Co se týká spojitosti mezi působením AA na reprodukční systém člověka, nejsou data zatím k dispozici.<sup>1,2,11</sup>

## 6 Způsoby eliminace

Z doposud shrnutých informací, co se potenciálních zdravotních hrozeb a rizik AA týká, je zřejmé, že je zapotřebí minimalizovat tvorbu tohoto procesního kontaminantu při tepelné přípravě pokrmů a výrobě potravin. Je zároveň žádoucí omezit na minimum následný možný negativní dopad na sensorické vlastnosti, který by mohl být markantní podle výše popsaného vlivu Maillardovy reakce na sensorickou kvalitu výrobku.

Metody vychází z postupu ALARA („as low as reasonably achievable“ – tak nízké, jak je rozumně dosažitelné). Cílem je tedy co největší možná eliminace AA zmenšující pravděpodobnost možných následných zdravotních rizik, ale rovněž co nejvíce zachovat sensorickou kvalitu, tedy žádoucí chuť, barvu, vůni a konzistenci produktu, se kterými je vznik AA úzce spjat a v neposlední řadě dodržet mikrobiální bezpečnost.

Je proto povinností provozovatele potravinářského podniku přijmout vhodná opatření pro snížení AA v konečném produktu na naprosté minimum.

Finální obsah AA v surovinách a produktech je možné regulovat na jednotlivých úrovních technologického zpracování. Jelikož hladina výsledného AA velmi závisí na množství Asn a redukujících cukrů, je tím pádem žádoucí provést vhodné agronomické zásahy, kterými lze hladinu těchto látek snížit.

Dalším důležitým krokem je změna receptury. V tomto případě je vhodné buď z receptu vyloučit kypřící látky úplně, nebo nahradit ty, které jsou na bázi hydrogenuhličitanu amonného, za kypřící látky na jiné bázi a dále změna pH roztoků, které jsou používány při blanširování, či přidání látek jiných, jako jsou například glycin nebo asparaginas.

Nejtěžejším krokem je ale tepelná úprava, na které stojí celý princip vzniku AA. V tomto případě je klíčem utilizace nižší teploty po delší dobu.

Každý provozovatel potravinářského podniku by měl učinit vhodné kroky ke snížení kontaminace AA v konečném produktu na nezbytné minimum. Je potřeba vzít v potaz následující faktory: potenciální riziko výskytu, organoleptické vlastnosti výrobku a v neposlední řadě pravidelnost a účinnost kontroly.

V zájmu ochrany spotřebitelů je zapotřebí provádět pravidelně a řádně kontroly metodickým sledováním účinnosti prováděných opatření. Výrobce by měl logicky vycházet z takových nástrojů, které jsou pro jejich typy výrobků nejvhodnější, stejně tak jako pro dané technologické postupy a výslednou jakost výrobků.

U rozdílných produktů se kroky učiněné k minimalizaci AA budou lehce lišit.<sup>1,3,17</sup>

## 6.1 Eliminace ve výrobcích z brambor

Výrobky z brambor, převážně ty smažené, představují velmi významné zdravotní riziko, co se týká obsahu AA, proto je nezbytné učinit některé kroky k jeho snížení.

Jako první je třeba zvážit, která odrůda brambor je vhodná do konkrétního výrobku, tzn. kde je nejnižší možný obsah prekurzorů pro vznik AA. Toto posoudí provozovatel potravinářského podniku příslušným testováním a následnou konzultací s poskytovatelem. Je potřeba také stanovit maximální množství redukujících cukrů obsažených v bramborech, což se provádí v době sklizně.

Neméně důležitý je výběr takových brambor, které byly skladovány za podmínek, které jsou požadovány pro konkrétní odrůdu po požadovanou dobu příslušící konkrétní odrůdě brambor (teplota musí být vyšší než 6 °C, vlhkost taková, aby se minimalizovalo sládnutí



brambor v důsledku stárnutí, u dlouhodobě skladovaných brambor musí být zamezeno klíčení) a jsou použity během optimální doby v rámci skladovacího cyklu.

PPP stanoví podmínky přepravy brambor (doba a teplota, a to zejména v době, kdy je venku teplota značně nižší, než je doporučená teplota skladování).

Obecně v tomto případě platí, že čím kratší doba smažení na nižších teplotách, tím menší bude potenciální tvorba AA. Je proto klíčové učinit správný výběr kuchyňských olejů, které budou umožňovat rychlejší smažení a/nebo smažení při nižších teplotách a neméně důležité je udržovat jejich kvalitu odstraňováním jemných částic a drobků, které se vytvořily při procesu smažení.

Teploty smažení nesmí přesáhnout 175 stupňů Celsia a je důležité smažit produkty vždy na co nejnižších teplotách, s ohledem na následnou bezpečnost potravin.<sup>13,15,16,17,33,37</sup>

#### 6.1.1 Plátkované bramborové lupínky

U smažených bramborových lupínek musí být stanovena teplota oleje při smažení na výstupu z fritézy. Všechny teploty smažení musí být tak nízké, jak je reálně možné v souladu s normami kvality a bezpečnosti potravin, a zároveň s přihlédnutím na jiné faktory, jako je například typ fritézy, odrůda brambor, podmínky pěstování, atd. Ideální teplota je do 168 stupňů Celsia.

PPP jsou dále povinni specifikovat obsah vlhkosti po smažení, který nesmí být nižší, než 1,0 % a zároveň musí být stanoven tak vysoko, jak je reálně možné pro konkrétní výrobek, vezmeme – li v potaz i další relevantní faktory.<sup>15,16,17,33</sup>

#### 6.1.2 Hranolky a jiné smažené, či pečené bramborové pokrmy

U tohoto typu produktů musí u brambor být stanoveno množství redukujících cukrů. Dále je zapotřebí odstranit nezralé hlízy, a to může být učiněno buď průchodem hlíz solným roztokem, nebo předmytím brambor za účelem detekce špatných hlíz.

Dále je po nakrájení potřeba zlikvidovat odřezky, mohly by totiž zapříčinit výskyt nežádoucích spálených kousků ve výsledném produktu.

Velmi důležitým krokem je dále technologie blanširování bramborových plátků – dojde tímto způsobem k odstranění části nežádoucích redukujících cukrů na vnější části plátků.

Režim blanširování je patřičně upraven podle kvalitativních faktorů suroviny.

V rámci snížení obsahu sacharidů se doporučuje se i oprání a namočení syrových hranolek ve studené vodě na 30 minut až dvě hodiny, a jejich následné opláchnutí nebo namočení v teplé vodě na několik minut a následné opláchnutí.

Jednou z dalších metod spějících k nižší finální hladině AA je užití dihydrogenfosforečnanu sodného (E450), jenž dokáže snížit pH vymývací vody a tím brání následnému enzymatickému tmavnutí brambor po tepelné úpravě.

Následně je třeba pokud možno se vyhnout použití redukujících sacharidů, za účelem dosažení hnědého zbarvení. Lze je využít pouze v případě potřeby.

Pokud PPP usoudí, že je třeba po blanšírování úpravy finální barvy, je možno řízeně užít dextrosu. Tento krok má poté za následek nižší hladinu AA ve finálním tepelně upraveném produktu při stejné barvě, jako by měl produkt neblanšírovaný, ovšem bez množství redukujících cukrů.

Dalším milníkem pro žádoucí eliminaci AA jsou informace pro koncové uživatele, mezi které spadají doporučené metody tepelné úpravy, které by měly být zřetelně uvedeny na obalu.

Je žádoucí při tepelné úpravě výrobku dodržovat doporučené pokyny výrobce.

PPP doporučí koncovým uživatelům dodržet při smažení teploty mezi 160 a 175 °C a při použití trouby by se rozmezí mělo pohybovat mezi 180 až 220 °C, dále brambory upravovat do zlatavě – žluté barvy, vyhnout se zbytečně dlouhé tepelné úpravě a pokud možno obrátit výrobky v troubě po 10 minutách nebo po polovině času doporučeného pro tepelnou úpravu. Co se týká správné barvy hotového produktu, je zapotřebí, aby PPP, či jiní pracovníci měli k dispozici vodítka, která zřetelně znázorní optimální kombinaci barvy a nízkého obsahu AA.

Pokud je připravováno menší množství brambor, je třeba zkrátit dobu přípravy, aby nedocházelo k nežádoucímu tmavnutí brambor. <sup>15,16,25,31,33</sup>

### 6.1.3 Bramborové výrobky na bázi těsta (snacky, krekry, lupínky)

PPP stanovují cílové hodnoty redukujících sacharidů v dehydratovaných bramborových složkách v každém výrobku. Cílová hodnota musí být nejnižší možná v souladu s relevantními faktory (množství bramborových složek v receptuře výrobku, další zpracování těsta, obsah vlhkosti v hotovém výrobku).

Na samém začátku je nutné analyzovat dehydratované bramborové složky, aby bylo potvrzeno, že obsah cukru nepřesahuje stanovené množství. Pokud tyto složky stanovenou hladinu cukru překročí, musí být učiněna další zmírňující opatření, aby bylo množství AA sníženo na minimum. V těchto případech je nutné zvážit, zda není třeba použít

částečného nahrazení bramborových složek složkami jinými, které by měly nižší potenciál tvorby AA.

Mohou být použity i některé látky, jako například asparagináza, vápenaté soli nebo kyseliny a jejich soli (na snížení pH těsta).

Pokud se jedná o smažené výrobky, je specifikována teplota oleje při smažení nebo pečení a rovněž i doba smažení.

Obě hodnoty by měly být nízké, jak je reálně možné. Pokud je teplota smažení či pečení vyšší než 175 °C, PPP předloží údaje prokazující, že množství AA v hotovém produktu je nižší než stanovená porovnávací hodnota.

Dále je opět stanoven obsah vlhkosti v konečném výrobku, který musí být stanoven tak vysoko, jak je reálně možné a nesmí být nižší než 1,0 %.<sup>15,16,33</sup>

## 6.2 Eliminace AA v chlebu a běžném pečivu

Složení sacharidů v obilném zrně v tomto případě není rozhodujícím faktorem. Zde je kladen důraz spíše na obsah Asn, jenž souvisí u každé odrůdy s genetikou, ale i negenetickými faktory, jako jsou například klimatické podmínky pěstování nebo využívané pěstební postupy. Obsah Asn může mimo jiné i zvyšovat nedostatek síry v půdě.

Paradoxně může za vyšším obsahem AA například stát i přídavek různých celozrnných mouk, které ovšem nesou mnohé nutriční výhody pro konzumenty. Tento jev je dán tím, že Asn je obsažen ve vyšší míře v obalových a podobalových vrstvách, nežli v samotném endospermu.

S nižším obsahem volného Asn souvisí i řádná fermentace kvasu či droždí, proto se doporučuje tento proces prodloužit, zejména u jemných kynutých výrobků (mazance, vánočky, koláče, apod.), stejně jako u chlebů a běžného pečiva.

Pro případný nadbytek Asn je možné dále použít u výrobků s nižší vlhkostí enzym asparagináza pro jeho redukci.

Obsahuje – li pečivo některé přidané suroviny, například ořechy, či různá jiná semena, je doporučeno je péci spíše při nižších, než vyšších teplotách.

Pokud pečivo obsahuje hydrohenuhličitan amonný, je žádoucí nahradit fruktosu glukosou (tz. nahrazení sirupu z inverzního cukru a medu například glukosovým sirupem).

K dosažení nižšího finálního obsahu AA je žádoucí delší pečení produktu při nižší teplotě. Jak již bylo výše zmíněno, tmavá barva kůrky indikuje vyšší obsah AA, na druhou

stranu je ale potřeba předejít nedopečení výrobku, proto je doporučeno upravovat režim pečení tak, aby nedocházelo k nadměrnému tmavnutí kůrky.

Pokud se ale jedná o výrobky o vyšší hmotnosti (vánočky, chleby, večky, mazance) je dáno, že poměr potenciálně nebezpečné tmavší kůrky je značně nižší, nežli poměr stříde, toto tedy nepředstavuje téměř žádné zdravotní riziko. Pokud totiž přepočteme obsah potenciálně přijatého AA na jednotku hmotnosti daného výrobku, riziko je minimální.

To stejné platí i u pečiva typu rohlík nebo houska, zde je hmotnost nižší, barva kůrky je ale zpravidla světlá.

Při provozní kontrole barvy kůrky je radno využít etalony s barevnými standardy nebo další dostupné kolorimetrické metody použitelné v provozních podmínkách.<sup>15,16,33</sup>

### 6.2.1 Eliminace AA v jemném a trvanlivém pečivu

U výrobků tohoto typu je o něco složitější stanovit jednotlivé minimalizační řešení, a to zejména kvůli komplikovanějšímu složení a různorodých technologických postupech tepelné úpravy (smažení, pečení, pražení, extruze, to vše za různých teplot).

Prvním zásadním krokem je předejít potenciálním vysokým hodnotám asparaginu v obilovinách.

Tohoto lze docílit různými způsoby, je ale nutné začít u dodržení správné hnojící technologie, je zejména žádoucí udržet správné hladiny při hnojení sírou a nastolit správnou aplikaci dusíku. Dalším klíčovým krokem je dodržení správné fytosanitární praxe, tzn. předcházet možným houbovým infekcím. Je nutné pravidelně provádět kontroly, zda jsou tato opatření účinná.

V případě tohoto typu produktů dále hraje markantní roli zvolená kypřící látka, která je při výrobě stěžejní. Značný negativní vliv na finální hladinu AA má například hydrogenuhličitan amonný, který lze nahradit jinými alternativami, jako například dihydrogenfosforečnan sodný, hydrogenuhličitan sodný, nebo vlnan draselný s uhličitanem draselným. S nahrazením kypřících látek alternativami je zároveň potřeba zajistit, zda nedošlo k orgnoleptickým změnám produktu, případně k vyššímu obsahu sodíku, což může ovlivnit totožnost produktu a mít tedy za následek vyšší příjem sodíku spotřebiteli.

Při výrobě slazených produktů, jako jsou například perníky, by měl být pokud možno použit glukózo-fruktózový sirup se sníženým obsahem fruktózy, nebo jiné sladidlo na bázi glukózy, či jiného neredukujícího sacharidu, jako například sacharóza.

U receptur obsahujících hydrogenuhličitan amonný je nutné zvážit fakt, že při nahrazení fruktózy nebo jiného redukuujícího sacharidu může dojít k ztrátě chuti a barevné formace.

Další možností mírného snížení AA je přidavek vápenatých solí, konkrétně uhličitanu nebo síranu vápenatého.

Při výrobě některých sušenek nebo perníků s vyšším obsahem cukru a tuku, nebo pečiva typu Knackebrot je možné přidat enzym asparaginasu, který dokáže rozložit Asn, ze kterého AA vzniká. Je ale nutné zohlednit, že při jejím využití u výrobků s vyšším obsahem tuku, nižší vlhkostí nebo vysokým pH má na celkový obsah AA téměř nulový vliv.

Dalším možným faktorem potenciálně snižujícím finální množství AA je i volba typu mouky. Různé typy zrn mají totiž různé obsahy asparaginu – nejvyšší bývá typicky u žita, mírně klesá u ova, pšenice, kukuřice, a v rýži je jeho množství zpravidla nejnižší. Pokud tedy dojde k částečnému nahrazení pšeničné mouky moukou alternativní, například rýžovou, je nutné brát v potaz, že jakákoli změna v receptuře bude mít následně vliv na proces pečení a organoleptické vlastnosti finálního produktu.

V případě jemného pečiva je nutné také přihlédnout ke složkám, které by AA mohly teoreticky obsahovat a tuto hrozbu zmenšit na minimum, avšak fyzikální a organoleptické vlastnosti je žádoucí udržet při standardní kvalitě.

Jsou – li například užity pražené mandle, je doporučeno je smažit spíše na nižší, než na vyšší teplotě a pokud je do výrobků přidáno sušené ovoce, je nutno vzít v potaz, že s sebou může nést potenciálně vysoký obsah fruktózy.

U surovin používaných při výrobě jemného pečiva může docházet k několikanásobnému zahřívání (ořechy, semena, sušené ovoce, předem zpracované kusy obilovin, aj.), čemuž je nutné zabránit, jelikož jeho prostřednictvím se riziko vzniku AA může opět zvyšovat.

Je rovněž nutné zařídit, aby dodavatelé dodávající tepelně upravené složky potenciálně nesoucí riziko obsaženého AA zaváděli příslušná opatření proti jeho tvorbě.

Je rozumné i zvážení přidání některých organických kyselin nebo snížení hladiny pH, je ale opět nutné vzít v potaz následující možné nežádoucí organoleptické změny.

Stejně jako u běžného pečiva je klíčovým faktorem delší doba pečení při nižších teplotách, opět je zde indikátorem množství AA stupeň ztmavnutí, proto je důležité předejít zbytečně dlouhému pečení při vysokých teplotách, a tudíž péci výrobek do světlejší výsledné barvy.

V případě premixů pro domácí přípravu je nutné uvést přesný návod pro konzumenty, aby nedošlo ke zbytečnému vystavení akrylamidem.

U tohoto typu produktů je ale na rozdíl od výše zmíněného chleba a běžného pečiva potenciálně vyšší zdravotní riziko, a to z důvodu zpravidla nižší hmotnosti výrobků – je zde tedy poměrně vysoký objem povrchu, s čímž logicky souvisí vyšší obsah AA v přepočtu na jednotku hmotnosti výrobku, proto je nutno vybrat ideální tepelný příkon – kombinaci teploty a času dokonalé pro dosažení požadovaných vlastností a zároveň zamezení tvorby AA.

Při stanovování barvy kůrky lze opět využít různých provozních kolorimetrických metod, avšak zde je doporučeno ke každému produktu přistupovat velmi individuálně, a stanovovat exaktní hladinu AA při různých zbarveních.

U trvanlivých výrobků je cílem během pečení i snížení vlhkosti.<sup>16,17,32,33,39</sup>

### 6.3 Eliminace AA ve snídaňových cereáliích

V této situaci je opět klíčové dodržet výše zmíněné agronomické postupy (rovnoměrné hnojení sírou a dusíkem, dále neméně důležitou fytosanitární praxi) a nezanedbat jejich kontrolu, a to aby se předešlo nadměrnému množství asparaginu.

Pokud přihlídneme k obsahu snídaňových cereálií, je patrné, že jejich obsah je velmi rozmanitý, proto budou rozdílné i hladiny AA v jednotlivých výrobcích.

Obsahují – li cereálie pražené jádroviny (ořechy, mandle) a sušené ovoce (švestky, hrušky, jablka) nebo jiné přidané cukry (med), je zapotřebí pečlivě monitorovat obsah přítomných redukcujících cukrů. Zároveň jejich procesní funkce, např. tvorba hrudek spojováním, které mohou působit jako prekurzory pro tvorbu AA, pokud jsou přidány před fázemi tepelné úpravy.

Zároveň je třeba ohlídat suché tepelně ošetřené složky (pražené a opékané ořechy nebo ovoce sušené v troubě) a v případě potřeby užít alternativních složek.

Při použití kukuřičných nebo rýžových mouk je obecně tvorba AA nižší, než při použití mouk z pšenice, žita nebo ovsu, proto je na místě zvážit tuto alternativu. Je ale nepochybné, že jakákoli změna v receptuře bude mít dopad na výrobní proces a organoleptické vlastnosti finálního výrobku.

Obsahují – li některé složky 150 mikrogramů AA a více, je nutno tyto složky neprodleně zaznamenat do rejsříku, zajistit auditu nebo analýzy a zajistit, aby dodavatel těchto složek neprováděl žádné změny, aby bylo zamezeno zvýšení hladin AA.

U snídaňových cereálií lze rovněž použít enzym asparagináza pro snížení množství asparaginu, a to za předpokladu, že výrobní proces umožňuje dostatečný čas, teplotu a obsah

vlhkosti. Zde je ale na místě posoudit, zda nebude mít asparagináza následně vliv na chuť nebo aktivitu zbytkových enzymů.

Stejně jako u výše zmíněných produktů má zde být kladen důraz na teplotu a čas při zpracování, z čehož vyplývá, že je nutné stanovit efektivní dobu a čas pečení, aniž by byly degradovány senzorické vlastnosti výrobku a jeho mikrobiální bezpečnost.

Aby bylo zamezeno tvorbě vyšší hladiny AA je dále žádoucí zachovat minimální vlhkost v koncovém výrobku, jejíž obsah je následně stanoven a pohybuje se v hodnotách 0,8 g/100 g až 2 g/100 g.

V neposlední řadě je zapotřebí omezit nebo kompletně vynechat opakované tepelné zpracování výrobku a na závěr vyřadit případné spálené kusy produktu.<sup>16,17</sup>

## 6.4 Eliminace v kávě

Při výběru kávových směsí je nejdříve nutné vyjít ze skutečnosti, že výrobky založené na zrnech typu Robusta obsahují více Asn, nežli výrobky založené na zrnech typu Arabica.

Po vybrání vhodné kávové směsi je opět nutné upravit dobu a teplotu pražení tím způsobem, aby se efektivně předešlo následné tvorbě AA.

Je – li to možné, může být opět použita asparagináza.<sup>16,17,38</sup>

### 6.4.1 Náhražky kávy obsahující více než 50 % obilovin

Obsahuje – li produkt více než 50 % obilovin, bude potřeba opět se zaměřit na kvalitu primární produkce, a to zejména na správné pěstitelské postupy, aby se předešlo vysokým hladinám Asn v obilovinách.

Zvýšená pozornost bude kladena na správné hnojení – musí být udržena zejména správná hladina síry a řádná aplikace dusíkatých hnojiv.

Nesmí být opomenuta ani preventivní opatření proti houbovým onemocněním.

Výše zmíněná opatření musí být řádně kontrolována profesionálními pověřenými osobami.

Jak již bylo popsáno, ne všechny obiloviny mají stejné hladiny Asn. Je proto rozumné zvážit pokud možno použití těch, které mají zpravidla hodnoty nižší (kukuřice, rýže). Při

přidávání sacharidů je nutné opět zvážit fakt, že mají spojitost se vznikem AA a proto je nutné jejich přidávání řídit a omezit na nejnižší možné množství, opět aniž by tato operace negativně ovlivnila organoleptické vlastnosti.

Na druhou stranu je ale logické, že tyto zásahy mohou mít neblahý vliv na konečný produkt, proto je nutné vzít v potaz i toto.

Pokud se produkt nesestává výhradně z obilovin, je rozumné zvážit použití jiných složek jakožto náhražku. Tento krok může rovněž vést ke snížení finálního množství AA.<sup>16</sup>

#### 6.4.2 Náhražky kávy obsahující více než 50 % čekanky

Zde je speciálně nutné se zaměřit na správné ošetření dusíkem během růstu čekanky – pokud došlo k pozdní a nadměrné aplikaci dusíku, PPP zváží nákup těchto surovin. Rovněž se přikládá zvýšená pozornost hladině Asn v čekankách.

Pokud se náhražka kávy nesestává pouze z čekanky, obsahuje tedy více než 50 %, ale méně než 100 % čekanky, je vhodné přidat další složky, jako například pražené obiloviny nebo čekanková vlákna, jelikož se prokázalo, že po tomto zásahu výsledný produkt obsahuje méně AA. Rovněž je nutné stanovení kritické teploty pražení, pro žádoucí chuťové parametry, ale zároveň snížení množství AA na úplné minimum.<sup>16,17</sup>

#### 6.5 Sušenky pro malé děti a obiloviny pro kojence

Před samotnou výrobou těchto produktů jsou PPP povinni kontrolovat správné dodržení zemědělské a fytosanitární praxe, podobně, jak již bylo výše popsáno (řádná prevence proti houbovým parazitům a správná aplikace hnojiv).

Pokud je možno použít ošetření asparaginázou, je tak učiněno, a pokud toto nelze, jsou použity jiné moučné suroviny s nízkým obsahem prekurzorů AA.

Dále je nutné je vybrat dodavatele tepelně upravených složek náchylných na tvorbu AA, který je schopen předložit důkazy o aplikovaných zmírňujících opatřeních pro snížení množství AA v těchto složkách.



Při vývoji nových produktů je vhodné zvážit změnu receptury a použít obiloviny, které přirozeně obsahují nižší hladiny Asn, pokud toto nezpůsobí negativní změny v konečném výrobku.

Rovněž je na místě udržovat na minimu přídavky redukujících sacharidů, s přihlédnutím na následující senzorycké vlastnosti a opět zvolit efektivní kombinaci teploty a doby tepelné úpravy, která může minimalizovat tvorbu AA.

Další důležitou skutečností je, že i přes to, jaké zdravotní benefity mohou mít pro lidské tělo výrobky na bázi celozrnných obilovin nebo výrobky s vysokým množstvím otrub z obilovin, nesou s sebou zároveň vyšší hladinu Asn, což následně vede k vyššímu množství AA, proto je na místě z této skutečnosti vycházet při vyvíjení nových produktů.

Jedním z nejdůležitějších aspektů při prevenci vzniku vysokých hladin AA je efektivní volba délky a intenzity tepelné úpravy a volba správného typu a množství přidaných ingrediencí.

Teplota a přidávané ingredience jsou pečlivě kontrolovány PPP. Systémy kontroly teploty a přidaného množství surovin je žádoucí pravidelně kalibrovat. Všechny tyto úkony je nutné zaznamenat do HACCP.

Dalším neméně důležitým krokem je řízení a kontrolování vlhkosti.<sup>16,17</sup>

### 6.5.1 Konzervované potraviny pro děti

Jelikož do velmi ohrožené skupiny akrylamidem, z důvodu své nízké váhy patří i malé děti, je v tomto případě velmi důležité opět dodržet veškeré zatím dostupné zmírňující prostředky potlačující vznik AA.

V první řadě je žádoucí vyhnout se všem prekurzorům AA, které lze zmírnit (přidávání redukujících cukrů, případně množství Asn, čehož lze docílit mimo jiné dodržením správných hnojících technologií a dodržením fytosanitární praxe, jak již bylo zmíněno výše).

Jsou – li do těchto produktů přidávány i složky rostlinného původu (sladké brambory, švestky, aj.), je potřeba vybírat takové odrůdy, které obsahují nejnižší možné hladiny redukujících cukrů, případně Asn.

PPP se pokud možno vyhnou nebo omezí záměrné přidávání redukujících sacharidů do produktu.

Dále je zapotřebí řádně promyslet a stanovit postupy tepelné úpravy, za účelem generace největšího množství AA a tím pádem i následného snížení finální hladiny AA v konečném produktu. Tohoto je možno docílit pravidelným měřením množství AA ve výrobku vždy před a po každé tepelné úpravě.

Následně jsou řízeny veškeré procesy tepelné úpravy, stejně jako přidávání dalších surovin do produktu a jsou následně zahrnuty do procesů HACCP.

Jsou – li součástí produktu švestky, produkt bude mít nižší kyselost, čímž pádem je nutné zajistit, aby snižování tepelného příkonu za účelem snížení tvorby AA nemělo nežádoucí vliv na jeho následnou mikrobiologickou bezpečnost.<sup>16</sup>

## 7 Enzym V-Care Acryl (NS)

Při řádném dodržení výše popsaných postupů a technologií lze finální hladinu AA markantně snížit, hodnota AA může být ale zredukována i alternativním způsobem, a to přidávkem některých látek do produktů. Jedním z komerčně dostupných je i speciální přípravek V-Care Acryl NS původem z Nizozemí. Jedná se o zdokonalenou směs enzymů, jež má za úkol radikálně snížit tvorbu AA během tepelné úpravy, a to až o 90 %. Přípravek je sypký, krémové barvy, a se sestává z mouky, uhličitanu vápenatého a enzymu.

Může být použit na celou řadu produktů, jeho potřebné množství se různí, v závislosti na složení potraviny. Obecně je zapotřebí vyššího dávkování na produkty s vyšším přirozeným obsahem sacharidů, nebo při podmínkách delšího pečení při nižší vlhkosti.<sup>21,23</sup>

## Závěr

Akrylamid je nežádoucí chemická látka, tvořící se během tepelné úpravy potravin bohatých na škrob, obvykle při teplotách vyšších 120 °C a nižší vlhkosti. Nejvyšší hladiny se tvoří během smažení, pečení nebo pražení.

Nejedná se o potravinové aditivum, ale o nově vzniklou molekulu během Maillardovy reakce, během níž reaguje aminokyselina s redukujícím sacharidem. Tyto látky jsou běžnou součástí mnoha potravin. Typicky se jedná o asparagin s glukosou nebo fruktosou, za následného neenzymatického zhnědnutí, díky kterému získá potravina mnohé pozitivní sensorické změny, včetně barvy, konzistence, chutě a vůně. Jeho hladina souvisí s barvou výsledného produktu – čím je produkt tmavší, tím vyšší množství AA bude pravděpodobně obsahovat.

Akrylamid byl klasifikován jako potenciální lidský karcinogen, byla prokázána rovněž neurotoxicita a reprodukční toxicita, dále genotoxicita a mutagenita.

Kvůli těmto skutečnostem je nutné jeho výskyt v potravinách co nejvíce minimalizovat, čehož lze dosáhnout následujícími způsoby. Nejprve je klíčové přizpůsobit tepelnou úpravu tak, aby byl tento proces nastaven spíše na nižší teploty, za delšího pečení tak, aby byla barva výsledného produktu spíše světlejší.

Dále je zapotřebí pečlivě monitorovat hladiny aminokyseliny asparaginu, jehož obsah v surovinách má negativní vliv na výsledné hladiny akrylamidu.

Dalším způsobem je použití enzymu asparaginázy, který má schopnost asparagin rozložit.

I přes výše zmíněné hrozby cílový tolerovatelný denní příjem zatím stanoven nebyl.

Je proto doporučeno konzumovat co nejmenší množství výše uvedených rizikových potravin.

Vlivem vědeckých poznatků v této problematice je v dnešní době již možné úpravou výrobní technologie u rizikových potravin omezit tvorbu AA.

## Zdroje:

1. Cwiková O., 2014. *Toxické účinky akrylamidu a jeho výskyt v potravinách*, Chemické Listy
2. Rice, MJ., 2005. *The carcinogenicity of acrylamide*, Mutation Research
3. Ciesarová Z., 2005. Minimalisation od Acrylamide in Food Content, Chemické Listy
4. Zhang Y., Ren Y., Zhang Yi., 2009. *New Research Developments on Acrylamide: Analytical Chemistry, Formation Mechanism, and Mitigation Recipes*, ACS Publications
5. Potravinářská komora České republiky, zápisy z FoodDrinkEurope: Contaminants Expert Group, dostupné na: <https://www.foodnet.cz/index.php/cs/2-foodnet/1917-szpi-opatreni-ke-snizeni-obsahu-akrylamidu-v-potravinach>
6. European Food Safety Authority: Process contaminants, dostupné na: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/process-contaminants>
7. U.S. National Library of Medicine, Acrylamide, dostupné na: <https://chem.nlm.nih.gov/chemidplus/rn/79-06-1>
8. International Agency for Research in Cancer 1994. *IARC Working group on the evaluation of carcinogenic risks to humus - Some industrial chemicals*. Secretariat of the World Health Organization, Lyon

9. Elbashir AA., Omar MA., Ibrahim WA., Schmitz, OJ., & Aboul-Enein HY. 2014. Acrylamide Analysis in Food by Liquid Chromatographic and Gas Chromatographic Methods. *Critical Reviews In Analytical Chemistry*
10. National Center for Biotechnology Information, Acrylamide, dostupné na: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acrylamide>
11. U.S. Department of Health and Human Service, September 2012. *Toxicological Profile for Acrylamide*: Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Dostupné z: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp203-c2.pdf>
12. European Commission, 30 September 1999. Minutes of the 9th plenary meeting of the scientific committee on cosmetic and non-food products, Brussels, dostupné na: [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/en/electromagnetic-fields/glossary/ghi/iarc-classification.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/electromagnetic-fields/glossary/ghi/iarc-classification.htm)
13. Friedman, M. 2003. Chemistry, Biochemistry, and Safety of Acrylamide. *A Review. Journal of Agricultural and Food Chemistry*
14. Pennisi, M., Malaguarnera, G., Puglisi, V., Vinciguerra, L., Vacante, M., & Malaguarnera, M. 2013, September. Neurotoxicity of Acrylamide in Exposed Workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*
15. Státní zemědělská a potravinářská inspekce, potraviny na pranýři, *akrylamid, Informace k nové povinnosti provozovatelů přijmout opatření ke snížení obsahu akrylamidu v potravinách*  
[https://www.szpi.gov.cz/fulltextSearch.aspx?as\\_oq=akrylamid&submitsearch=Hledej](https://www.szpi.gov.cz/fulltextSearch.aspx?as_oq=akrylamid&submitsearch=Hledej)
16. Nařízení komise č. 366/2011, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH), pokud jde o přílohu XVII (akrylamid)

17. Skřivan P., Sluková M., 2018. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, fakulta potravinářské a biochemické technologie, *Manuál SPaC pro snížení obsahu akrylamidu ve výrobcích podle Nařízení komise EU*
18. Krishnakumar, T., Visvanathan R., 2014. *Acrylamide in Food Products: Review*. Food Processing
19. Velíšek J., Hajšlová J., 1999. 1. vydání, *Sacharidy. Chemie potravin*
20. Nursten H., *Maillard Reaction - Chemistry, Biochemistry and Implications (2005)*
21. Vita blend – Acrylamide reduction V-CARE ACRYL (2018)
22. Capuano, E., Fogliano, V. 2010. *Acryl-amide and 5-hydroxy-methylfurfural (HMF). A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies*, Food Scientist Technology
23. Vita blend, 2018. – SPECIFIED PRODUCT INFORMATION
24. European Food Safety Agency, 2015. Akrylamid v potravinách, dostupné na <https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/EFSA/Akrylamid.pdf>
25. European Food Safety Agency, 2015. *Akrylamid v potravinách, co je to? Jak ho můžeme snížit?* Dostupné na: [https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/Infographics/Translations/acrylamide\\_cs.pdf](https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/Infographics/Translations/acrylamide_cs.pdf)

26. World Health Organisation, 2002. WHO to hold urgent expert consultation on acrylamide in food after findings of Swedish National Food Administration
  
27. Chen M., 2015. Centre for Food Safety, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Process Contaminants in Food dostupné na:  
[https://www.cfs.gov.hk/english/multimedia/multimedia\\_pub/multimedia\\_pub\\_fsf\\_63\\_02.html](https://www.cfs.gov.hk/english/multimedia/multimedia_pub/multimedia_pub_fsf_63_02.html)
  
28. Graham A. Bonwick and Catherine S. Birch, 2009. Royal Society of Chemistry, European *Regulation of Process Contaminants in Food* , in Mitigating Contamination from Food Processing
  
29. F.Tomiška, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, f. Potravinářské a biochemické technologie, *Potravinové kontaminanty*
  
30. Extance A., 2018. *The marvellous Maillard reaction*, Chemistry world dostupné na:  
<https://www.chemistryworld.com/features/the-marvellous-maillard-reaction/3009723.article>
  
31. American Cancer Society, 2019. Acrylamide and Cancer Risk dostupné na:  
<https://www.cancer.org/cancer/cancer-causes/acrylamide.html>
  
32. Keramat J., LeBail A., Prost C., Jafari M., Food Bioprocess Technol, 2010. *Acrylamide in Baking Products: A Review Article*
  
33. Food Drink Europe 2013, *Akrylamide*, Toolbox Fooddrink Europe
  
34. Lineback D., Coughlin J., Stadler R., 2011. Acrylamide in Foods: A Review of the Science and Future Considerations
  
35. World Health Organisation 2002, Geneva: Health Implication of Acrylamide in Food

36. Stadler R., Blank I., Varga N., Robert F., Hau J., Guy P., Robert M., Riediker S., 2002. University of Leeds, *Acrylamide from Maillard reaction products*
37. Food Standard Agency, 2018. *Acrylamide*
38. West H., Healthline 2020. Acrylamide in Coffee: Should you be concerned?
39. U.S. Food and Drug Administration 2017. Acrylamide and Diet, Food Storage, and Food Preparation
40. Wong S., New Scientist 2017. Are potatoes now a cancer risk? Here is what you need to know



## Seznam použitých zkratk a symbolů

- AA* - Akrylamid  
*SNFA* – Swedish National Food Administration <sup>1</sup>  
*EU* – European Union<sup>2</sup>  
*3-MCPD -3* – monochlorpropan – 1,2 – diol  
*GE* - glycidyl estery mastných kyselin  
*PAH* – polycyklické aromatické uhlovodíky  
*USA* – United States of America<sup>3</sup>  
*NOAEL* – no observed adverse effect level <sup>4</sup>  
*IARC* – International agency for research on cancer<sup>5</sup>  
*U.S. EPA* – U.S. Enviromental Protection Agency<sup>6</sup>  
*WHO* – World Health Organization <sup>7</sup>  
*FAO* – Food and Agriculture Organization <sup>8</sup>  
*CONTAM* - The Panel on Contaminants in the Food Chain<sup>9</sup>  
*JECFA* - Joint FAO-WHO Expert Committee Report on Food Additives<sup>10</sup>  
*EFSA* – European Food Safety Authority<sup>11</sup>  
*CNS* – Centrální nervová soustava  
*AMK* – aminokyselina  
*Asn* – Asparagin  
*ALARA* – As Low As Reasonably Achievable<sup>12</sup>  
*PPP* – provozovatel potravinářského podniku

---

<sup>1</sup> Švédský národní výbor pro potraviny

<sup>2</sup> Evropská unie

<sup>3</sup> Spojené státy americké

<sup>4</sup> nejvyšší dávka nebo expoziční koncentrace látky, při které není pozorován žádný statisticky významný nepříznivý účinek na organismus v porovnání s kontrolní skupinou

<sup>5</sup> Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny

<sup>6</sup> Agentura pro ochranu životního prostředí

<sup>7</sup> Světová zdravotnická organizace

<sup>8</sup> Organizace pro výživu a zemědělství

<sup>9</sup> Vědecká komise pro kontmanující látky v potravinovém řetězci

<sup>10</sup> Společný výbor expertů FAO/WHO pro potravinářská aditiva

<sup>11</sup> Evropský úřad pro bezpečnost potravin